

RIVOLUZIONE ENERGETICA E MOBILITÀ DEL TERZO MILLENNIO FRA MERCATO E IMPATTO SOCIALE

a cura di Chiara Alvisi e Francesco Quarta



Bologna
University Press

**RIVOLUZIONE ENERGETICA
E MOBILITÀ DEL TERZO MILLENNIO
FRA MERCATO E IMPATTO SOCIALE**
a cura di Chiara Alvisi e Francesco Quarta

Questo volume costituisce un prodotto della ricerca di interesse nazionale finanziata dall'Unione europea – Next Generation EU, a valere sul Piano nazionale di ripresa e resilienza (PNRR), Missione 4 Istruzione e ricerca, componente 2 dalla ricerca all'impresa – Investimento 1.1, Avviso PRIN 2022 indetto con DD n. 104 del 2/2/2022, dal titolo S.O.S. Mobility – Smart and/or Sustainable Mobility: When is Smart Mobility Sustainable for Consumers and SMEs?, codice proposta 20228E3T44_001-CUP J53D23005210006.

I lavori pubblicati sono sottoposti ad una doppia procedura di *peer review* a doppio cieco.

Fondazione Bologna University Press
Via Saragozza 10, 40123 Bologna
tel. (+39) 051 232 882
fax (+39) 051 221 019

ISBN 979-12-5477-741-1
ISBN online 979-12-5477-742-8
DOI 10.30682/9791254777428

www.buponline.com
info@buponline.com

Quest'opera è pubblicata sotto licenza CC-BY 4.0.

In copertina:

Gabriel Orozco

La D.S., 1993

FNAC 94003

Collection du Centre national des arts plastiques

En dépôt au [mac] Musée d'art contemporain de Marseille

© Gabriel Orozco / Cnap

Si ringrazia l'autore per la gentile concessione alla riproduzione dell'opera.

Crédit photo : Florian Kleinfenn

Progetto grafico: DoppioClickArt, San Lazzaro di Savena (Bologna)

Impaginazione: Oltrepagina, Verona

Prima edizione: febbraio 2026

Indice

Prefazione <i>Chiara Alvisi, Francesco Quarta</i>	5
 PARTE I. LA RIVOLUZIONE ENERGETICA NEL QUADRO DEL PATTO CLIMATICO EUROPEO: NUOVI MODELLI REGOLATORI, NUOVI ATTORI, NUOVE FUNZIONI (CON RIFERIMENTO A BENI E CONTRATTI)	
La transizione energetica e l'azione regolatoria nel contesto internazionale <i>Fabio Tambone</i>	13
Lo statuto giuridico dell'energia elettrica nel prisma della sostenibilità <i>Lucia Ruggeri</i>	31
I contratti del mercato elettrico: <i>power purchase agreements</i> e contratti per differenza <i>Andrea Nervi</i>	47
Il ruolo del contratto bidirezionale per differenza nella transizione energetica <i>Sara Zuccarino</i>	59
L'economia delle fonti rinnovabili variabili: effetti di penetrazione, variabilità dei prezzi di mercato e contratti per differenza <i>Matteo Alvisi</i>	75
Comunità energetiche rinnovabili e modelli organizzativi per l'equa distribuzione dei benefici correlati alla produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile <i>Giuliano Mattace</i>	95

Il ruolo delle cooperative nella transizione energetica e le comunità energetiche <i>Giorgio Nanni</i>	105
Implementazione sperimentale di una piattaforma <i>blockchain</i> per la gestione delle comunità energetiche e dei veicoli elettrici <i>Maria Luisa Di Silvestre, Salvatore Favuzza, Mariano Giuseppe Ippolito, Salar Moradi, Eleonora Riva Sanseverino, Giuseppe Sciumè</i>	117
Il ruolo delle comunità energetiche nella transizione sostenibile delle città <i>Alberto Borghetti, Carlo Alberto Nucci</i>	151
Verso le ADR del terzo millennio per i consumatori del mercato energetico? Alcuni spunti <i>Angela M. Felicetti</i>	177
 PARTE II. TRANSIZIONE ENERGETICA E MOBILITÀ SOSTENIBILE: RICADUTE SULLA TUTELA DELLA PERSONA, SULLA RESPONSABILITÀ CIVILE E SUI CONTRATTI PER LA FRUIZIONE DI SERVIZI DI MOBILITÀ E DI TRASPORTO	
Introduzione <i>Maria Enza La Torre</i>	197
Veicoli connessi e questioni di diritto civile <i>Chiara Alvisi</i>	203
Problemi di costituzionalità dei limiti alla libertà di circolazione nel quadro della transizione energetica <i>Anna Montesano</i>	233
La mobilità autonoma: profili sistematici <i>Ugo Ruffolo</i>	251
La responsabilità civile e i veicoli a guida autonoma alla luce del nuovo quadro normativo italo-europeo <i>Emanuela Maio</i>	267
L'organizzazione della rete dei fornitori dei servizi di mobilità sostenibile da parte delle case automobilistiche e i vari tipi di servizi (<i>car sharing, car pooling, noleggio</i>) <i>Miriam Zulli</i>	283
<i>Smart roads, smart cities</i> e diritti fondamentali <i>Erika Giorgini</i>	289
Conclusioni <i>Pietro Perlingieri</i>	313
Gli Autori	319

Prefazione

Chiara Alvisi, Francesco Quarta

Questo libro raccoglie i contributi di due convegni, organizzati il 27 novembre 2024¹ e il 17 e 18 giugno 2025² a Bologna nell'ambito del progetto di ricerca riconosciuto di rilevante interesse nazionale (PRIN 2022)³ dal titolo “SOS MOBILITY – Smart and/or Sustainable Mobility: When is Smart Mobility Sustainable for Consumers and SMEs?”, diretto e coordinato da Chiara Alvisi (ordinaria di Diritto privato nell'Università di Bologna).

Sin dalla fase di concepimento, questo progetto è stato inteso a coinvolgere il maggior numero possibile di *stakeholders*: teorici, pratici, regolatori, produttori, associazioni, comunità, consumatori. I due macro-temi del progetto (rivoluzione energetica e trasporto “sostenibile”), cui sono dedicate due macro-aree anche nel libro, sono stati declinati in un clima di costante interscambio informativo e formativo, senza preconcetti o steccati ideologici, come dimostrato dalla varietà dei ruoli ricoperti dalle professionalità e personalità che hanno contribuito al libro.

La prima parte dell'opera è dedicata alla rivoluzione energetica nel quadro del patto climatico europeo: nuovi modelli regolatori, nuovi attori, nuove funzioni (con riferimento a beni e contratti).

¹ Il convegno “Il mercato elettrico in transizione: i modelli emergenti nel sistema italo-europeo delle fonti e i nuovi attori (regolatori, comunità energetiche, consumatori ‘autosufficienti’)” si è tenuto il 27 novembre 2024 nell'Aula Poeti del Dipartimento di Scienze Politiche e Sociali.

² Il convegno “Rivoluzione energetica e mobilità del terzo millennio fra mercato e impatto sociale” si è tenuto nei giorni 17 e 18 giugno 2025 nell'Aula Magna del Complesso di Santa Cristina.

³ Finanziato dall'Unione europea “NextGenerationEU” a valere sul Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), Missione 4 “Istruzione e Ricerca”, Componente 2 “Dalla Ricerca all'impresa”, Investimento 11.

Il valore politico, giuridico ed economico dell'energia elettrica – che condiziona e conforma la vita e le relazioni di Stati, cittadini e imprese – è affidato allo statuto del mercato dell'energia, che presenta delle specificità rispetto agli altri mercati. Gli obiettivi di incremento progressivo della quota di energia proveniente da fonti rinnovabili hanno spinto il legislatore europeo a rafforzare gli interventi di apertura del mercato e di incentivazione alla produzione e al consumo di energia pulita, imprimendo un'accelerazione al processo di trasformazione del settore.

Fatto sta che il settore elettrico dipende ancora per il 60% da combustibili fossili, con un picco di domanda atteso entro il 2030. In vista del superamento di tale dipendenza, in un mercato dove – al netto di interventi regolatori alteranti – il prezzo dell'energia dovrebbe riflettere il costo marginale di produzione, l'economista Matteo Alvisi ha ricordato l'idoneità delle nuove fonti di energia come il solare o l'eolico a far calare il prezzo di mercato, sul presupposto che la tecnologia marginale in tal caso attivata è (molto) meno costosa di quella che sarebbe stata necessaria in loro assenza.

Lo studio continua con l'esame del c.d. contratto per differenza, ritenuto idoneo a offrire soluzioni al paradosso insito nell'impiego delle rinnovabili, specialmente del fotovoltaico: il valore delle rinnovabili tende a deprimersi nelle ore di loro massima penetrazione a fronte di un aumento del valore delle tecnologie basate su combustibili fossili, che restano più ricercate dagli operatori poiché ritenute in grado di assicurare maggiore flessibilità d'impiego.

Da questo paradosso muovono anche le trattazioni giuridiche del tema dei contratti per l'energia.

Il contratto per differenza, unitamente al c.d. *Power Purchase Agreement*, ha formato l'oggetto del saggio di Andrea Nervi (ordinario di Diritto privato nell'Università di Sassari), che ne ha sottolineato l'idoneità, dal lato dell'imprenditore, ad assicurare la remunerazione dei propri investimenti in un lasso di tempo prevedibile e, dal lato del cliente, a sviluppare un affidamento sulle condizioni economiche della fornitura per l'intera durata del rapporto. Il tema è stato ulteriormente indagato da Sara Zuccarino (associata di Diritto privato nell'Università di Cassino e del Lazio Meridionale), che ha esaminato i profili funzionali e strutturali del contratto bidirezionale per differenza, con lo sguardo rivolto anche ai rapporti tra operatori economici e autorità pubbliche. Importante è anche lo studio sui contratti condotto più ad ampio raggio da Lucia Ruggeri (ordinaria di Diritto civile nell'Università di Camerino), che ha valorizzato il ruolo dell'autonomia privata nell'attuazione del principio di "solidarietà energetica" nonché il bisogno di evitare che la volatilità del prezzo dell'energia elettrica per il cliente finale ne metta in discussione l'accessibilità e la sostenibilità nel medio periodo.

Certo, il processo di apertura dei mercati energetici in Europa si è mostrato più lungo e complesso rispetto alle aspettative iniziali. La liberalizzazione dei settori dell'energia elettrica e del gas si è risolta nella privatizzazione delle imprese pubbliche, senza però superare appieno la prova del mercato. La dinamica dei prezzi, pur nelle diversità riscontrabili nei singoli mercati nazionali, ha beneficiato più della regolazione nei segmenti in monopolio naturale (trasmissione e distribuzione), che del radicarsi nelle fasi potenzialmente concorrenziali (generazione e vendita) di un'efficace *competition*, capace di traslare una parte non marginale dei miglioramenti di efficienza sui prezzi all'ingrosso, e, di qui, sui prezzi finali. Di contro, i prezzi dell'elettricità nella fase avanzata della liberalizzazione hanno conosciuto una generalizzata e progressiva crescita, acuita, nei valori finali, dalla traslazione delle incentivazioni alle risorse rinnovabili. Peraltro, l'obbligo imposto agli Stati membri dalle direttive comunitarie di liberalizzazione dei mercati dell'energia elettrica e del gas naturale di garantire il servizio universale ai clienti civili è stato disatteso, nell'indifferenza degli organi nazionali e comunitari, sacrificando alle esigenze dell'efficienza quelle dell'equità.

Sul versante dell'offerta, poi, non sono state del tutto fronteggiate le posizioni di potere acquisite da imprese verticalmente integrate, il che ha impedito il pieno dispiegarsi di un'effettiva concorrenza, con risultati non pienamente soddisfacenti in relazione alla tutela dei consumatori.

Al riguardo, tra gli elementi maggiormente innovativi delle recenti riforme del mercato dell'energia va menzionato l'obiettivo della trasformazione del ruolo dei consumatori: da meri utenti passivi delle forniture ad artefici della sua flessibilizzazione, grazie alle opportunità offerte dalla tecnologia. In questo quadro, una suggestione attiene all'impatto sulla tutela consumeristica tradizionale dell'ingresso della figura del *prosumer*: un consumatore che, nel sistema in esame, non è soltanto produttore per il consumo individuale, ma è anche distributore dell'eventuale *surplus*. Questo tema è stato particolarmente battuto nel presente volume, in particolare da Lucia Ruggeri nel già menzionato saggio sullo statuto giuridico dell'energia elettrica nel prisma della sostenibilità, poi da Angela Maria Felicetti (assegnista di ricerca e collaboratrice dell'Istituto di Informatica Giuridica e Sistemi Giudiziari del CNR) nel suo saggio sui sistemi di risoluzione alternativa delle controversie in materia energetica, passando per gli scritti inerenti al tema delle comunità energetiche di Giuliano Mattace (assegnista di ricerca e professore a contratto nell'Università di Bologna), Giorgio Nanni (Responsabile Energia e Ambiente di Legacoop) e Fabio Tambone (Direttore Autorità di Regolazione per l'Energia, Reti e Ambiente).

Particolarmente attento al ruolo del *prosumer* è anche il contributo degli ingegneri appartenenti all'unità di ricerca palermitana (Maria Luisa Di Silvestre,

Salvatore Favuzza, Mariano Giuseppe Ippolito, Salar Moradi, Eleonora Riva Sanseverino e Giuseppe Sciumè), il cui saggio presenta i risultati dell'implementazione sperimentale di una piattaforma *blockchain* per la gestione delle comunità energetiche e dei veicoli elettrici, ancillare all'attuazione di modelli di *business* energetico decentralizzati basati su *smart contract*.

La disciplina delle Comunità energetiche ambisce a elevarle a strumenti di rafforzamento dei livelli di protezione dei clienti, anche allo scopo di favorire nuove modalità di inclusione sociale, come dimostrato dalla scelta del legislatore di imporre agli enti locali, che partecipino alle Comunità energetiche, di promuovere l'adesione dei clienti vulnerabili a tali schemi di aggregazione e la loro partecipazione attiva.

Nel saggio degli ingegneri Alberto Borghetti e di Carlo Alberto Nucci (entrambi ordinari di Sistemi elettrici per l'energia nell'Università di Bologna) sono indagate le potenzialità delle comunità energetiche nel guidare la transizione sostenibile delle città, anche mediante sistemi di monitoraggio evoluti del comportamento degli utenti, volti a ottimizzare su base giornaliera produzione e consumo. Il modello è focalizzato sugli scambi di potenza attiva e sulla riduzione dei costi di fornitura. In particolare, è eseguita un'analisi tecnico-economica che coinvolge la partecipazione alla comunità da parte del gestore di un parcheggio dotato di stazioni di ricarica.

La seconda parte dell'opera è dedicata alla c.d. mobilità sostenibile.

Nuovi modelli di politiche pubbliche, di mercato e di consumo (CCAM ed elettrificazione) sono stati direttamente ed indirettamente imposti dall'Unione europea nel settore dei trasporti, in linea con gli obiettivi climatici fissati dall'Accordo di Parigi del 2015, allo scopo di azzerare le emissioni clima-alteranti e di assicurare nel contempo un trasporto stradale sicuro. Se la decisione politica europea ha perseguito in tale settore meritevoli obiettivi di salvaguardia della salute delle persone e del pianeta nonché della sicurezza, dall'altro non ha saputo tuttavia adeguatamente salvaguardare la competitività dell'industria automobilistica e dei trasporti né l'idoneità delle politiche pubbliche a soddisfare adeguatamente la domanda di mobilità delle persone, con conseguenze pregiudizievoli per la crescita economica e l'esercizio di libertà fondamentali. La libertà di movimento è infatti riconosciuta dalla Costituzione repubblicana come contenuto essenziale della libertà personale così come la libertà di circolazione di persone e merci costituisce un fondamentale contenuto del diritto di cittadinanza europea inscritto nei Trattati.

Nelle sue notazioni introduttive, Maria Enza La Torre (già Consigliera di Cassazione e professoressa ordinaria di Diritto privato nell'Università di Messi-

na) si è soffermata sulle potenzialità e i rischi delle nuove categorie di trasporti sostenibili, evidenziando come la transizione verso fonti di energia alternativa debba costituire una leva di cittadinanza – verso un sistema equo, inclusivo e a misura di persona – e non una nuova barriera. Nel condividere tali considerazioni, il saggio di Chiara Alvisi affronta molteplici questioni di diritto civile legate alla mobilità connessa: dalla meritevolezza e obbligatorietà della mobilità connessa alla funzione sociale dei dati personali condivisi, dalla qualificazione della situazione giuridica soggettiva del proprietario del veicolo connesso alla natura dei diritti di accesso ai *non-personal IoT data*. Sulla medesima lunghezza d'onda è lo scritto di Erika Giorgini (ordinaria di diritto privato nell'Università Politecnica delle Marche) dedicato a “*Smart roads, smart cities e diritti fondamentali*”, che muove dalle recenti discipline europee in tema di intelligenza artificiale e *privacy* per poi promuovere un bilanciamento tra le diverse istanze di tutela che si contendono la scena. Punto di riferimento costante è la tutela della personalità nell'*habitat* urbano.

Indiscussi protagonisti della transizione ecologica del trasporto di persone e merci sono i veicoli a guida autonoma (*self-driving vehicles*), la cui disciplina giuridica è studiata a tutto tondo da Ugo Ruffolo (già ordinario di Diritto civile nell'Università di Bologna) nel suo denso capitolo intitolato “La mobilità autonoma: profili sistematici”, dove i fondamentali dilemmi etici sottesi all'impiego dell'intelligenza artificiale costituiscono la base di partenza di un ragionamento che si sviluppa in chiave storico-comparata. In perfetta continuità si colloca il contributo di Emanuela Maio (ricercatrice di Diritto privato nell'Università di Parma) sulle regole di imputazione della responsabilità civile per i danni prodotti da veicoli a guida autonoma, alla luce del nuovo quadro normativo italo-europeo di riferimento.

Un utile affresco su alcuni modelli contrattuali impiegati dalle case automobilistiche per l'erogazione di servizi collegati alla c.d. mobilità sostenibile (es.: *car sharing, car pooling, noleggio*) è stato reso dall'avvocato Miriam Zulli.

Un ringraziamento speciale va al professor Pietro Perlingieri, autore dell'intervento conclusivo, il quale ha dato lustro con le sue parole e con la sua presenza alla giovane sezione emiliano-romagnola della Società degli Studiosi del Diritto Civile.

Merita infine menzione l'impegno profuso dal dottor Giuliano Mattace nell'impostazione e revisione redazionale delle bozze.

Bologna, 19 dicembre 2025

PARTE I

LA RIVOLUZIONE ENERGETICA
NEL QUADRO DEL PATTO CLIMATICO EUROPEO:
NUOVI MODELLI REGOLATORI, NUOVI ATTORI, NUOVE FUNZIONI
(CON RIFERIMENTO A BENI E CONTRATTI)

La transizione energetica e l'azione regolatoria nel contesto internazionale

Fabio Tambone

SOMMARIO: 1. Introduzione. – 2. Le fonti rinnovabili in Italia. – 3. Sistemi di accumulo dell'energia. – 4. Interconnessioni con l'estero. – 5. Il ruolo del consumatore nella transizione energetica. – 5.1. Da consumatore a *prosumer*. – 5.2. Strumenti di ARERA a tutela dei consumatori. – 6. Conclusioni.

1. La transizione energetica rappresenta una delle sfide più rilevanti a livello internazionale. Nel pacchetto *Fit for 55*, l'Unione europea ha definito ambiziosi obiettivi per il 2030 al fine di promuovere la transizione verso un sistema energetico più sostenibile. Tra gli obiettivi principali si evidenziano la riduzione del 55% delle emissioni di gas serra rispetto ai livelli del 1990, l'aumento al 42,5% della quota di energia rinnovabile nel consumo totale e il miglioramento dell'efficienza energetica dell'11,7%.

Il nuovo livello di ambizione definito in ambito europeo (tracciato dapprima con il *Green Deal* e poi con il pacchetto *Fit for 55*) ha reso necessario un aggiornamento del Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC) del dicembre 2019 per riflettere i mutamenti strategici nel frattempo intervenuti in sede europea.

Il nuovo PNIEC¹ ha fissato obiettivi specifici per lo sviluppo delle energie rinnovabili e la riduzione delle emissioni. Si intende accelerare la transizione dai combustibili tradizionali alle fonti rinnovabili, promuovendo il graduale abbandono del carbone per la generazione elettrica a favore di un mix elettrico basato su una quota crescente di rinnovabili. L'Italia dovrà raggiungere al 2030 una

¹ www.mase.gov.it/sites/default/files/PNIEC_2024revfin_01072024%20errata%20corrigere%20pulito.pdf.

potenza da fonte rinnovabile di 131 Gigawatt. Si prevede che quasi 80 (79,2) di questi deriveranno dal solare, 28,1 dall'eolico, 19,4 dall'idrico, 3,2 dalle bioenergie e 1 Gigawatt da fonte geotermica (quota quest'ultima che potrebbe anche aumentare al raggiungimento di un adeguato livello di maturità di alcune iniziative progettuali in via di sviluppo).

Nel contesto della transizione energetica, il ruolo delle Autorità nazionali di regolazione, come ARERA (Autorità di Regolazione per Energia, Reti e Ambiente) in Italia, è cruciale per garantire un mercato elettrico efficiente, sostenibile e accessibile. ARERA collabora attivamente da anni con gli altri regolatori europei, sia in modalità multilaterale, attraverso l'Agenzia per la cooperazione fra i regolatori nazionali dell'energia (ACER)², il Consiglio europeo dei regolatori dell'energia (CEER)³ e le piattaforme regionali previste dai regolamenti europei per il mercato elettrico, sia attraverso incontri bilaterali per approfondire la discussione su tematiche di comune interesse, in particolare con i regolatori dei paesi confinanti.

La transizione energetica e l'integrazione dei mercati europei richiedono un adeguamento della regolazione del mercato elettrico, per garantire sufficienti livelli di flessibilità e adeguatezza al sistema parallelamente allo sviluppo degli impianti di generazione rinnovabile a livello decentrato, della capacità di stoccaggio, delle nuove forme di autoconsumo, anche in forma collettiva, e della partecipazione attiva dei consumatori.

Nel suo *Quadro Strategico 2022-2025*⁴, ARERA ha evidenziato come i criteri di sostenibilità, efficienza e *affordability* siano alla base dell'azione strategica dell'Autorità nell'accompagnare i settori ambiente ed energia nel percorso di transizione ecologica. L'azione regolatoria deve essere facilitata da interventi volti a innovare, anche tramite una digitalizzazione crescente, i processi amministrativi interni, per renderli più efficienti, flessibili e trasparenti. La transizione, se pur accettata e condivisa, rischia di porci di fronte a extra-costi, che potrebbero incidere maggiormente sulle categorie più deboli nonché accentuare gli squilibri territoriali esistenti. L'esigenza di una transizione "giusta", così come definita dalla Commissione UE nel *Green Deal*, richiede quindi una grande attenzione, da un lato alla riduzione dei gap territoriali e dall'altro alla tutela dei consumatori vulnerabili.

² www.acer.europa.eu.

³ www.ceer.eu.

⁴ www.arera.it/quadro-strategico/2022-2025.

2. La quota di fonti rinnovabili nel consumo energetico dell'UE ha raggiunto il 24,5% nel 2023, rispetto al 21,8% nel 2021.

La Svezia è il paese dell'UE con la quota più elevata di utilizzo di energia rinnovabile: 66% nel 2023, proveniente principalmente da idroelettrico, eolico, biocarburanti solidi e liquidi, nonché pompe di calore. Seguono la Finlandia (50,7%, derivante dall'energia idroelettrica, eolica e dai biocarburanti solidi), la Danimarca (44,4%) e la Lettonia (43,3%, prevalentemente idroelettrica).

Le percentuali più basse di energie rinnovabili sono state registrate in Irlanda (15,3%), Malta (15,1%), Belgio (14,7%) e Lussemburgo (14,4%).

L'Italia è fra i paesi che hanno già raggiunto nel 2015 l'obiettivo fissato per il 2020, ma la quota di energia rinnovabile consumata (19,9%) è minore rispetto a quella di altri stati. Nella vicina Austria, ad esempio, la quota di energia rinnovabile è del 40,8%.

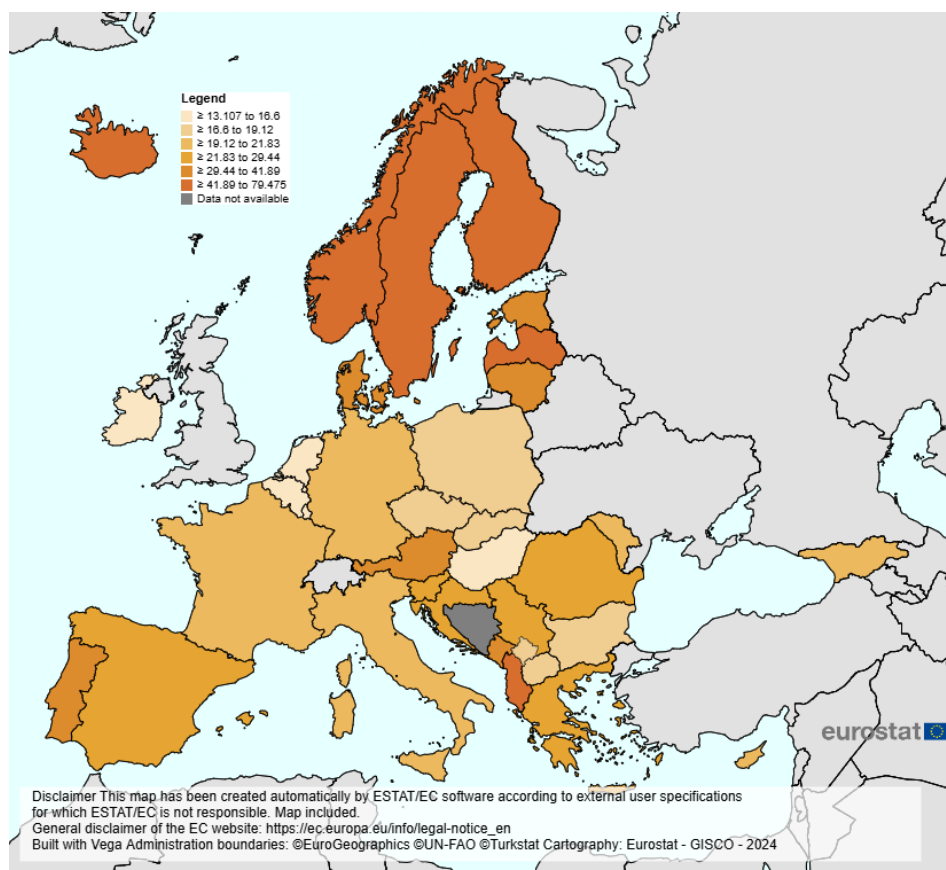


Fig. 1. Quota di energia da fonti rinnovabili nell'Unione europea. Fonte: Eurostat.

In Italia, le fonti energetiche rinnovabili sono state definite inizialmente nel d.lgs. n. 387/03, di recepimento della Dir. UE 2001/77/CE, e successivamente nel d.lgs. n. 28/11, di recepimento della Dir. UE 2009/28/CE. In particolare, ai sensi del d.lgs. n. 28/11, l'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili è l'energia elettrica proveniente da fonti rinnovabili non fossili, vale a dire energia eolica, solare, aerotermica, geotermica, idrotermica e oceanica, idraulica, biomassa, gas di discarica, gas residuati dai processi di depurazione e biogas. Il medesimo decreto definisce come energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili:

- l'energia elettrica prodotta da impianti alimentati esclusivamente da fonti energetiche rinnovabili;
- la produzione imputabile alle fonti rinnovabili (nel caso di centrali ibride), mentre esclude da tale definizione l'energia elettrica prodotta da sistemi di stoccaggio.

Pertanto, ad esempio, nel caso di impianti idroelettrici di pompaggio solo l'energia elettrica attribuibile agli apporti naturali (ove presenti) è da considerare energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili.

Il fotovoltaico rappresenta una delle tecnologie chiave per il raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione del sistema energetico, dell'indipendenza energetica e della transizione verde fissati dall'Unione europea. Tra gli obiettivi identificati dal PNIEC, quello di favorire l'evoluzione del sistema energetico, in particolare nel settore elettrico, da un assetto centralizzato a uno distribuito basato prevalentemente sulle fonti rinnovabili e quello di adottare misure che migliorino la capacità delle stesse rinnovabili di contribuire alla sicurezza, favorendo allo stesso tempo, assetti, infrastrutture e regole di mercato che, a loro volta contribuiscano all'integrazione delle rinnovabili.

L'Italia intende perseguire un obiettivo di copertura, nel 2030, del 39,4% del consumo finale lordo di energia da fonti rinnovabili, delineando un percorso di crescita ambizioso di queste fonti con una piena integrazione nel sistema energetico nazionale; per il 2030, in particolare, si stima un consumo finale lordo di energia di circa 110 Mtep, di cui 43 Mtep da FER.

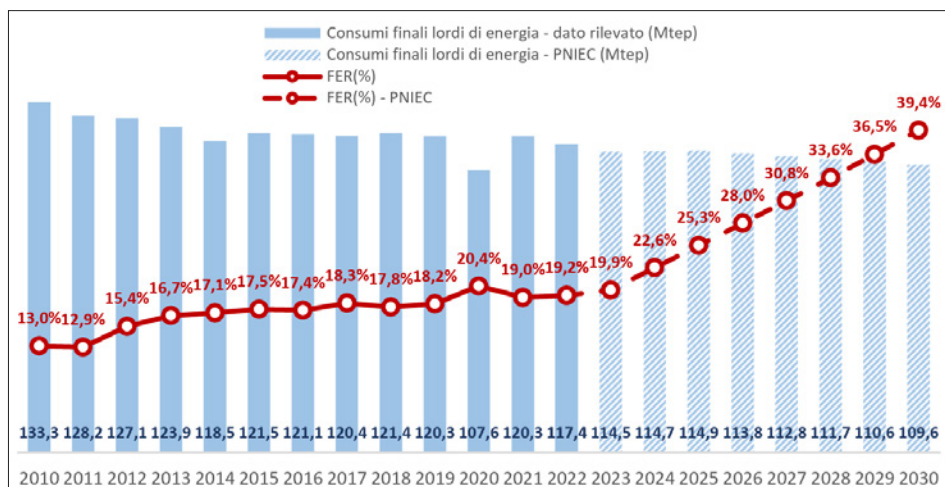


Fig. 2. Traiettoria della quota FER complessiva. Fonte: RSE, GSE.

L'evoluzione della quota coperta dalle fonti rinnovabili è in linea con il contributo nazionale al target UE risultante dall'applicazione della formula di cui all'allegato II del Reg. (UE) 1999/2018 (38,7%, in modo da raggiungere il target UE del 42,5%).

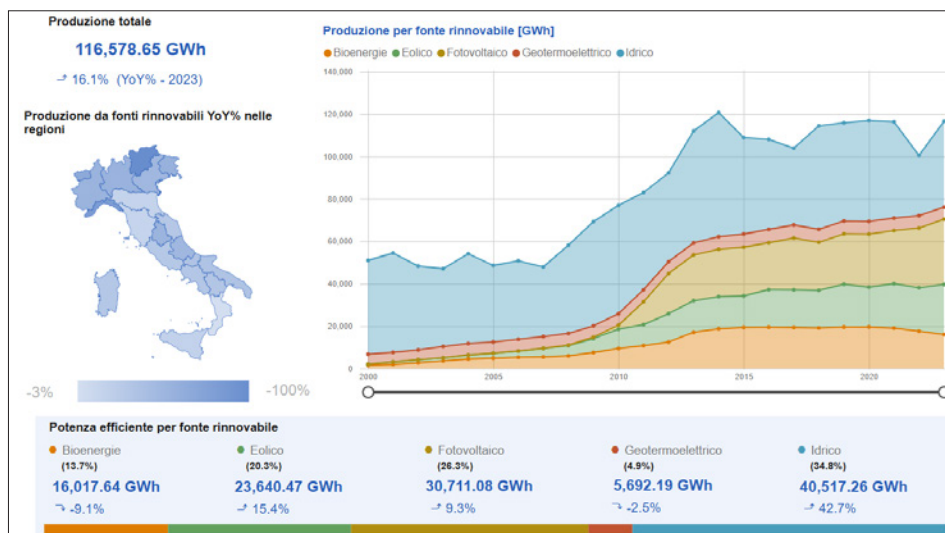


Fig. 3. Produzione totale per fonte rinnovabile (anno di riferimento 2023). Fonte: Terna, <https://dati.terna.it/generazione/dati-statistici#produzione/fonti-rinnovabili>.

Il grafico seguente (Fig. 4) illustra l'evoluzione del numero e della potenza degli impianti fotovoltaici installati in Italia nel periodo 2009-2023. In Italia, il numero degli impianti fotovoltaici è passato da 76.593 nel 2009 a 1.597.447 nel 2023, per una potenza complessiva pari a 30.319 MW. Come si nota, alla veloce crescita iniziale favorita – tra l'altro – dai meccanismi di incentivazione pubblici segue, a partire dal 2013, una fase di sviluppo più graduale, quindi una nuova accelerazione a partire dal 2022. Gli impianti di potenza inferiore o uguale a 20 kW costituiscono il 94% del totale. La potenza media degli impianti entrati in esercizio nel corso del 2023 è pari a 14 kW; la taglia media cumulata degli impianti fotovoltaici nel 2023, attestandosi a 19 kW, conferma il trend decrescente iniziato nel 2012.

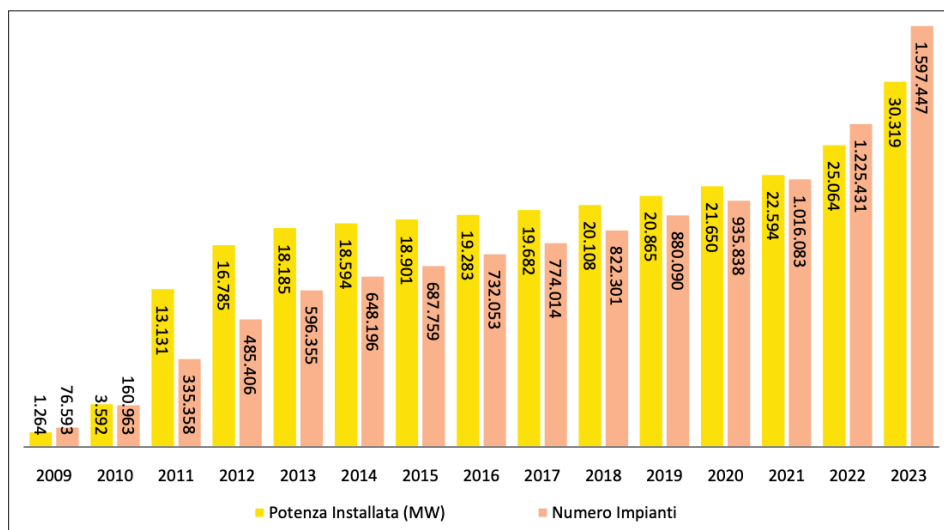


Fig. 4. Evoluzione della potenza e della numerosità degli impianti fotovoltaici. Fonte: GSE, Rapporto statistico "Solare fotovoltaico" 2023.

A fine 2023, le sole regioni Lombardia e Veneto concentrano il 30,9% degli impianti sul territorio nazionale (rispettivamente con 264.823 e 228.013 impianti). Il primato nazionale in termini di potenza installata è rilevato in Lombardia (4,05 GW, pari al 13,4% del totale nazionale), seguita dalla Puglia (3,31 GW), regione che fino al 2021 deteneva la quota maggiore di capacità fotovoltaica; in Puglia si rileva comunque la dimensione media degli impianti più elevata (36 kW). Valori più bassi in termini di installazioni si rilevano invece in Basilicata, Molise, Valle d'Aosta e nella Provincia di Bolzano.

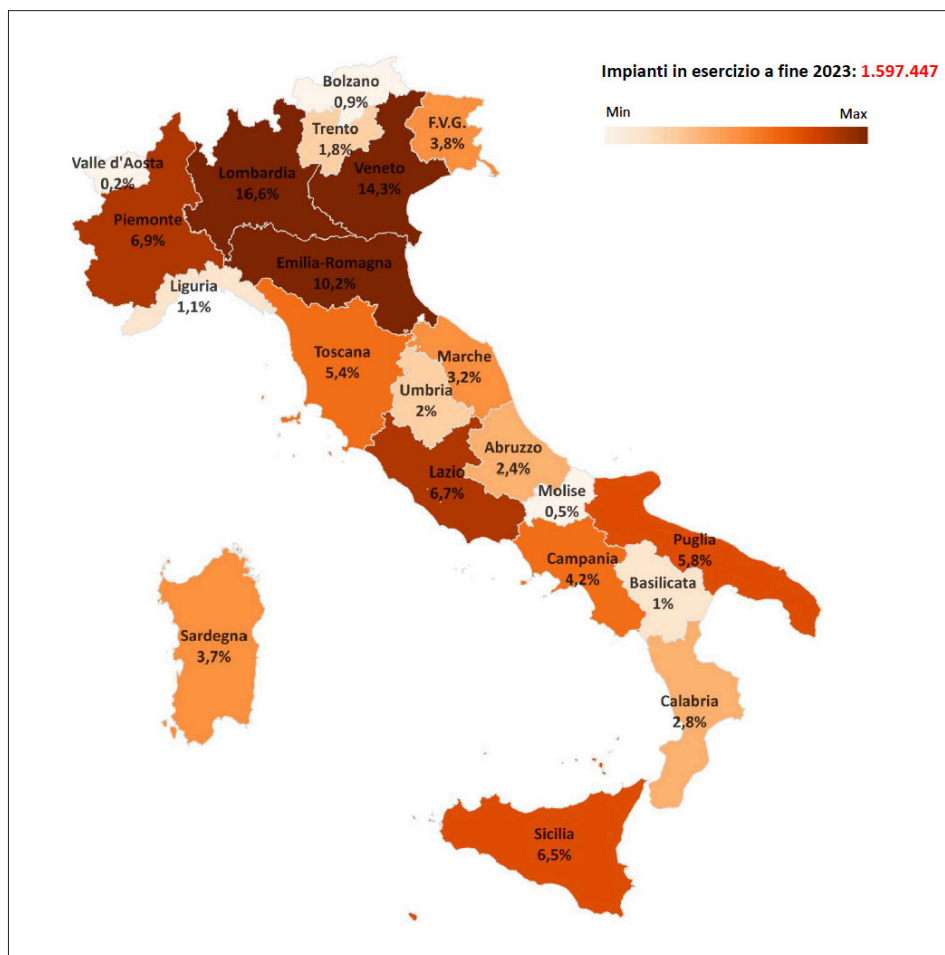


Fig. 5. Impianti fotovoltaici in esercizio. Fonte: GSE, Rapporto statistico "Solare fotovoltaico", 2023.

Un aspetto cruciale consiste nel monitoraggio degli impianti di produzione di energia. La Piattaforma GAUDÌ, istituita dall'ARERA e gestita da Terna⁵, è l'unico portale a livello nazionale a identificare in modo univoco gli impianti di produzione di energia elettrica, consentendo di tracciare l'intero ciclo di vita degli impianti migliorando la gestione del sistema elettrico.

La piattaforma permette di raccogliere i dati anagrafici di tutti gli impianti di produzione di energia elettrica; monitorarne l'intero ciclo di vita, dalla richiesta di connessione alla rete fino all'entrata in esercizio; razionalizzare il flusso infor-

⁵ www.terna.it/it/sistema-elettrico/gaudi.

mativo sull'anagrafica tra i vari operatori del settore elettrico; informare sulla gestione del sistema elettrico nazionale nelle fasi di pianificazione, programmazione ed esercizio; raccogliere le caratteristiche tecniche degli impianti, utili anche a valutare il grado di resilienza del sistema elettrico.

3. A differenza dei combustibili fossili che offrono un modo versatile di produrre energia elettrica e termica adattando l'offerta alla domanda, le fonti rinnovabili generano energia in modo più irregolare. La differenza fondamentale tra le fonti tradizionali e quelle rinnovabili è infatti la prevedibilità. Con le fonti tradizionali, la quantità di energia in produzione è pianificabile e quindi meglio gestibile. Essere protagonisti della transizione energetica significa rendere gestibile l'imprevedibile, imparare a produrre e a consumare energia in un modo diverso. La produzione di energia da fonti rinnovabili è essenziale per la decarbonizzazione e la transizione energetica ma richiede lo sviluppo di soluzioni avanzate di accumulo dell'energia.

Gli accumuli elettrici permettono di stoccare l'energia prodotta in eccesso dalle fonti rinnovabili, conservarla per un determinato periodo di tempo e poi utilizzarla nei momenti di maggiore domanda o quando la produzione rinnovabile è bassa. Queste caratteristiche conferiscono agli accumuli un ruolo fondamentale per l'intero sistema elettrico: quello di contribuire a stabilizzare la rete elettrica; quello di ridurre la cosiddetta *overgeneration* e quello di ridurre le congestioni di rete.

In Italia, il sistema di accumulo è stato definito dalla deliberazione ARERA 574/2014/R/eel⁶ come un insieme di dispositivi, apparecchiature e logiche di gestione e controllo, funzionale ad assorbire e rilasciare energia elettrica, previsto per funzionare in maniera continuativa in parallelo con la rete con obbligo di connessione di terzi o in grado di comportare un'alterazione dei profili di scambio con la rete elettrica (immissione e/o prelievo). Il sistema di accumulo può essere integrato o meno con un impianto di produzione (se presente). Non rientrano i sistemi utilizzati in condizioni di emergenza che, pertanto, entrano in funzione solo in corrispondenza dell'interruzione dell'alimentazione dalla rete elettrica per cause indipendenti dalla volontà del soggetto che ne ha la disponibilità.

4. In vista dell'ulteriore sviluppo delle rinnovabili previsto nei prossimi anni, i principali *Transmission System Operator* (TSO) europei stanno ridisegnando e definendo nuove strategie e pianificando importanti investimenti sulle reti elet-

⁶ www.arera.it/en/atti-e-provvedimenti/dettaglio/14/574-14.

triche che contribuiranno a integrare pienamente tutta l'energia pulita che verrà prodotta. Si sta assistendo ad un passaggio dal sistema tradizionale “monodirezionale” (produzione → trasmissione → distribuzione → carichi) a un sistema più complesso e integrato con flussi di energia elettrica a più direzioni, ad alta volatilità e bassa prevedibilità.

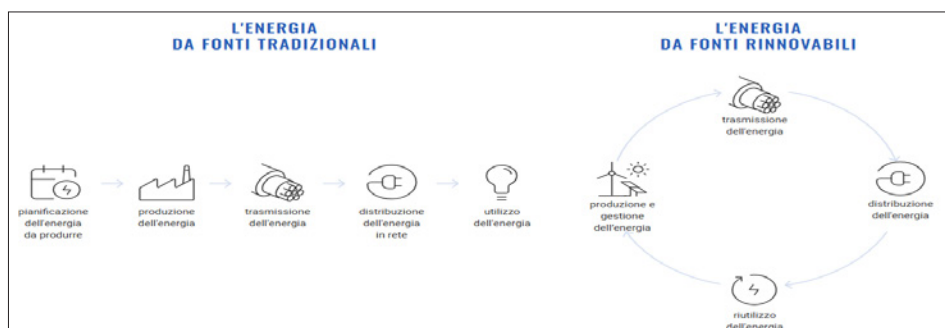


Fig. 6. Energia da fonti tradizionali e energia da fonti rinnovabili.

Le infrastrutture energetiche, anche quelle transfrontaliere, sono un fattore chiave per la transizione energetica e la decarbonizzazione del sistema elettrico: una rete sempre più interconnessa a livello continentale, e non solo, consente infatti una maggiore diffusione e integrazione delle fonti rinnovabili, in modo efficiente e sicuro, a beneficio della sostenibilità collettiva.

La Commissione europea, attraverso il *Green Deal*, ha sottolineato la necessità di una revisione del Regolamento sulle infrastrutture energetiche transeuropee per garantire la coerenza con gli obiettivi di neutralità climatica al 2050. Il nuovo Reg. “TEN-E” UE 869/2022 è stato pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale dell’Unione europea il 3 giugno 2022 ed è entrato in vigore il 23 giugno 2022, stabilendo i criteri e le procedure per la selezione dei progetti di interesse comune (*Projects of Common Interest – PCI*⁷) e i relativi benefici associati. Il documento individua undici corridoi strategici e tre aree prioritarie di intervento con una dimensione transeuropea e transnazionale. I corridoi prioritari riguardano diverse regioni geografiche nel campo dell’elettricità, della rete *offshore* e delle infrastrutture dell’idrogeno. Il sostegno dell’UE allo sviluppo in questi corridoi consentirà di mettere in collegamento tra loro le aree attualmente isolate

⁷ A novembre 2023, con Regolamento delegato e sulla base del nuovo Reg. TEN-E, la Commissione europea ha pubblicato la nuova lista dei Progetti di Interesse Comune (PCI) e dei Progetti di Mutuo Interesse (PMI) che coinvolgono anche Paesi extra-UE (Annex PCI PMI list.pdf). L’elenco comprende complessivamente 166 progetti, di cui 156 PCI e 10 PMI. Dei 156 PCI approvati, 85 riguardano il settore dell’elettricità, ovvero reti per la trasmissione elettrica, stoccaggi, *smart grid* e infrastrutture *offshore*.

dai mercati energetici europei, rafforzerà le interconnessioni transfrontaliere esistenti e contribuirà a integrare le energie rinnovabili. Le aree prioritarie, che interessano l'intera UE, riguardano invece la diffusione di reti elettriche e del gas intelligenti e una rete transfrontaliera di anidride carbonica.

Il nuovo Reg. "TEN-E" contribuirà agli obiettivi di riduzione delle emissioni climalteranti dell'UE promuovendo le nuove tecnologie per l'integrazione delle fonti rinnovabili nel sistema energetico. Al contempo, continuerà a promuovere il collegamento fra le regioni attualmente isolate dai mercati energetici europei, a rafforzare le interconnessioni transfrontaliere esistenti e a sostenere la cooperazione e i progetti transfrontalieri con gli Stati membri e con gli Stati terzi. Supporterà, infine, l'implementazione delle infrastrutture transfrontaliere proponendo modalità per semplificare e accelerare le procedure di autorizzazione.

Attualmente in Italia, la trasmissione elettrica avviene per mezzo di circa 75.450 km di linee e circuiti elettrici e oltre 900 stazioni di smistamento e di conversione. La rete elettrica di trasmissione nazionale è interconnessa con l'estero attraverso 30 linee di interconnessione: • 9 linee con la Francia, di cui: o 4 linee HVDC: due a 320kV (Piossasco-Grand'Ile) e due a 200kV con la Corsica (SACOI); o 1 linea in corrente continua 150kV tra la Sardegna e la Corsica (SARCO); • 4 linee in AC: una a 220kV in singola terna; una a 380kV in singola terna e una a 380kV in doppia terna; • 12 linee con la Svizzera; • 4 linee con l'Austria; • 2 linee con la Slovenia; • una linea HVDC 500kV Italia-Montenegro (MONITA); • una linea HVDC 500kV Italia-Grecia (GRITA); • e un collegamento 220kV con Malta.

Nell'agosto 2023 in Corsica, e in Italia subito dopo, è stato autorizzato il progetto definitivo del collegamento ad altissima tensione in corrente continua (HVDC) SA.CO.I.3⁸, che consiste nel rinnovo e ammodernamento dell'attuale collegamento (denominato SA.CO.I.2) tra la Sardegna, la Corsica e la penisola italiana, che consentirà di utilizzare una capacità di trasporto complessiva fino a 400 MW. Terna ha previsto un investimento di circa un miliardo di euro per quest'opera che ha ricevuto anche un contributo di 200 milioni di euro nell'ambito del PNRR. Il collegamento originale tra la Sardegna e la Toscana entrò in servizio alla fine degli anni Sessanta e fu il primo collegamento ad alta tensione a 200 kV in corrente continua al mondo. Il rinnovo dell'opera, inserita dal 2017 nella terza lista dei Progetti di interesse comune della Commissione europea, recentemente rinnovata, prevede la realizzazione di due nuove stazioni di conversione adiacenti alle esistenti (una a Codrongianos, in Provincia di Sassari, e una a Suvereto, in Provincia di Livorno), la posa di nuovi cavi sottomarini per

⁸ www.terna.it/it/progetti-territorio/progetti-interesse-comune/interconnessione-sardegna-corsica-penisola-italiana.

una lunghezza totale di 120 km e di cavi interrati per 20 km dagli approdi alle stazioni elettriche utilizzando, dove possibile, l'infrastruttura esistente. L'entrata in servizio del SA.CO.I.3 è prevista nel 2029.

Relativamente allo sviluppo di infrastrutture verso l'estero è da segnalare anche il progetto ELMED⁹, il collegamento da 500 kV in corrente continua HVDC che collegherà l'Italia (o, più precisamente la stazione elettrica di Partanna, in Provincia di Trapani) e la Tunisia, nella località di Capo Bon, permettendo uno scambio di potenza fino a 600 MW. Il progetto prevede un'interconnessione lunga circa 230 km, di cui 200 circa in cavo sottomarino, la cui entrata in esercizio è prevista per il 2028. Dal 2017 ELMED è stato riconosciuto come progetto infrastrutturale transfrontaliero strategico per l'Unione europea ed è stato identificato come Progetto di interesse comune (PCI) dalla Commissione europea. ELMED è infatti presente anche nella sesta lista PCI/PRI dei Progetti di interesse comune (PCI) e dei Progetti di reciproco interesse (PRI), adottata nel novembre 2023 dalla Commissione europea, lista che si rinnova ogni due anni con l'obiettivo di integrare i mercati europei dell'energia e diversificare le fonti. In quella adottata lo scorso anno, i progetti elettrici sono la metà (85 su 166); tra i PRI ve ne sono 10 che includono le interconnessioni elettriche con il Regno Unito, i Balcani occidentali e i paesi del Nord Africa.

Nel giugno del 2023 la Banca mondiale ha approvato un finanziamento di 268,4 milioni di dollari alla Tunisia per il progetto ELMED, per la realizzazione della stazione di conversione e per le operazioni di rinforzo della rete tunisina funzionali all'esercizio dell'interconnessione. Nell'agosto del 2023 Terna e il gestore della rete tunisino, la società STEG, hanno firmato con la Commissione europea il *Grant Agreement* che ha stanziato un finanziamento di 307 milioni di euro per il collegamento tra Italia e Tunisia. Per la prima volta i fondi comunitari *Connecting Europe Facility* sono stati assegnati a un'opera infrastrutturale sviluppata da uno Stato membro e da uno Stato terzo.

Nello stesso periodo Terna ha anche stipulato con STEG il *Consortium Agreement*, cioè l'insieme delle regole e delle procedure che riguardano la gestione e il governo del progetto.

Per quanto riguarda i progetti di sviluppo interni, invece, va evidenziato che nel settembre 2023 il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza energetica ha rilasciato l'autorizzazione anche per il progetto definitivo del secondo tratto del *Tyrrhenian Link*¹⁰, il collegamento tramite cavo sottomarino in corrente continua, tra Sardegna, Sicilia e Campania di circa 970 km di lunghezza e 1.000

⁹ www.elmedproject.it.

¹⁰ www.terna.it/it/progetti-territorio/tyrrhenian-link.

MW di potenza. Il *Tyrrhenian Link* collegherà Campania, Sicilia e Sardegna attraverso due linee elettriche sottomarine di 1.000 MW in corrente continua. L'intero progetto è stato suddiviso in Tratta Est (Campania-Sicilia, autorizzata dal Ministero nel settembre 2022) e Tratta Ovest (Sicilia-Sardegna). Essendo composta di due tratte, l'opera prevede date di entrata in esercizio progressive, il cui completamento è atteso entro il 2028. Attualmente, è stata completata sulla Tratta Est la progettazione esecutiva del tracciato terrestre lato Sicilia e la survey marina di dettaglio, mentre per la Tratta Ovest sono in corso la progettazione esecutiva dei collegamenti, la progettazione delle stazioni di conversione e le analisi sui rinvenimenti archeologici nell'area.

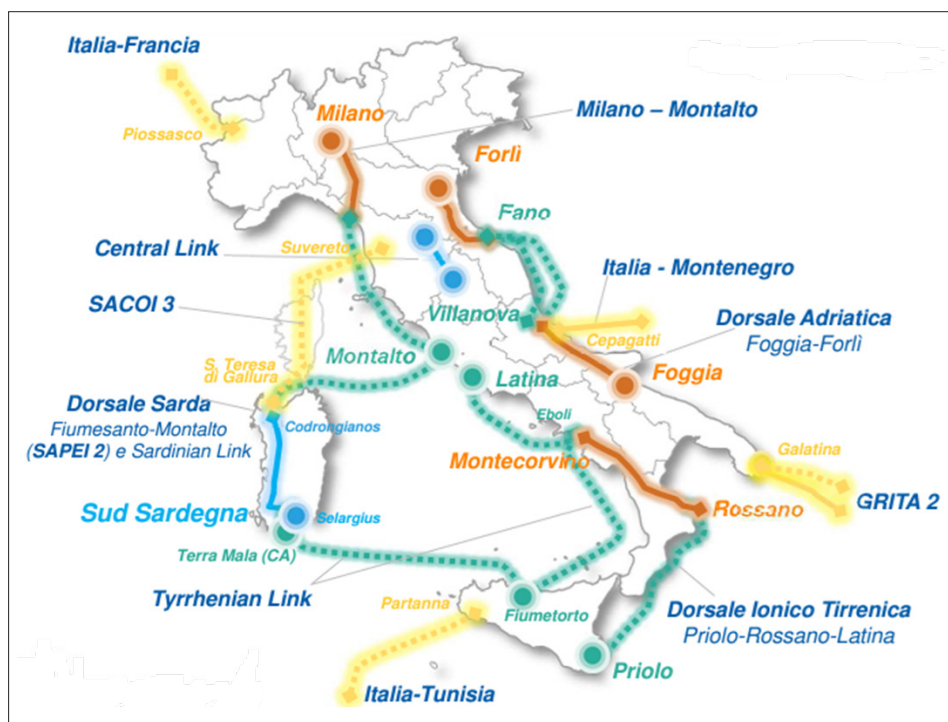


Fig. 7. Interconnessioni con l'estero. Fonte: Terna.

5. Il PNIEC ha espresso l'obiettivo di mettere il cittadino e le imprese (in particolare piccole e medie) al centro, in modo che siano protagonisti e beneficiari della trasformazione energetica e non solo soggetti finanziatori delle politiche attive; ciò significa promozione dell'autoconsumo e delle comunità dell'energia rinnovabile, ma anche massima regolazione e massima trasparenza del segmento della vendita, in modo che il consumatore possa trarre benefici da un mercato concorrenziale.

5.1. La maggiore produzione di energia rinnovabile sta trasformando il consumatore in “*prosumer*”¹¹, *un soggetto che è al contempo produttore e cliente finale di energia elettrica*. Il *prosumer* usa un impianto di piccole dimensioni per produrre energia da fonti rinnovabili, come per esempio la luce del Sole, il vento che soffia o i movimenti delle masse d’acqua. Questa varietà di fonti è importante. Spesso c’è la falsa credenza che i *prosumer* utilizzino solo gli impianti fotovoltaici: invece ci sono anche possibilità come il mini-eolico, stazioni di ricarica domestica per ricaricare un’auto elettrica o qualsiasi altro modo per contribuire a generare (e usare) energia green. L’energia prodotta può essere auto-consumata da chi l’ha prodotta oppure immessa nella rete nazionale e utilizzata da altre persone (ovviamente, che pagano per averla).

Per l’Agenzia nazionale italiana per le nuove tecnologie, l’energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA), entro il 2050 saranno oltre 250 milioni i *prosumer* dell’Unione europea, che produrranno energia con piccoli impianti domestici o nelle comunità energetiche. E tutti insieme genereranno quasi la metà dell’elettricità rinnovabile totale (per la precisione, il 45%).

Un’altra innovazione è rappresentata dalle comunità energetiche rinnovabili (CER), che permettono a gruppi di cittadini di produrre, condividere e consumare energia rinnovabile localmente. Una CER è un insieme di cittadini, piccole e medie imprese, enti territoriali e autorità locali, incluse le amministrazioni comunali, le cooperative, gli enti di ricerca, gli enti religiosi, quelli del terzo settore e di protezione ambientale, che condividono l’energia elettrica rinnovabile prodotta da impianti nella disponibilità di uno o più soggetti associatisi alla comunità.

In una CER l’energia elettrica rinnovabile può esser condivisa tra i diversi soggetti produttori e consumatori, localizzati all’interno di un medesimo perimetro geografico, grazie all’impiego della rete nazionale di distribuzione di energia elettrica, che rende possibile la condivisione virtuale di tale energia.

Questo modello riduce la dipendenza dalla rete e favorisce una gestione più sostenibile delle risorse energetiche.

Per costituire una CER, per prima cosa è necessario individuare le aree dove realizzare gli impianti alimentati da fonti rinnovabili e gli utenti con cui associarsi e condividere l’energia elettrica. È poi necessario costituire legalmente la CER, sotto forma di associazione, ente del terzo settore, cooperativa, cooperativa benefit, consorzio, organizzazione senza scopo di lucro ecc., ossia dotare la

¹¹ Espressione, coniata da Alvin Toffler nel libro *The third wave* (1980): è una crasi dei termini *producer* e *consumer* che indica un consumatore che è a sua volta produttore o, nell’atto stesso che consuma, contribuisce alla produzione.

CER di una propria autonomia giuridica attraverso una qualsiasi forma che ne garantisca la conformità con i principali obiettivi costitutivi. Ogni CER è, pertanto, caratterizzata da un atto costitutivo e uno statuto. L'adesione alla CER di un consumatore di energia o di un produttore di energia rinnovabile può avvenire nella fase di costituzione legale della CER, ovvero in una fase successiva, secondo le modalità previste negli atti e negli statuti delle stesse CER. Tutti i partecipanti alla CER – che siano consumatori finali di energia elettrica o autoconsumatori (ossia consumatori che possiedono un impianto di produzione da fonte rinnovabile e che producono energia per sé stessi e per i componenti della CER) – mantengono i loro diritti di clienti finali, compreso quello della scelta del fornitore di energia elettrica e hanno la facoltà di uscire dalla Comunità quando lo desiderano, secondo le regole e le indicazioni contenuti nello statuto. Le stesse facoltà di ingresso e di uscita sono altresì garantite ai produttori da fonte rinnovabile.

Il GSE, per ciascuna CER, sulla base della quantità di energia elettrica autoconsumata, determina il corrispettivo di valorizzazione ARERA da riconoscere a ciascuna CER. Tale corrispettivo varia ogni anno in funzione dei corrispettivi determinati da ARERA per l'energia elettrica condivisa (nel 2023 era pari a 8,48 €/MWh).

Con la delibera 727/2022/R/eel¹², ARERA ha approvato il Testo Integrato Autoconsumo Diffuso (TIAD) che disciplina le modalità per la valorizzazione dell'autoconsumo diffuso per le configurazioni previste dai decreti legislativi 199/21 e 210/21.

Le configurazioni per l'autoconsumo diffuso oggetto del TIAD sono:

- sistemi di autoconsumo individuale da fonti rinnovabili “a distanza” con linea diretta per i quali il produttore e il cliente abbiano richiesto di accedere alla regolazione prevista per le forme di autoconsumo che utilizzano la rete pubblica;
- sistemi di autoconsumo individuale da fonti rinnovabili “a distanza” privi di linea diretta;
- sistemi di autoconsumo individuale da clienti attivi “a distanza” privi di linea diretta;
- gruppi di autoconsumatori da fonti rinnovabili che agiscono collettivamente; gruppi di clienti attivi che agiscono collettivamente; comunità energetiche rinnovabili;
- comunità energetiche di cittadini.

¹² www.arera.it/atti-e-provvedimenti/dettaglio/22/727-22.

5.2. Promuovere l'*empowerment* del consumatore è il primo obiettivo strategico di ARERA per il periodo 2022-2025¹³. ARERA si è impegnata per agevolare la trasformazione dei consumatori in attori consapevoli dei settori regolati. Sono stati messi a disposizione del consumatore una serie di strumenti gratuiti e imparziali per conoscere meglio le sue abitudini di consumo di elettricità e gas, confrontare le offerte nel mercato libero per trovarne una più adatta alle sue esigenze e saperne di più sui suoi diritti.

Con il superamento delle tutele di prezzo del settore energetico è emersa la necessità che il consumatore sviluppi una maggiore consapevolezza, acquisendo la capacità di valutare meglio le proprie esigenze in termini quantitativi e qualitativi e operando di conseguenza scelte efficienti.

I consumatori hanno assunto un ruolo sempre più attivo nel mercato energetico grazie all'uso di *smart meters* di seconda generazione. Questi dispositivi offrono vantaggi quali l'acquisizione di una maggiore consapevolezza sui consumi energetici, la possibilità di ottimizzare l'uso dell'energia tramite analisi dei dati e l'integrazione con dispositivi domotici per un consumo più efficiente. Con il termine "*smart metering*"¹⁴ si intendono i sistemi che consentono la telelettura e telegestione dei contatori di energia elettrica, gas e acqua. I vantaggi dei sistemi di *smart metering* sono numerosi: oltre alla riduzione di costi per le letture e per le operazioni di gestione del contratto (es.: cambio fornitore, disattivazione ecc.) che possono essere effettuate in modo automatico a distanza, e con maggiore frequenza, senza un intervento in loco dell'operatore i sistemi di *smart metering* consentono altri vantaggi, che dipendono dal settore in cui sono applicati. Tra questi vantaggi vi sono:

- per tutti i settori con contatori individuali: migliore consapevolezza del cliente finale in relazione ai propri consumi e promozione dell'efficienza energetica e dell'uso razionale delle risorse;
- per tutti i settori (energia elettrica, gas, idrico, teleriscaldamento): migliore gestione della rete e migliore individuazione delle perdite tecniche e commerciali;
- per i settori liberalizzati (energia elettrica e gas): facilitazione della concorrenza per la possibilità di ottenere una lettura "spot" (al di fuori del ciclo di lettura) in occasione del cambio di fornitore.

¹³ www.arera.it/quadro-strategico/2022-2025.

¹⁴ www.arera.it/area-operatori/smartmetering.

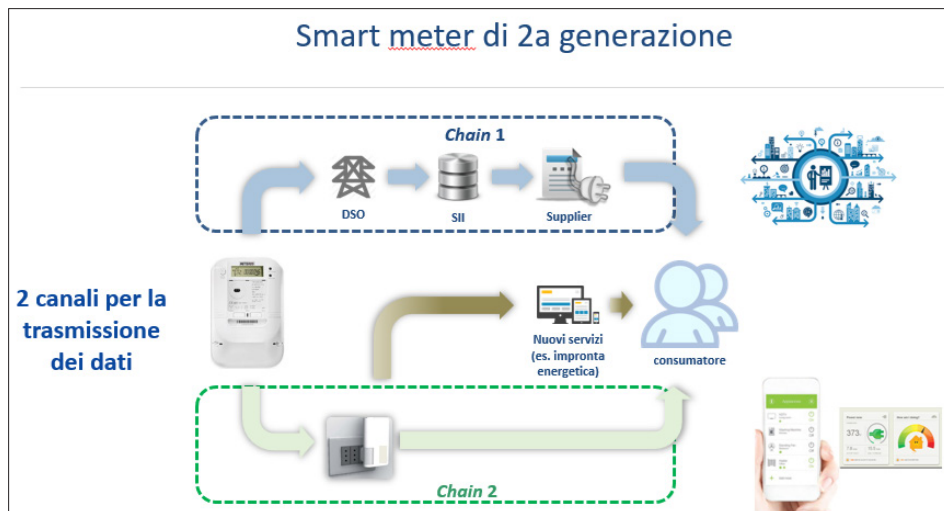


Fig. 8. Gli smart meter di seconda generazione.

Il Portale Consumi è il sito istituzionale¹⁵ dove i consumatori possono accedere ai dati relativi alle forniture di energia elettrica e di gas naturale di cui sono titolari, compresi i propri dati di consumo storici e le principali informazioni tecniche e contrattuali, in modo semplice, sicuro e gratuito.

A partire dall'istituzione del Portale, avvenuta il 1° luglio 2019, il cliente ha potuto visualizzare, anche mediante tabelle o grafici intuitivi, i dati di consumo, le letture e le autoletture con profondità storica dei dati disponibili fino a 36 mesi (coerentemente con l'effettiva disponibilità dei dati nel Sistema Informativo Integrato, il data hub istituzionale dei dati energetici nazionali) con il massimo dettaglio che, relativamente al settore elettrico, può essere sino ai dati di consumo quartotari. Queste importanti funzioni permettono al consumatore di conoscere e monitorare sempre meglio la propria impronta energetica, conoscenza di fondamentale importanza per affrontare il nuovo mercato energetico. Il cliente può inoltre verificare le proprie informazioni di contratto, attuali e storiche.

Le informazioni e i consumi relativi alle proprie forniture di energia elettrica e gas del Portale Consumi possono essere consultate, previo accesso all'area privata tramite SPID (Sistema Pubblico di Identità Digitale).

¹⁵ Il sito è realizzato e gestito da Acquirente Unico, sulla base delle disposizioni di ARERA, in attuazione della legge di Bilancio 2018 (l. n. 205 del 27 dicembre 2017).

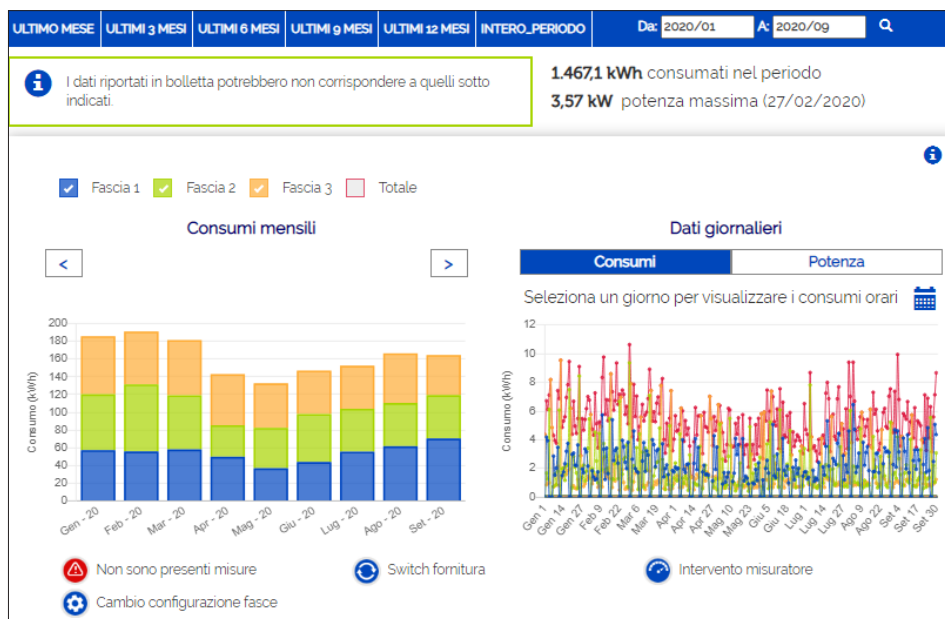


Fig. 9. Il Portale consumi di ARERA. Fonte: ARERA <https://www.arera.it/consumatori/il-portale-consumi>.

Dal 1° luglio 2018 è online il Portale Offerte¹⁶ per la raccolta e la pubblicazione di tutte le offerte presenti sul mercato di vendita al dettaglio elettrico e gas naturale. Su questo sito pubblico clienti domestici, famiglie e piccole imprese possono confrontare e scegliere in modo semplice, chiaro e gratuito le offerte di elettricità e gas.

Il Portale Offerte mette a disposizione un motore di ricerca di semplice utilizzo e offre una serie di informazioni utili sui mercati dell'energia elettrica e del gas e sulle novità di legge previste.

Per l'approfondimento di questi ed altri strumenti messi a disposizione di ARERA, quali lo sportello consumatori¹⁷ (il servizio gratuito dell'Autorità che assiste i consumatori di elettricità, gas e servizi idrici a far valere i propri diritti) si rimanda al sito istituzionale www.arera.it.

6. La transizione energetica è un processo complesso che richiede il contributo coordinato di Istituzioni, produttori e consumatori. L'adozione di tecnologie innovative, la revisione delle normative e il coinvolgimento attivo degli utenti

¹⁶ www.arera.it/consumatori/il-portale-offerte.

¹⁷ www.sportelloperilconsumatore.it.

sono fondamentali per raggiungere gli obiettivi climatici ed energetici fissati per il 2030. Il futuro del sistema elettrico sarà sempre più decentralizzato, digitale e sostenibile.

Un ringraziamento particolare alla dottoressa Isabelle Stoll per il preziosissimo supporto.

Lo statuto giuridico dell'energia elettrica nel prisma della sostenibilità

Lucia Ruggeri

SOMMARIO: 1. Necessità di un'interpretazione sistematica funzionale all'individuazione di uno statuto dell'energia elettrica basato sull'analisi in concreto delle modalità di produzione e di consumo. La lettura assiologica dell'energia. L'ordinanza della Corte costituzionale n. 21/2025. La solidarietà come principio che governa il mercato energetico. – 2. L'energia come bene. Le tradizionali classificazioni codicistiche. La rilettura depatrimonializzante del bene-energia. L'energia come chiave di volta della realizzazione di interessi di tipo esistenziale. – 3. La conformazione del rapporto di circolazione dell'energia. Il meccanismo di formazione del prezzo dell'energia. Giudizio di meritevolezza e meccanismo del c.d. *merit order*. – 4. La nuova declinazione della regolamentazione del mercato energetico. L'attenzione alla morosità e alla vulnerabilità. Energia come diritto sociale. Il ruolo conformante del principio di solidarietà energetica. – 5. L'accessibilità come fondamentale profilo dello statuto dell'energia elettrica.

1. Il processo di decarbonizzazione climatica ha reso centrale¹ l'uso dell'energia elettrica² in quanto tale forma di energia si presta a essere generata, anche in via esclusiva, da fonti rinnovabili³, permettendo il raggiungimento della

¹ Così G. BEFANI, *Poteri pubblici e sicurezza energetica*, Torino, 2024, p. 11 ss.

² R. PARDOLESI, *Le energie*, in *Tratt. dir. priv.* Rescigno, VII, Torino, 1982, p. 26 ss.

³ Sul legame tra decarbonizzazione e incremento dell'uso di energia da fonti rinnovabili v. il recente sviluppo delle energie rinnovabili in Italia: *Going Green: The Recent Development of Renewable Energy Sources in Italy*, Bank of Italy Occasional Paper No 908, 2025, consultabile al seguente indirizzo https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=5248242#. In argomento v., anche, C. PETTERUTTI, *La politica energetica in Europa e la promozione delle fonti energetiche rinnovabili*, in ID., *Diritto dell'ambiente e dell'energia. Profili di comparazione*, Napoli, 2020, p. 111 ss.

neutralità climatica⁴. Nel dibattito giuridico globale è, pertanto, entrato il tema della energia elettrica come «bene» a carattere universale⁵ in grado di circolare tra Stati che ne regolamentano lo scambio per contenerne il costo, ma anche per trasformare lo scambio di energia in un potente strumento di supremazia geopolitica.

In questa prospettiva lo statuto dell'energia elettrica risente di una convergenza tra fonti di diverso grado gerarchico e proprie gerarchie di valori conducendo ad una difficile enucleazione di uno statuto dell'energia valido a livello universale. La globalità del tema non è, infatti, accompagnata da una *governance* altrettanto globale, quanto da strumenti regolatori settoriali e micro-sistemici con conseguente inefficienza della gestione dei problemi posti dalla circolazione dell'energia⁶.

Occorre, pertanto, una lettura sistematica dei diversi sistemi normativi così da giungere a una integrazione tra sostenibilità ed energia in grado di permettere l'individuazione di una disciplina appropriata basata sulla tipologia di utilizzazione (ad esempio per la mobilità elettrica), sulle peculiarità del fruitore finale di energia (persona fisica, persona giuridica, impresa con finalità di profitto oppure senza finalità di profitto), sulle finalità del consumo (per circolare, per scaldarsi, per cucinare, per vivere in caso di dipendenza da apparecchi elettrici salva-vita).

Il superamento di letture microsystemiche richiede un dialogo tra Corti a volte difficile, ma che al momento costituisce il miglior strumento di individuazione di regole conformi alla gerarchia delle fonti e dei valori. Lo testimonia l'ordinanza⁷ con cui la Corte costituzionale ha rimesso alla Corte di giustizia la valutazione delle misure di tassazione degli extra-profitti quali contributi di solidarietà a favore di consumatori energetici domandandosi se possa essere superata dai governi nazionali l'elenco delle imprese chiamate al contributo di solidarietà. L'ordinanza ha per oggetto l'art. 1, comma 115, della l. n. 197/2022 che ha introdotto un obbligo di solidarietà non soltanto alle imprese che operano la fabbricazione dei prodotti de-

⁴ La neutralità climatica è obiettivo del quadro regolatorio europeo. In proposito v. Reg. 2021/1119/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 30 giugno 2021 che istituisce il quadro per il conseguimento della neutralità climatica e che modifica il Reg. (CE) n. 401/2009 e il Reg. (UE) 2018/1999, c.d. "Normativa europea sul clima". Sul tema v. A. PISANÒ, *Il diritto al clima*, Napoli, 2022, p. 175 ss.

⁵ Per una attenta valutazione dell'energia come minimo servizio/bene indispensabile in quanto collegato all'attuazione di profili esistenziali v. A.E. CATERINI, *Il rapporto obbligatorio "sociale" ed il diritto al "minimo energetico"*, Napoli, 2025, p. 61 ss.

⁶ Per una lettura sistematica dell'ordinamento v. P. PERLINGIERI, *Il diritto civile nella legalità costituzionale secondo il sistema italo-europeo delle fonti*, III, *Situazioni soggettive*, cit., pp. 333-335.

⁷ Si tratta dell'ordinanza della Corte cost., 10 febbraio 2025, n. 21. Per un commento v. C. BUZZACCHI, *Sovranità fiscale dello Stato e contribuzione di solidarietà a traino dell'Europa: il rinvio pregiudiziale della Corte costituzionale, ordinanza n. 21 del 2025*, in *osservatorioaic.it*, 2025, p. 210 ss.; P. DE PASQUALE, *Il primato del diritto dell'Unione europea tra giudice comune e Corte costituzionale*, in *Un. eur. dir.*, 2025, p. 18 ss.

rivati da idrocarburi, ma anche alle imprese che commercializzano e distribuiscono i prodotti finiti derivati da idrocarburi. La normativa accende un faro sul principio di solidarietà⁸ declinato nel campo dell'energia dal Reg. 1854/2022/UE⁹: l'Unione europea, a seguito della crisi energetica causata dal conflitto in Ucraina, introduce obblighi di solidarietà che gravano sulle imprese del settore degli idrocarburi confermando una inevitabile conformazione dello statuto dell'impresa del settore energetico al perseguimento di obiettivi di solidarietà¹⁰. La Corte costituzionale evidenzia che il Reg. 1854/2022/UE «rappresenta attuazione concreta dei valori solidaristici su cui si fonda l'Unione europea e ha, come finalità ultima, quella di tutelare le imprese e le famiglie esposte alla crisi energetica»¹¹, ponendo in risalto il fondamento valoriale della regolamentazione europea. L'ordinanza in esame rientra in un rapporto di leale collaborazione¹² tra le alte Corti chiamato a realizzare una legalità che è costituzionale¹³ e, all'un tempo, europea¹⁴ conducen-

⁸ Sulle diverse accezioni del principio di solidarietà nell'Unione europea, v. F. CROCI, *Solidarietà tra stati membri dell'Unione europea e governance economica europea*, Torino, 2020, p. 52 ss.

⁹ Reg. 2022/1854/UE del Consiglio del 6 ottobre 2022 relativo a un intervento di emergenza per far fronte ai prezzi elevati dell'energia.

¹⁰ Per interessanti rilievi sugli obblighi in funzione di solidarietà che gravano sugli operatori del mercato energetico si rimanda a S. ZUCCARINO, *Il contratto «conformato» quale statuto normativo del mercato energetico*, Napoli, 2021, p. 24 s.

¹¹ V. punto 10.2 del Considerato in diritto della ordinanza.

¹² La riforma del processo e delle competenze della Corte di giustizia e del Tribunale dell'Unione europea operata dal Reg. 2019/2024/UE del Parlamento europeo e del Consiglio dell'11 aprile 2024 determina un'importante conseguenza: a partire dal 1° settembre 2024, data di entrata in vigore del regolamento, la Corte di giustizia non è più il giudice che in via esclusiva ha competenza a pronunciarsi in via pregiudiziale sull'interpretazione del diritto dell'Unione o sulla validità degli atti adottati dalle istituzioni, dagli organi od organismi dell'Unione in quanto condivide con il Tribunale tale competenza. Ciò ha determinato una ridefinizione delle linee guida in materia di leale collaborazione tra le Corti contenuta nelle «Raccomandazioni all'attenzione dei giudici nazionali, relative alla presentazione di domande di pronuncia pregiudiziale» (C/2024/6008), consultabile sulla Gazzetta Ufficiale dell'Unione europea del 9 ottobre 2024.

¹³ La costruzione di un leale rapporto tra Corti comporta una definizione dei poteri di sindacato della Corte costituzionale che nella significativa decisione n. 181 resa il 30 ottobre 2024 suggerisce accanto alla disapplicazione della legge interna in contrasto con il diritto unionale una seconda via, la sottoposizione della legge a giudizio di costituzionalità, per favorire una portata *erga omnes* degli effetti della pronuncia. Su questo tema si rimanda a P. PERLINGIERI, *Leale collaborazione tra Corte costituzionale e Corti europee. Per un unitario sistema ordinamentale*, Napoli, 2008, p. 11 ss. V., anche, C. AMALFITANO, *Il dialogo tra giudice comune, Corte di giustizia e Corte costituzionale dopo l'obiter dictum della sentenza 269/2017*, in *Osservatorio sulle fonti*, 2, 2019, p. 14. Per un commento alla decisione n. 181/2024 v. S. BARBIERI, *La sentenza n. 181 del 2024 della Corte costituzionale: una svolta nei rapporti tra ordinamento italiano e diritto dell'Unione europea?*, in *Rivista del contenzioso europeo*, 2024, p. 289 ss.

¹⁴ I rapporti tra diritto dell'Unione e diritto interno sono oggetto di un incessante dibattito determinato dalla necessità di coniugare il c.d. primato del diritto comunitario, gli effetti diretti della regolamentazione eurounitaria e la possibilità di chiedere il rinvio pregiudiziale alla Corte di giustizia oppure l'intervento della Corte costituzionale. Tra le decisioni più significative v. Corte giust., Grande Sezione, 22 giugno

do a soluzioni¹⁵ che siano adatte ai sistemi giuridici nazionali, ma anche in grado di adempiere a obblighi assunti dagli Stati membri¹⁶.

2. La crisi energetica conseguente al conflitto in Ucraina ha posto al centro del dibattito europeo il tema dell'energia come bene e della necessaria solidarietà tra Stati al fine di garantirne l'approvvigionamento. Si è, pertanto, assistito ad un ricorso costante all'art. 122, comma 1, del Tratt. FUE, disposizione che autorizza poteri esecutivi della Commissione funzionali ad offrire solidarietà. Ciò ha determinato un forte impatto sui contratti aventi per oggetto l'energia e, in particolare, sulla fissazione del prezzo con l'adozione di misure temporanee, ma di rilevante impatto quali l'adozione del c.d. *price cap* dinamico¹⁷.

La sfida per il giurista che voglia indagare lo statuto dell'energia è, pertanto, oggi costituita dal coniugare interventi improntati alla solidarietà energetica europea con la concezione dell'energia come bene. Nella tradizione legislativa italiana, il codice civile fa proprio l'approccio regolatorio espresso nell'art. 624 c.p.

2022, cause riunite c. 188/10 e c. 189/10, Melki e Abdeli. Per un commento v. C. DRIGO, *La Corte di giustizia riafferma il proprio primato: la questione prioritaria di costituzionalità al vaglio dei giudici di Lussemburgo*, in *Dir. pubbl. comp. eur.*, 2010, p. 1484 ss. e D.U. GALETTA, *Autonomia procedurale e dialogo costruttivo fra giudici alla luce della sentenza Melki*, in *Dir. un. eur.*, 2011, p. 223. Sul tema v., fra gli altri, C. AMALFITANO, L. CECCHETTI, *Sentenza n. 269/2017 della Corte costituzionale e doppia pregiudizialità: l'approccio della Corte di giustizia dell'Unione europea*, in *Eurojus*, 2022, p. 2 ss.; G. TESAURIO, P. DE PASQUALE, *La doppia pregiudizialità*, in F. FERRARO, C. IANNONE (a cura di), *Il rinvio pregiudiziale*, Torino, 2024², p. 341 ss.; C. FAVILLI, *La possibile convivenza tra disapplicazione e questione di legittimità costituzionale dopo la sentenza 15 del 2024 del giudice delle leggi*, in *Rivista del contenzioso europeo*, 2024, p. 26 ss.; O. SCARCELLO, *Un altro passo nel processo di riaccostamento del sindacato di costituzionalità eurounitario. Nota a Corte cost., sentenza n. 15 del 2024*, in *osservatorioaic.it*, 2, 2024, p. 280 ss.; U. VILLANI, *Il nuovo "cammino comunitario" della Corte costituzionale*, in *Eurojus*, 2024, p. 81 ss.

¹⁵ V., al riguardo, G. VETTORI, *Dialogo fra le Corti e tecnica rimediale*, in *Pers. merc.*, 2011, p. 280 ss.

¹⁶ In argomento v. A. CARDONE, *Dalla doppia pregiudizialità al parametro di costituzionalità: il nuovo ruolo della giustizia costituzionale accentrata nel contesto dell'integrazione europea*, in *Osservatorio sulle fonti*, 1, 2020, p. 58, secondo il quale «legalità costituzionale interna e legalità costituzionale europea non costituiscono due circuiti alternativi, ma rappresentano gli elementi contestualmente costitutivi di una nuova "legalità costituzionale-europea", la cui esistenza non può essere disconosciuta senza revocare in dubbio l'integrazione del parametro di costituzionalità che si realizza per il tramite degli artt. 11 e 117, comma 1, Cost.». Sul tema v. anche, E. NAVARRETTA, A. PERTICI (a cura di), *Il dialogo tra le Corti. Principi e modelli di argomentazione. Atti del Seminario (3 aprile 2003)*, Pisa, 2004, *passim*; A. CHIAPPETTA, *"Sarà il giudice a scegliere il rimedio più appropriato": l'inciso definitivo della Corte costituzionale tra sindacato accentrato di costituzionalità e meccanismo diffuso di attuazione del diritto UE*, in *federalismi.it*, 4, 2025, p. 63 ss.

¹⁷ V. Reg. 2022/2578/UE del Consiglio del 22 dicembre 2022 che istituisce un meccanismo di correzione del mercato per proteggere i cittadini dell'Unione e l'economia da prezzi eccessivamente elevati. Sul *price cap* dinamico v. L. MARIN, *La crisi energetica e la sua eredità per l'Unione europea: il finanziamento delle grandi transizioni come sfida esistenziale dell'Unione*, in L. DANIELE, P. SIMONE, C. VENTURINI, R. DI MARCO (a cura di), *L'Unione europea e le crisi del mondo contemporaneo. Tra "valorizzazione" delle competenze e prospettive di riforma*, Milano, 2025, p. 112 ss.

e classifica l'energia come un bene¹⁸ in quanto cosa suscettibile di avere un valore economico¹⁹. In un'epoca quale quella attuale in cui l'intangibilità del bene non stupisce più²⁰, concepire l'energia come bene resta, però, un tema sfidante perché richiede un processo attento al sistema valoriale e ordinamentale in cui l'energia è prodotta, distribuita e consumata.

La ricostruzione degli statuti disciplinari del bene energia passa per una necessaria lettura depatrimonializzante²¹: nel prisma della Agenda ONU 2030, in particolare facendo ricorso all'obiettivo dell'Agenda dedicato alla produzione e al consumo sostenibili²², l'energia emerge come oggetto di una filiera produttiva e distributiva, ma anche come forma di consumo anch'esso doverosamente sostenibile²³ e funzionale alla realizzazione di situazioni a carattere esistenziale²⁴ che a loro volta giustificano il ricorso a strumenti di solidarietà anche fra Stati.

Guardando alla produzione e alla distribuzione il bene energia appare connotato da una prorompente patrimonialità²⁵, ma pensando al consumo il carattere non patrimoniale dell'uso dell'energia emerge altrettanto prepotentemente. Senza energia molti diritti inviolabili dell'uomo risulterebbero inattuabili²⁶, la vita sarebbe meno libera e dignitosa. Come una abitazione è funzionale alla realizzazione di diritti quali quello di sposarsi, creare una famiglia, avere una

¹⁸ Il concetto di bene in senso giuridico è al centro della riflessione dei civilisti. In argomento v. S. PUGLIATTI, *Beni (teoria generale)*, in *Enc. dir.*, V, Milano, 1959, p. 164 ss.; P. PERLINGIERI, *Il diritto civile nella legalità costituzionale secondo il sistema italo-europeo delle fonti*, cit., p. 322 ss.

¹⁹ Al riguardo cfr. L. DELL'AGLI, *L'accesso all'energia elettrica come diritto umano fondamentale per la dignità della persona umana*, in *Riv. giur. amb.*, 2007, p. 713 ss.

²⁰ In argomento v. D. MESSINETTI, *Oggettività giuridica delle cose incorporali*, Milano, 1970, *passim*.

²¹ Per una lettura depatrimonializzante del diritto sul bene energia v. A.E. CATERINI, *Il rapporto*, cit., p. 61 ss.

²² Orientare il mercato ad una produzione sostenibile significa anche educare il consumatore ad un consumo sostenibile. In questa direzione si colloca la Dir. UE 2024/825 del Parlamento europeo e del Consiglio del 28 febbraio 2024 che modifica le direttive 2005/29/CE e 2011/83/UE per quanto riguarda la responsabilizzazione dei consumatori per la transizione verde mediante il miglioramento della tutela dalle pratiche sleali e dell'informazione. Per una riflessione critica sull'impatto di questa direttiva v. M. CIAN, *Educare (informando) il consumatore per educare le imprese: la direttiva (UE) 825/2024 sulla transizione verde*, in S. TROIANO, R. OMODEI SALÈ, M. FACCIOI, M. TESCARO (a cura di), *Tradizione e innovazione nel diritto privato europeo*. Liber Amicorum per Alessio Zaccaria, II, Padova, 2025, p. 424 ss.

²³ La promozione di una produzione e di un consumo responsabile è alla base del quadro regolatorio degli incentivi dedicati alle c.dd. energie rinnovabili. Al riguardo, v. K. ZABRODINA, *La distribuzione degli incentivi nelle comunità energetiche tra autoregolamentazione e solidarietà*, in *Rass. dir. civ.*, 2025, p. 177 ss.

²⁴ V., fra gli altri, M. FRANCESCA, *Bene-energia. Abusi di mercato e nuovi domini*, in *Nuovo dir. civ.*, 2023, p. 21 ss. e R. LOMBARDI, *Energie rinnovabili e diritto privato. Strumenti negoziali e tutela dell'ambiente verso la nuova transizione energetica*, Napoli, 2023, p. 47 s.

²⁵ Sul legame tra patrimonialità e bene in senso giuridico v. O.T. SCOZZAFAVA, *Dei beni*, in *Tratt. dir. civ. CNN*, diretto da P. PERLINGIERI, Napoli, 2007, p. 1 ss.

²⁶ In questa prospettiva v. L. DELL'AGLI, *L'accesso*, cit., p. 713 s.

vita privata, così l'energia è funzionale a rendere effettivi diritti quali quello al cibo, alla salute, allo studio, alla circolazione, allo svolgimento di attività che soddisfano interessi esistenziali (turismo, attività culturali ecc.)²⁷. La disciplina del bene-energia prescinde dall'incasellamento all'interno di diritti soggettivi di proprietà o di godimento e può, in modo più appropriato, essere ricavata da una concezione delle filiere produttive e del consumo in termini di rapporti giuridici²⁸ talora collegati, tutti comunque improntati ad una complessa e composita presenza di interessi non esclusivamente patrimoniali²⁹. L'art. 42 Cost. permette una rilettura del rapporto³⁰ in grado di far comprendere le ragioni di uno statuto del bene-energia costituito da oneri e da obblighi che ne connotano il rapporto di produzione, distribuzione, consumo³¹ e stoccaggio. La circolazione del bene energia è, pertanto, conformata³² perché risponde a una finalità complessa «che prende direttiva soprattutto dalle disposizioni degli artt. 2 e 3 Cost., ed in ogni caso trascende gli aspetti puramente economici del benessere individuale e collettivo»³³. La trasposizione dei pacchetti dedicati dall'Unione europea alla

²⁷ L'emersione delle situazioni esistenziali quale oggetto di protezione connota l'attuale cultura giuridica non soltanto europea. Il dibattito acceso sulla categorizzazione dei diritti dell'uomo testimonia il cambio di paradigma avvenuto dopo la Seconda guerra mondiale con una crescente attenzione alla realizzazione di società rispettose dell'uomo e improntate a valori di equità e solidarietà. In argomento v. M. CARTABIA (a cura di), *I diritti in azione. Universalità e pluralismo dei diritti fondamentali delle Corti europee*, Bologna, 2007, p. 45 ss.; A. CASSESE, *I diritti umani oggi*, Bari, 2009, p. 34 ss.; V. ZAGREBELSKY, R. CHENAL, L. TOMASI, *Manuale dei diritti fondamentali in Europa*, Bologna, 2022³, *passim* e A. DI STASI, *Introduzione alla Corte europea dei diritti dell'uomo*, Padova, 2025, p. 1 ss.

²⁸ L'approccio ermeneutico attento alla filiera in cui il contratto è inserito è fondamentale per realizzare una *due diligence* della sostenibilità. In argomento v. L. RUGGERI, *La due diligence della sostenibilità: l'impatto sul diritto contrattuale*, in L. RUGGERI, S. ZUCCARINO (a cura di), *Persona e mercati nel prisma della sostenibilità*, Napoli, 2024, p. 25 ss.

²⁹ Al riguardo v., le riflessioni di A.E. CATERINI, *Il rapporto*, cit., p. 63. Più in generale sulla rilettura del concetto di bene v. P. PERLINGIERI, *Il diritto civile*, III, cit., p. 323 ss.

³⁰ In argomento v. A. VESTO, *Sostenibilità ambientale e proprietà energetica*, Napoli, 2022, p. 69 ss. e P. LAGHI, *Impianti fotovoltaici e distanze legali: osservazioni sulla "funzione sociale" della proprietà nell'era delle energie rinnovabili*, in *Rass. dir. civ.*, 2017, p. 875 ss.

³¹ Interessante è analizzare come l'andamento del costo dell'energia produca effetti anche sul mercato immobiliare. In argomento v. P. SAGNER, *Energy Price Shock and Housing Market Dynamics: Evidence from Germany*, 2024, consultabile su SSRN al seguente indirizzo: <https://ssrn.com/abstract=5033817>.

³² Sulla conformazione del rapporto proprietario v. P. PERLINGIERI, *Introduzione alla problematica della "proprietà"* (1971), Napoli, rist. 2011, p. 85 ss.

³³ Secondo A. LENER, *Problemi generali della proprietà*, in AA.Vv., *Proprietà privata e funzione sociale*, Padova, 1976, p. 8, i beni «devono servire al progresso materiale e spirituale della collettività [...] cioè a una finalità complessa che prende direttiva soprattutto dalle disposizioni degli artt. 2 e 3 Cost., ed in ogni caso trascende gli aspetti puramente economici del benessere individuale e collettivo». Nella riflessione successiva cfr. A. IANNELLI, *La proprietà costituzionale*, Camerino-Napoli, 1980, p. 258 ss.; E. CATERINI, *Il principio di legalità nei rapporti reali*, Camerino-Napoli, 1998, p. 43 ss., il quale distingue tra una proprietà «riconosciuta» in quanto finalizzata al perseguimento di interessi patrimoniali e una proprietà «garantita» perché dotata di scopi esistenziali.

riforma del mercato dell'energia elettrica può avvenire soltanto rispettando la funzione sociale che la nostra Costituzione collega a ogni forma di rapporto economico: una funzione sociale attenta non solo alla salvaguardia di equi rapporti economici, ma in grado di garantire il rispetto e la promozione della vita dignitosa delle persone³⁴. Si pensi alle disposizioni che impongono l'installazione in ogni casa di nuova costruzione di punti di ricarica per le auto elettriche: obiettivi funzionali alla decarbonizzazione incidono sul rapporto di appalto conformandolo affinché la circolazione espressioni di una libertà costituzionale possa essere garantita anche attraverso la fruibilità capillare di punti di ricarica³⁵.

3. La conformazione della circolazione dell'energia in funzione della promozione³⁶ del valore della persona e dell'ambiente³⁷ è, però, oltremodo difficile in un mercato improntato a meccanismi di fissazione del prezzo puramente economici³⁸ basati su logiche esclusivamente competitive³⁹ e implementato facendo abbondante ricorso a tecnologie algoritmiche. Si pensi al meccanismo del c.d. *merit order*: gli impianti di produzione dell'energia elettrica sono classificati dal basso verso l'alto in base al costo di produzione dell'energia così da prelevare l'energia dando sempre automaticamente priorità all'impianto il cui costo di produzione risulta in quella determinata unità temporale marginalmente più basso. Il sistema di fissazione del prezzo dell'energia basato su questo meccanismo si basa sul fatto che siano comparabili le fonti di produzione energetica. L'introduzione delle fonti da energia rinnovabile quali sole e vento sono, invece, non comparabili con fonti tradizionali di produzione energetica per l'assenza di una costante, stabile e prevedibile produzione. L'effetto del meccanismo del *merit order* in un mercato in cui operano le rinnovabili è, pertanto, distorsivo

³⁴ P. PERLINGIERI, *Introduzione*, cit., spec. pp. 23, 123 s.

³⁵ I punti di ricarica costituiscono una infrastruttura strategica per la transizione energetica su cui l'Unione europea è intervenuta con una specifica regolamentazione: il Reg. 2023/1804/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 13 settembre 2023 sulla realizzazione di un'infrastruttura per i combustibili alternativi, ora modificato dal Reg. delegato 2025/671/UE della Commissione del 2 aprile 2025.

³⁶ Si può senz'altro affermare che gran parte del quadro regolatorio europeo dedicato alla transizione energetica può essere considerato connotato da una funzione promozionale dei valori della persona e della salvaguardia del pianeta. Il ruolo promozionale del diritto è stato oggetto di riflessione da parte di numerosi studiosi. Per tutti cfr. N. BOBBIO, *Sulla funzione promozionale del diritto*, in *Riv. trim.*, 1969, p. 1313 ss.

³⁷ In argomento v. L. RUGGERI, *Diritto della transizione e sostenibilità: tra tutela del mercato e protezione della persona*, in L. RUGGERI, A.E. CATERINI (a cura di), *Produzione e consumo sostenibili tra politiche legislative e prassi adattive*, Napoli, 2023, p. 32 ss.

³⁸ Per un'attenta analisi dei meccanismi di formazione del prezzo v. C. GAUTHIER, J. LOWITZSCH, *Outlook: Energy Transition and Regulatory Framework 2.0: Insights from the European Union*, in Id. (a cura di), *Energy Transition. Financing Consumer Co-ownership in Renewables*, Switzerland, 2019, p. 745 ss.

³⁹ Sul problematico periodo attraversato dalla transizione energetica v. G. DI TRAPANI, *Rinnovabili in espansione, economia in contrazione?*, in *Energia*, 3, 2025, p. 28.

del meccanismo di formazione del prezzo di equilibrio con una nociva tendenza alla volatilità del prezzo che incide negativamente su investimenti⁴⁰ e su stabile accessibilità al prezzo dell'energia⁴¹. Nei momenti di scarsa produzione da rinnovabili l'acquisto di energia prodotta da fonti fossili potrebbe essere maggiormente remunerativo favorendo la marginalizzazione se non l'uscita dal mercato di forme di produzione ancora poco competitive in termini di costi⁴², allorquando venisse a mancare un adeguato sostegno pubblico. Se quindi si focalizzasse l'attenzione sul solo valore economico dell'energia e sulla necessità di rendere tale bene accessibile e fruibile a tutti la scelta potrebbe non essere premiante per le fonti rinnovabili.

In questo senso neppure il ricorso alla categoria dei beni comuni⁴³ potrebbe essere utile⁴⁴: la catalogazione come bene comune dell'energia elettrica non aggiungerebbe nulla al problema evidenziato poiché la fruibilità a tutti del bene accentuerebbe in modo paradossale⁴⁵ scelte contrarie ai principi internazionali espressi nell'Agenda ONU e negli Accordi di Parigi. Non è, infatti, la tassonomia dei beni che può aiutare l'interprete a trovare soluzioni, ma la valutazione della funzione del bene e la piena considerazione di ogni interesse in gioco sia esso patrimoniale o non patrimoniale. Un bene comune oppure un bene pubblico sono connotati dalla necessaria massima fruibilità da parte della collet-

⁴⁰ La capacità di prevedere rientri economici significativi per chi investe è al centro di studi dedicati al miglioramento della capacità di predizione dei prezzi frutto di sistemi accurati di raccolta e analisi dei dati. In argomento v. P. GABRIELLI, S. BLUME, G. SANSAVINI, *Data-Driven Modeling for Long-Term Electricity Price Forecasting*, in *Energy*, 2022, p. 123107.

⁴¹ Il tema è oggetto di un grande dibattito. Per una descrizione del meccanismo del *merit order* v. S. CLÒ, A. CATALDI, P. ZOPPOLI, *The Merit-order Effect in the Italian Power Market: The Impact of Solar and Wind Generation on National Wholesale Electricity Prices*, in *Energy Policy*, 2015, p. 79 ss.

⁴² La competitività del mercato energetico è direttamente collegata all'adozione di nuove tecnologie. In argomento v. Relazione della Commissione al Parlamento europeo e al Consiglio "Progressi compiuti nella competitività delle tecnologie per l'energia pulita", Bruxelles, 26.2.2025 COM(2025) 74 final, p. 7 ss.

⁴³ Sulla categoria dei beni comuni la letteratura è vasta. In argomento, in vario senso, cfr. P. MADDALENA, *L'ambiente e le sue componenti come beni comuni in proprietà collettiva della presente e delle future generazioni*, in *federalismi.it*, 2011, p. 1 ss.; U. MATTEI, E. REVIGLIO, S. RODOTÀ (a cura di), *Invertire la rotta. Idee per una riforma della proprietà pubblica*, Bologna, 2007; U. MATTEI, *Beni comuni. Un manifesto*, Roma-Bari, 2011, *passim*.

⁴⁴ Sulla possibile superfluità della categoria v. le considerazioni di G. PERLINGIERI, *Ambiente, clima e criticità della presunta categoria dei beni c.dd. "comuni"*, in *Revista Brasileira de Direito Civil*, 2025, p. 137 ss.

⁴⁵ Il paradosso dello sviluppo è dato dalla sua stretta e diretta connessione con il consumo di elettricità che rallenta la lotta al cambiamento climatico. Il tema è indagato da differenti prospettive da quanti si dedicano al principio di sostenibilità evidenziando che una sostenibilità in chiave economica deve essere sempre coniugata con la necessaria tutela della persona. V., al riguardo, E. CATERINI, *Sostenibilità e ordinamento civile. Per una riproposizione della questione sociale*, Napoli, 2018, p. 33 ss.; G. PERLINGIERI, *"Sostenibilità", ordinamento giuridico e "retorica" dei diritti. A margine di un recente libro*, in *Foro nap.*, 2020, p. 101 ss.

tività, fruibilità che nel caso dell'energia è fortemente condizionata dal costo di acquisto. Soltanto introducendo una visione intra-generazionale⁴⁶ e soltanto adottando una lettura diacronica degli istituti si potrà concepire un regime che sostenga la produzione di energia da impianti che risultano non competitivi, ma che sono funzionali al perseguimento di obiettivi di decarbonizzazione indispensabili per il mantenimento di condizioni di vita dignitosa sul pianeta⁴⁷. Ma questo introduce un altro significato di sostenibilità⁴⁸ di tipo politico ed economico: la transizione energetica è lunga, non remunerativa nel breve periodo, richiede investimenti e scelte politiche⁴⁹. Lo stesso inserimento dell'energia nel concetto di servizio universale determina un non necessario abbassamento del prezzo dato che la liberalizzazione del mercato energetico, una volta pienamente attuata, includerà nel servizio universale una serie di clienti problematici e in difficoltà con la conseguenza che il prezzo dell'energia non necessariamente sarà più basso di quello praticabile nel c.d. mercato a maggior tutela⁵⁰.

L'ermeneutica diacronico-evolutiva giustifica scelte che nel breve periodo contrastano il principio del *merit order*⁵¹ e soluzioni legislative che, in una logica distributiva, trasferiscono ricchezza su situazioni svantaggiate. In questa direzione va la recente riforma europea del mercato elettrico adottata nel 2024 la quale favorisce il ricorso a contratti bidirezionali⁵² che attingendo a fondi finanziati con extra-profitti possano mantenere stabile per il cliente finale il prezzo dell'energia elettrica che, altrimenti, è sempre dato da dinamiche competitive del tut-

⁴⁶ In tal senso v. N. LIPARI, *Premesse per un diritto civile dell'ambiente*, in *Riv. dir. civ.*, 2024, p. 218.

⁴⁷ Sul tema v. le riflessioni di L. RUGGERI, *Transizione ecologica e diritti transgenerazionali*, in *La Cittadinanza europea-Online*, 2, 2024, p. 41 ss.

⁴⁸ Per una disamina del principio di sostenibilità nel contesto valoriale della Carta costituzionale v. A. D'ALOIA, *Principio di sostenibilità e valori costituzionali*, in C. ALVISI, L. DI NELLA (a cura di), *Intelligenza artificiale sostenibile e diritto civile*, Napoli, 2025, p. 19 ss.

⁴⁹ Mette in guardia dai possibili effetti limitativi della tutela della persona determinati da letture in chiave puramente economicistiche della sostenibilità, P. PERLINGIERI, *Il diritto civile*, III, cit., p. 83.

⁵⁰ In argomento si rimanda a G. BORTONI, in AA.VV., *Il difficile mercato. Tutela dell'affidamento, regolazione del retail e repressione degli abusi nella disciplina dei settori energetici*, Atti degli Ateliers di AIDEN, in E. BRUTI LIBERATI, M. DE FOCATIIS, A. TRAVI (a cura di), *Evoluzioni del diritto dell'energia: dal dibattito sul nuovo nucleare in Italia al rapporto Draghi*, Atti degli Ateliers di AIDEN, Padova, 2016, p. 110 ss.

⁵¹ Sull'impatto del *merit order* nel mercato energetico v., con specifico richiamo all'energia eolica, B.A. AJANAKU, *Comparing Merit Order Effects of Wind Penetration Across Wholesale Electricity Markets*, in *Renewable Energy*, 2024, consultabile in SSRN al seguente indirizzo: <https://ssrn.com/abstract=4171634> o <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4171634> e, con riguardo al mercato giapponese, K. KIMURA, T. WAKAYAMA, *Estimating the Net Consumer Burden on Renewable Energy Deployment in Japan Including the Merit Order Effect*, 2022, consultabile in SSRN al seguente indirizzo <https://ssrn.com/abstract=4299984>.

⁵² Per un esame di questa tipologia contrattuale v. G. ROSANOVA, *I contratti bidirezionali per differenza*, in L. RUGGERI, A.E. CATERINI (a cura di), *Produzione e consumo sostenibili tra politiche legislative e prassi adaptive*, Napoli, 2023, p. 131 ss.

to sganciate dall'obiettivo di mantenere accessibile l'energia elettrica nel medio-termine rendendola, al contempo, sempre più sostenibile. Per poter adattare il mercato all'impatto delle rinnovabili è stato ridotto notevolmente il *market time unit*, vale a dire l'intervallo minimo di mercato che da un'ora è passato a un quarto d'ora con una migliore flessibilità della fissazione del prezzo⁵³.

Pur non eliminandosi il tradizionale meccanismo di fissazione del prezzo dell'energia elettrica, il pacchetto energetico del 2024 individua nuove forme contrattuali per la circolazione dell'energia elaborando un nuovo diritto fondamentale costituito dal diritto alla condivisione di energia tra pari (art. 15-bis della Dir. IEM)⁵⁴. Si abilita, infatti, ogni produttore di energia non più solo all'auto-consumo⁵⁵, ma anche alla possibilità di scambiare energia con altri consumatori (siano esse persone fisiche o piccole e medie imprese) poste nella medesima zona di offerta dell'energia. La decentralizzazione del mercato unitamente alla sua democratizzazione costituisce, pertanto, un esempio di adattamento della regolamentazione europea al sistema valoriale internazionale che impone il rispetto di obblighi climatici di decarbonizzazione.

A bene vedere, pertanto, il regime di sostegno alla transizione energetica contenuto nel PNRR⁵⁶ (si pensi alla contribuzione a fondo perduto a favore di piccoli e medi comuni per la realizzazione di comunità energetiche⁵⁷) trova la sua giustificazione nel perseguimento di obiettivi che non sono di carattere puramente patrimoniale, giacché essi si basano sul principio di «non arrecare danno»⁵⁸ alle condizioni di vita di una determinata comunità e cercano di mantenere stabile nel tempo la vivibilità del pianeta.

⁵³ In argomento, v. A. POTOTSCHNIG, *Il diritto dell'energia tra stabilità contrattuale e segnali di mercato: prospettive alla luce del rapporto Draghi*, in E. BRUTI LIBERATI, M. DE FOCATIIS, A. TRAVI (a cura di), *Evoluzioni del diritto dell'energia: dal dibattito sul nuovo nucleare in Italia al rapporto Draghi*, Atti degli Ateliers di AIDEN, Padova, 2025, p. 151 s.

⁵⁴ In base al cons. 23 della Dir. 2024/1747/UE la condivisione avviene con accordi contrattuali privati tra clienti attivi o è organizzata tramite un soggetto giuridico costituito *ad hoc*.

⁵⁵ In argomento v. L. RUGGERI, *Consumatore e prosumerismo nel quadro regolatorio europeo*, in *Actual. jur. iberoam.*, 2022, 16 bis, p. 3298 e M. MELI, *Autoconsumo di energia rinnovabile e nuove forme di Energy Sharing*, in *Nuove leggi civ. comm.*, 2020, p. 630 ss.

⁵⁶ Per un esame della legislazione europea frutto del *Recovery EU* e dell'attuazione italiana avvenuta con il PNRR v. R. MICELI, *La disciplina degli aiuti di Stato nel quadro delle politiche europee di crescita e di transizione*, in R. ESPOSITO, L. PENNESI (a cura di), *Il sistema multilivello nell'attuazione del PNRR e del Green Deal*, Napoli, 2025, p. 39 ss.

⁵⁷ Il decreto del MASE del 16 maggio 2025 ha modificato il precedente decreto del 7 dicembre 2023 n. 414 ampliando l'accesso ai contributi PNRR per le comunità energetiche rinnovabili anche ai comuni fino a 50.000 abitanti.

⁵⁸ In argomento v. R. ESPOSITO, L. PENNESI (a cura di), *Il sistema multilivello nell'attuazione del PNRR e del Green Deal*, o.c., *passim*.

4. Quando si tenta di catalogare il bene energia non sembra utile neppure il ricorso alla bipartizione codicistica bene pubblico-bene privato giacché, come evidenziato già nel 2011 dalle Sezioni Unite⁵⁹, un bene finisce con essere pubblico non già perché così è classificato da una disposizione di legge, ma in ragione dei benefici che il suo uso arreca alla collettività. In questa prospettiva la dimensione pubblicistica dell'energia si risolve in una funzionalità del bene alla soddisfazione di interessi di cui è portatore ogni componente della collettività in un modo davvero universale perché l'accesso all'energia diventa funzionale alla realizzazione di interessi non solo patrimoniali, ma anche esistenziali.

In questa prospettiva vanno alcune disposizioni introdotte dall'Unione europea⁶⁰ con il pacchetto normativo del 2024⁶¹. Il collegamento dell'energia alla realizzazione di interessi a carattere non patrimoniale giustifica alcune importanti previsioni normative quali ad esempio quella contenuta nell'art. 28 *bis*⁶² della Dir. 2024/1711/UE che introduce un vero e proprio diritto alla protezione dall'interruzione dell'erogazione dell'energia per i clienti vulnerabili e per i clienti in condizioni di povertà energetica.

Anche il concetto di morosità finisce per risentire della funzione non prettamente patrimoniale del bene energia: lo dimostra l'adozione di una serie di misure di gestione della morosità funzionali ad evitare l'interruzione dell'energia. Si prevedono, infatti, codici di condotta che su base volontaria possano prevedere il sostegno ai clienti nella gestione del loro consumo energetico e dei relativi costi, l'offerta di adeguati piani di pagamento flessibili, misure di consulenza sull'indebitamento, letture autonome dei contatori e una migliore comunicazione con i clienti e le agenzie di sostegno. Come si può constatare molte misure di gestione della morosità adottate in via emergenziale durante la crisi pandemica hanno finito con lo stabilizzarsi e diventare strumento ordinario di gestione del rapporto contrattuale di fornitura dell'energia. Il rapporto tra fornitore e cliente si colora sempre più di doverosità ispirate alla cooperazione e alla buona fede contrattuale che si sostanziano, ad esempio, in oneri di segnalazione di picchi di

⁵⁹ Si tratta di Sez. un., 16 febbraio 2011, n. 3811. Per un commento v. R.A. ALBANESE, *Dai beni comuni all'uso pubblico e ritorno. Itinerari di giurisprudenza e strumenti di tutela*, in *Questione giustizia*, Fasc. spec., *Le nuove disuguaglianze. Beni comuni*, 2017, p. 104 ss.

⁶⁰ Reg. 2024/1747/UE (c.d. *Electricity Market Design Regulation*), che modifica il Reg. 2019/942/UE relativo all'ACER e il Reg. 2019/943/UE vertente principalmente sul mercato all'ingrosso dell'energia elettrica.

⁶¹ Reg. 2024/1106/UE, che modifica e integra il Reg. REMIT.

⁶² La nuova Dir. 2024/1711/UE che modifica la Dir. 2019/944/UE contenente norme sul mercato al dettaglio dell'energia elettrica, nonché la direttiva sulla promozione dell'impiego di energia da fonti rinnovabili, Dir. 2018/2001/UE, c.d. Dir. RED II, a sua volta riformata dalla Dir. 2023/2413/UE, c.d. Dir. RED III.

energia o di consumo energetico che siano insolitamente elevati nella stagione invernale e in quella estiva. Anche il contratto di fornitura energetica risente della solidarietà costituzionale quale principio che impone una leale collaborazione tra debitore e creditore⁶³ per un adempimento dell'obbligazione sempre più improntato alla realizzazione di interessi non più solo patrimoniali del creditore della fornitura energetica.

Lo statuto dell'energia è, quindi, connotato dalla necessità di rendere questo bene accessibile a tutti in funzione della realizzazione di condizioni di vita dignitose e rispettose di una molteplicità di diritti fondamentali quali quello alla salute, all'istruzione, al lavoro.

Utile sembra al riguardo il richiamo della Carta sociale del Consiglio di Europa⁶⁴ che delinea il diritto all'energia come un diritto sociale⁶⁵, vale a dire un diritto a prestazioni pubbliche («solidarietà») finalizzate ad evitare che una qualche circostanza materiale o esistenziale (salute, indigenza, disoccupazione, ecc.)⁶⁶ impedisca il pieno sviluppo della persona umana e la sua partecipazione alla vita sociale su un piede di libertà ed uguaglianza («uguaglianza sostanziale»)⁶⁷.

Di qui la configurazione di uno statuto dell'energia che trova nel carattere universale del servizio⁶⁸ la sua acme disciplinare. Se si analizza il quadro regolatorio del mercato dell'energia elettrica, anche solo limitandoci all'Unione europea, si individua sempre un corpo normativo volto a proteggere l'accessibilità

⁶³ Sulla rilettura del rapporto obbligatorio alla luce dei principi costituzionali v. G. RECINTO, *Buona fede ed interessi dedotti nel rapporto obbligatorio tra legalità costituzionale e comunitaria*, in *Rass. dir. civ.*, 2002, p. 271 ss.

⁶⁴ In Italia lo scambio dei documenti di ratifica ha avuto luogo il 6 luglio 1999. In argomento v. G. ZARRA, *La Carta Sociale Europea tra unitarietà dei diritti fondamentali, Drittwirkung e applicazione da parte dei giudici interni*, in *Annali SISDiC*, 2020, p. 19 ss.

⁶⁵ Collega l'energia come diritto sociale all'accessibilità al bene proponendo una rilettura dell'art. 43 Cost., M. GRECO, *Prime note sulla dimensione costituzionale della povertà energetica. L'ipotesi di un diritto sociale all'energia*, in *Diritti fondamentali*, 2023, p. 437 ss.

⁶⁶ In argomento v. M. RUOTOLO, *La lotta alla povertà come dovere dei pubblici poteri. Alla ricerca dei fondamenti costituzionali del diritto a un'esistenza dignitosa*, in *Rivista di Diritto Pubblico*, 2011, p. 391 ss.

⁶⁷ Così G. PINO, *Diritti sociali. Analisi teorica di alcuni luoghi comuni, Testo dell'intervento presentato al seminario Diritti sociali, veri diritti? Un confronto tra teoria del diritto e scienza politica*, Università Milano-Statale, Dipartimento di Scienze Sociali e Politiche, 15 aprile 2014, reperibile all'indirizzo unipa.it/gpino/Pino,%20Diritti%20sociali.pdf, p. 2. Sui diritti sociali, v., per tutti, G. CICALA, *Diritti sociali e crisi del diritto soggettivo nel sistema costituzionale italiano*, Napoli, 1965, *passim*; A. BALDASSARRE, (voce) *Diritti sociali*, in *Enc. Giur.*, 1989; M. BENVENUTI, (voce) *Diritti sociali*, in *Digesto delle discipline pubblicistiche*, Agg., Torino, 2012, p. 221 ss.

⁶⁸ Per una disamina del concetto di servizio a carattere universale v. R. URSI, *Diritto amministrativo generale*, 2024, p. 531 ss.

all'energia da parte di persone fragili oppure localizzate in aree con maggiori difficoltà di approvvigionamento⁶⁹.

Si assiste a un riconoscimento della funzione sociale del rapporto proprietario energetico tale da rendere il proprietario delle fonti energetiche o il distributore dell'energia obbligato a compiere attività che rendano accessibile l'energia a tutti. La liberalizzazione del mercato energetico anche in Italia ha, pertanto, condotto all'individuazione di un regime tutelato, senz'altro perfezionabile, operante a favore di persone che per condizioni di età o per caratteristiche economiche o personali (clienti vulnerabili) necessitano della continuità dell'approvvigionamento⁷⁰ e della protezione da strumenti contrattuali «aggressivi». L'universalità del servizio è tale da rendere comunque operante l'erogazione del flusso energetico anche per quelle persone che non abbiano comunque voluto o potuto scegliere un operatore commerciale. Si comprende, pertanto, che è la funzione del bene a permettere l'individuazione dello statuto normativo in perfetta assonanza con il pensiero di Pugliatti⁷¹ che parlava di beni non soltanto con riguardo a cose che potevano costituire oggetto di diritti ma in senso più ampio a tutto ciò che sia meritevole di protezione giuridica. La possibilità di stoccare energia rende sicuramente necessario un approccio diversificato alla individuazione degli statuti dell'energia: l'energia immessa in rete e subito consumata, l'energia scambiata, l'energia stoccata, l'energia caricata per muoversi con veicoli sono oggetto di contratti che necessariamente presentano una diversa disciplina del bene energia. Ma indubbiamente in tutti l'individuazione della protezione giuridica è frutto di una valutazione della funzione del bene energia da intendersi talora come prestazione di fornitura all'interno di rapporti giuridici in cui l'energia proprio per la sua funzione sociale è riconosciuta come oggetto di un servizio universale e ogni forma di appropriazione e di utilizzo individuale finisce con il risentire della dimensione di bene funzionale al benessere della collettività.

⁶⁹ Alla normativa specificamente dedicata a rendere accessibile l'energia nel mercato interno, si aggiunge un ulteriore intervento sull'erogazione di beni e servizi che mira a conformare i contratti per migliorare l'accessibilità. Si tratta del Reg. 2018/302/UE del 28 febbraio 2018, recante misure volte a impedire i blocchi geografici ingiustificati e altre forme di discriminazione basate sulla nazionalità, sul luogo di residenza o sul luogo di stabilimento dei clienti nell'ambito del mercato interno. Sull'impatto del diritto dell'Unione europea in materia di servizi v. G. DE CRISTOFARO, *Diritto italiano ed europeo dei consumatori*. Studi, Padova, 2024, p. 7 s.

⁷⁰ In argomento v. L. RUGGERI, *Morosità e tutela dei clienti tra nuova regolamentazione del mercato energetico e gestione dell'emergenza pandemica*, in V. RIZZO, L. MEZZASOMA, E.L. POMBO, G. BERTI DE MARINIS (a cura di), *Il consumatore e la normativa emergenziale ai tempi del Covid-19*, Napoli, 2021, p. 627 ss.

⁷¹ S. PUGLIATTI, *Cosa. Teoria generale*, in *Enc. dir.*, XII, Milano, 1962, p. 25.

5. Come ben evidenziato dagli studi economici⁷², l'energia come altri beni (si pensi all'informazione) supera le logiche del diritto di proprietà frutto dell'economia classica ed è concepibile in termini di livelli di accessibilità. È l'accesso e non la proprietà a rendere valutabile economicamente l'energia con un conseguente importante passaggio: quand'anche volessimo catalogare l'energia come bene «universale» oppure se lo si preferisce come bene comune la realizzazione degli interessi di cui è portatrice la collettività indubbiamente passano attraverso la possibilità di utilizzarla.

Sono coloro che possiedono le tecnologie a rendere accessibile l'energia elettrica con la conseguenza che solo superando la prospettiva di una netta separazione tra pubblico e privato⁷³ si potrà individuare fino a che punto il privato che è proprietario della tecnologia possa impedire l'accesso a un bene che per la sua dimensione funzionale allo svolgimento di diritti fondamentali non può essere negato.

L'energia è, pertanto, un bene funzionale alla realizzazione di interessi della collettività costituiti dalla realizzazione di diritti fondamentali e funzionale alla realizzazione di condizioni di vita dignitosa in ogni società e per questa ragione essa trascende la dicotomia pubblico-privato e risente in modo rilevante dell'operare di principi quali quello di solidarietà e di sussidiarietà⁷⁴.

La catalogazione del bene energia in chiave di bene a carattere universale resterebbe meramente descrittiva se non vi fosse una funzionalizzazione dei rapporti proprietari e obbligatori coinvolti nella sua produzione, scambio, distribuzione e consumo⁷⁵. La funzione sociale del bene energia rende necessario incidere sul contenuto dei rapporti anche contrattuali conformati alla solidarietà. Si pensi, ad esempio, alla regolamentazione delle comunità energetiche: l'attività economica di produzione e consumo richiede di essere svolta senza ricorrere a logiche meramente speculative o di profitto. Lo statuto delle comunità energetiche, quale che sia il modello giuridico adottato (cooperativa, impresa sociale,

⁷² J. RIFKIN, *La terza rivoluzione industriale. Come il "potere laterale" sta trasformando l'energia, l'economia e il mondo*, Milano, 2018.

⁷³ In argomento v. P. PERLINGIERI, *L'incidenza dell'interesse pubblico sulla negoziazione privata*, in ID., *Il diritto dei contratti fra persona e mercato. Problemi del diritto civile*, Napoli, 2003, p. 58 s.; J.-P. SCHNEIDER, *The Public-Private Law Divide in Germany*, in M. RUFFERT (a cura di), *The public-private law divide: Potential for transformation?*, London, 2009, p. 88. Per una analisi della dicotomia v. G.A. BENACCHIO, M. GRAZIADEI (a cura di), *Il declino della distinzione tra diritto pubblico e diritto privato*, Trento, 2016, *passim* e K. ZABRODINA, *Sussidiarietà e accordi di collaborazione tra solidarietà e concorrenzialità*, Napoli, 2025, p. 23 ss.

⁷⁴ Sul tema v. K. ZABRODINA, *o.u.c.*, p. 49 ss.

⁷⁵ Per un'analisi del ruolo dei consumatori quali attori del mercato energetico v. E. OSTROM, *Crossing the Great Divide: Coproduction, Synergy, and Development*, in *World Development*, 1996, p. 1073 ss.

ETS), non può contenere clausole di gradimento che discriminino l'accesso a famiglie in povertà oppure a persone vulnerabili che per le loro condizioni di salute necessitano di una erogazione continua di energia per poter continuare a vivere. Il modello di business della comunità energetica⁷⁶ è, pertanto, conformato a esigenze di protezione di persone fragili⁷⁷ in una logica di doverosità riconducibile all'art. 2 e all'art. 42 della Costituzione. In una prospettiva diversa, ma comunque sempre collegata a concetti di doverosità, anche nell'Unione europea è ormai considerato principio di ordine pubblico⁷⁸ un principio di solidarietà energetica che impone a ogni Stato il reciproco soccorso e lo scambio di energia qualora un determinato Stato membro si trovi nella necessità di approvvigionamento⁷⁹. Come già è avvenuto per la Carta dei diritti fondamentali, l'accettazione del principio di solidarietà energetica costituisce un requisito necessario per quegli Stati candidati ad entrare in futuro nell'Unione europea a testimonianza della rilevanza universale del bene energia. In questa prospettiva si comprende l'introduzione nel mercato interno dell'Unione europea del concetto di energia come Servizio Universale⁸⁰. Ogni bene che per le sue caratteristiche assume connotazioni di bene di interesse generale perché attribuibile allo Stato come collettività nel mercato dell'Unione europea diventa servizio regolato in modo tale da renderne possibile la fruizione e l'accesso anche quando ciò potrebbe risultare gravoso per gli operatori economici.

⁷⁶ Sul ruolo delle comunità energetiche nella transizione la letteratura è molto vasta. Fra gli altri v. T. FAVARO, *Pubblico, privato e collettivo: la transizione ecologica tra società e comunità*, in M. PASSALACQUA (a cura di), *Diritti e mercati nella transizione ecologica e digitale*, Padova, 2021, p. 324; A. COCCO, *The Role of Energy Communities in the Energy Transition*, in *The Italian Law Journal*, 2022, p. 523 ss.; M. GIOBBI, *Comunità energetiche e funzionalizzazione "sostenibile" del mercato dell'energia*, Napoli, 2024, *passim*; L. RUGGERI, *Comunità energetiche e modelli giuridici: l'importanza di una lettura euro-unitaria*, in *Actual. jur. iberoam.*, 20, 2024, p. 1222 ss.

⁷⁷ In argomento v. A. CAMEDDA, *Il mercato elettrico tra vulnerabilità e sostenibilità (Vulnerability and Sustainability in the Electricity Market)*, in *Riv. trim. dir. econ.*, 4, 2022, p. 545; L. RUGGERI, *Diritto alla transizione e sostenibilità: tra tutela del mercato e protezione della persona*, in L. RUGGERI, A.E. CATERINI (a cura di), *Produzione*, cit., p. 32.

⁷⁸ Sul ruolo dell'ordine pubblico e sul suo contenuto sovra-nazionale nell'individuazione di soluzioni ermeneutiche nei rapporti tra privati v. G. PERLINGIERI, G. ZARRA, *Ordine pubblico interno e internazionale tra caso concreto e sistema ordinamentale*, Napoli, 2019.

⁷⁹ Al riguardo importante è la pronuncia resa dalla Corte di giustizia il 15 luglio 2021, C-848/19 P, Germania c. Polonia, Commissione, Lettonia e Lituania. Per un commento v. L. MARIN, *La crisi energetica e la sua eredità per l'unione europea: il finanziamento delle grandi transizioni come sfida esistenziale dell'unione*, in L. DANIELE, P. SIMONE, C. VENTURINI, R. DI MARCO (a cura di), *L'Unione europea e le crisi del mondo contemporaneo. Tra "valorizzazione" delle competenze e prospettive di riforma*, Padova, 2025, p. 102 ss.

⁸⁰ In argomento v. A.E. CATERINI, *Il rapporto*, cit., p. 13 ss.

I contratti del mercato elettrico: *power purchase agreements* e contratti per differenza

Andrea Nervi

SOMMARIO: 1. Inquadramento. – 2. I PPA (*Power Purchase Agreement*). – 3. I contratti per differenza. – 4. Spunti di natura sistematica.

1. Nella prospettiva del giurista italiano, analizzare i contratti del mercato elettrico significa collocare l'istituto contrattuale in una prospettiva innovativa rispetto all'impostazione tradizionale. A tal fine è opportuno chiarire preliminarmente alcuni snodi concettuali.

Un primo aspetto muove dalla constatazione che, nell'esperienza giuridica italiana, il mercato elettrico ha assunto un assetto concorrenziale da circa un quarto di secolo¹; ciò è avvenuto sulla spinta del diritto europeo², che ha imposto agli Stati nazionali di segmentare il mercato in diversi settori, nell'intento di favorire il confronto competitivo tra gli operatori³.

Precedentemente, ossia fino alla fine dello scorso secolo, esso era caratterizzato dal monopolio legale dell'Enel (Ente nazionale per l'energia elettrica) che includeva tutte le attività che vanno dalla produzione alla trasmissione, al dispacciamento, alla distribuzione fino alla vendita⁴. A sua volta, questa situazione di monopolio

¹ L'evoluzione normativa è ripercorsa da F. VETRÒ, *Il mercato dell'energia*, in P. CORRIAS, R. LENER (a cura di), *Manuale di diritto dell'economia. I mercati finanziari e dell'energia*, Torino, 2024, p. 395 e ss.

² Il riferimento normativo è rappresentato dalla Dir. 96/92/CE, recepita con il d.lgs. 16 marzo 1999, n. 79.

³ M. DE FOCATIIS, *Contratti con i clienti finali e regolazione non economica*, in M. DE FOCATIIS, A. MAESTRONI (a cura di), *Contratti dell'energia e regolazione*, Torino, 2015, p. 105.

⁴ È assai interessante mettere a confronto il dato normativo. L'art. 1 della l. n. 1643/1962, istitutiva dell'Enel, recitava come segue: «È istituito l'Ente nazionale per l'energia elettrica (Enel), al quale è riservato il compito di esercitare nel territorio nazionale le attività di produzione, importazione ed esportazione,

legale, durata poco meno di quarant'anni, rappresentava il punto di arrivo di un percorso significativo nella recente storia italiana. Limitando il discorso all'ambito strettamente giuridico, la nascita dell'Enel costituisce uno dei rari casi di concretizzazione dell'art. 43 della Costituzione, nonché della carica valoriale *ivi* delineata⁵.

Da ciò scaturisce un'osservazione psicologica che incide sul metodo di lavoro. I giuristi formati nel secolo scorso hanno maturato una certa dimestichezza con l'assetto monopolistico del mercato, ma incontrano talora alcune difficoltà a coglierne l'assetto concorrenziale e le implicazioni conseguenti. È infatti evidente che un mercato liberalizzato e caratterizzato dalla presenza di una molteplicità di operatori presuppone un notevole ampliamento del ruolo del contratto, che ora diventa lo strumento principale per gestire le interazioni tra tali operatori, non solo sul piano strettamente economico, ma anche su quello più squisitamente tecnico. Volendo impiegare il linguaggio della c.d. *law and economics*, mentre, nell'assetto preesistente, il monopolista internalizzava le diverse transazioni di mercato, ora queste devono snodarsi lungo l'itinerario segnato dalle regole contrattuali. Ciascun operatore, infatti, deve relazionarsi con la pluralità degli altri attori dislocati lungo la filiera⁶.

Un'altra premessa del ragionamento riveste una natura strettamente tecnica ed attiene al concreto funzionamento del mercato dell'energia elettrica. Provando ad esporre il concetto in maniera elementare, partirei dalla constatazione secondo cui – in linea di massima – l'energia elettrica non è un bene che possa essere stoccato, ovvero conservato, ovvero immagazzinato, in maniera economicamente efficiente⁷. Da ciò consegue che – sempre in linea di massima – l'energia che viene pro-

trasporto, trasformazione, distribuzione e vendita dell'energia elettrica da qualsiasi fonte prodotta [...]». Invece, l'art. 1 del d.lgs. n. 79/99 è così formulato: «Le attività di produzione, importazione, esportazione, acquisto e vendita di energia elettrica sono libere nel rispetto degli obblighi di servizio pubblico contenuti nelle disposizioni del presente decreto».

⁵ La nascita dell'Enel pose alla dottrina, anche civilistica, una serie di delicate questioni, probabilmente non tutte adeguatamente approfondite. Il monito a riflettere su queste tematiche, anche nella prospettiva civilistica, si trova in R. NICOLÒ, *Il trasferimento di impresa nella sistematica delle leggi di nazionalizzazione*, in *Riv. dir. comm.*, 1969, p. 283. In arg., più di recente, A. ZITO, *La legge istitutiva dell'Enel nella sentenza della Corte costituzionale n. 14 del 1964: considerazioni inattuali sulla sua attualità*, in R. DI RAIMO, V. RICCIUTO (a cura di), *Impresa pubblica e intervento dello Stato nell'economia. Il contributo della giurisprudenza costituzionale*, Napoli, 2006, p. 59 ss.

⁶ Cfr. G. BELLANTUONO, *I contratti dell'energia: produzione; mercato all'ingrosso; contratto di rete*, in V. ROPPO, *Trattato dei contratti, V, Mercati regolati*, Milano, 2014, p. 1321.

⁷ Si veda il Considerando 18 della Dir. n. 2019/944/UE. In arg., nella letteratura giuridica, cfr. A. CRISMANI, E. FONDA, *Il funzionamento del mercato elettrico. Considerazioni alla luce delle recenti modifiche normative*, in *Riv. giur. amb.*, 2009, p. 909; F. LOPES, H. ALGARVIO, J. SANTANA, *Agent-Based Simulation of Electricity Markets: Risk Management and Contracts for Difference*, in AA.Vv., *Agent-Based Modeling of Sustainable Behaviors*, Cham (CH), 2017, p. 209. Il punto richiede una precisazione di natura tecnica. Semplificando al massimo, esistono tecnologie che consentono l'accumulo di energia elettrica; per quanto il processo sia in fase

dotta ed immessa nella rete di trasmissione deve trovare, con immediatezza, degli acquirenti che la consumino, altrimenti il sistema complessivo potrebbe trovarsi in difficoltà, come attestano casi di cronaca anche molto recente.

Finché il mercato si struttura secondo un assetto monopolistico, il problema del bilanciamento tra produzione e consumo non viene avvertito, perché evidentemente quell'unico operatore ha la visione completa sul sistema e sulle sue dinamiche, ed è in grado di provvedere di conseguenza. Quando però il monopolio si rompe, come è appunto avvenuto, entra in gioco una pluralità di operatori, soprattutto sul versante della produzione, e quindi occorre contemperare le esigenze di questo versante con quelle che emergono dal lato del consumo dell'energia⁸. Questo bilanciamento è un'operazione tecnicamente complessa⁹, che ora viene gestita (anche) attraverso strumenti di natura contrattuale. Anche da questa angolazione si conferma quindi il ruolo del contratto come strumento che contribuisce a "plasmare" il funzionamento del mercato dell'energia elettrica¹⁰.

Il ragionamento deve poi essere arricchito di un ulteriore tassello, con il quale si completa questa premessa introduttiva. Procedendo anche qui per larghe approssimazioni, è noto che a tutt'oggi il principale fattore di produzione dell'energia elettrica è rappresentato dai combustibili fossili (carbone e petrolio)¹¹, i quali – al di là delle numerose controindicazioni di natura ambientale – garantiscono comunque una produzione di carattere costante e prevedibile¹².

È parimenti nota la tendenza verso la diffusione delle energie prodotte da fonti rinnovabili¹³, che presentano indubbi vantaggi dal punto di vista ambien-

di forte evoluzione, allo stato i sistemi di accumulo disponibili non sembrano né particolarmente duraturi né ecologicamente sostenibili a causa dei loro cicli di ricarica limitati. Inoltre, le soluzioni di stoccaggio come le batterie sono estremamente costose e presentano un rilevante impatto ambientale. Per una prima informazione si veda G. DE OLIVEIRA E SILVA, P. HENDRICK, *Lead-acid batteries coupled with photovoltaics for increased electricity self-sufficiency in households*, in *Applied Energy*, 178, 2016, p. 856 e ss.

⁸ Nel presente articolo il termine "consumo" viene impiegato in un'accezione diversa da quella tecnica civilistica, che – come noto – allude alla persona fisica la quale agisce per scopi diversi da un'attività professionale. Al contrario, in questa sede si fa riferimento semplicemente al soggetto che utilizza energia elettrica e che, tendenzialmente, deve identificarsi con un imprenditore, posto che le maggiori problematiche attengono appunto a questa categoria di soggetti.

⁹ Cfr. A. CRISMANI, E. FONDA, *Il funzionamento del mercato elettrico*, cit., p. 915.

¹⁰ Cfr. *amplius* BANCA D'ITALIA, *Il recente sviluppo delle energie rinnovabili in Italia*, Roma, 2025, p. 15 e s.; G. BELLANTUONO, *I contratti dell'energia*, cit., p. 1324.

¹¹ Cfr. F. DONATI, *La proposta di riforma del mercato dell'energia elettrica dell'Unione europea*, in *Riv. regol. mercati*, 2023, p. 8.

¹² In arg. F. LUISO, *I sistemi di incentivazione della produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile. Una valutazione critica dei diversi modelli disponibili e sperimentati*, in G.D. COMPORTI, S. LUCATTINI (a cura di), *Orizzonti di diritto dell'energia*, Napoli, 2024, p. 144.

¹³ La definizione di energia prodotta da fonti rinnovabili si trova all'art. 2, lettera a), Dir. n. 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recepita in Italia con il d. lgs. 3 marzo 2011, n. 28.

tale *sub specie* di preservazione delle risorse naturali. Il punto è al centro degli obiettivi dichiarati dalle istituzioni europee, e trova precisi riscontri in una serie di atti normativi, anche molto recenti. Per altro verso, il punto è al centro anche dell'attenzione del mondo imprenditoriale, che si prefigge di raggiungere determinati obiettivi di sostenibilità, i quali attengono anche alla provenienza dell'energia utilizzata nel ciclo produttivo¹⁴.

Rispetto alla configurazione e al funzionamento del mercato elettrico, la spinta verso l'incremento dell'energia prodotta da fonti rinnovabili non è un fatto neutro, ma pone una serie di criticità che devono essere affrontate¹⁵. Ad esempio, la “nuova” quantità di energia che viene prodotta deve essere “accolta” sulla rete di trasmissione, e poi essere “allocata” presso utenti che la consumino. Occorre poi considerare che quantomeno talune tecnologie rinnovabili si caratterizzano per una certa discontinuità (è il caso della fonte eolica, ma anche di quella solare¹⁶), e ciò crea sovente dei problemi dal lato del consumo, posto che i clienti – ad esempio quelli energivori – possono avere necessità di una alimentazione svolta in via continuativa¹⁷.

Un altro fattore da considerare è rappresentato dalla remunerazione degli investimenti: intuitivamente, produrre energia da fonti rinnovabili richiede di affrontare, soprattutto nella fase iniziale, sforzi finanziari talora ingenti; l'imprenditore che avvia tale attività può quindi essere attratto da tale iniziativa solo a fronte di una ragionevole certezza circa la remunerazione dell'investimento in un lasso di tempo prevedibile¹⁸.

Le esigenze e le problematiche ora delineate trovano una possibile risposta proprio negli schemi contrattuali che formano oggetto della presente relazione, ossia *Power Purchase Agreement* (PPA) e contratti per differenza (CFD)¹⁹.

¹⁴ Nella letteratura specialistica cfr. M. STANITSAS, K. KIRYTOPOULOS, *Sustainable Energy Strategies for Power Purchase Agreements (PPAs)*, in *Sustainability*, 2023, 15, p. 4.

¹⁵ In arg., *amplius*, F. SMERCHINICH, *Il mercato dell'energia elettrica: descrizione, funzionamento e dinamiche*, in *Riv. ital. dir. pubbl. com.*, 2017, p. 1283 e ss.; G. BELLANTUONO, *I contratti dell'energia*, cit., p. 1350.

¹⁶ Approfondimenti in I. SCHLECHT, C. MAURER, L. HIRTH, *Financial Contracts for Differences*, in *ZBW – Leibniz Information Centre for Economics*, Kiel-Hamburg, 2023, p. 15.

¹⁷ In arg. A. GALLIANI, *Innovazioni necessarie per consentire la diffusione delle fonti rinnovabili per la produzione di energia elettrica nel rispetto degli obiettivi europei*, in G.D. COMPORI, S. LUCATTINI (a cura di), *Orizzonti di diritto dell'energia*, cit., p. 154; C. MITTLER, M. BUCKSTEEG, P. STAUDT, *Review of Renewable Power Purchasing Agreement Types and Classification through Morphological Analysis*, consultabile a <https://ssrn.com/abstract=4626108>, p. 1; L. KITZING, A. HELD, M. GEPHART, F. WAGNER, V. ANATOLITIS, C. KLESSMANN, *Contracts-for-Difference to support renewable energy technologies: Considerations for design and implementation*, RSC/FSR 2024, European University Institute, 2024, p. 8.

¹⁸ Così A. GALLIANI, *Innovazioni necessarie*, cit., p. 170.

¹⁹ In arg. M. MELI, *Autoconsumo di energia rinnovabile e nuove forme di energy sharing*, in *Nuove leggi civ. comm.*, 2020, p. 653.

2. Passando ora all'analisi strutturale, il c.d. *Power Purchase Agreement* (di seguito anche PPA) è essenzialmente un contratto bilaterale stipulato tra un produttore di energia rinnovabile ed un'impresa che consuma energia²⁰. Nella sua formulazione più elementare il negozio prevede che il primo fornisca alla seconda l'energia prodotta dal proprio impianto²¹, però – almeno nella mia personale esperienza – una versione così elementare è piuttosto rara.

Più frequente è una versione leggermente più sofisticata, nella quale il produttore si impegna a procurare alla controparte un determinato quantitativo di energia rinnovabile, senza però agganciarla alla produzione generata dal proprio sito produttivo²². In questo scenario, dunque, il produttore dell'energia rinnovabile destina l'energia prodotta alla rete di trasmissione, e poi negozia con il gestore di quest'ultima l'attribuzione, a quel cliente, di un corrispondente quantitativo di energia, che convenzionalmente viene ritenuto essere generato da fonti rinnovabili²³.

Elemento fondamentale di questa variante dello schema negoziale è rappresentato dalla garanzia di origine, in quanto il produttore deve certificare al cliente che l'energia da questi ritirata ai sensi del contratto è prodotta da fonti rinnovabili²⁴. Si tratta di una vera e propria certificazione, la cui efficacia giuridica è presidiata da una particolare disciplina²⁵.

La prassi negoziale, soprattutto quella formatasi negli Stati Uniti, conosce altre varianti dello schema. In particolare, meritevoli di essere menzionate sono quelle in cui la veste di controparte del cliente è assunta (non da un produttore di energia, bensì) da un altro soggetto, quale un *trader* o un intermediario finanziario²⁶, che si preoccupa, da un lato, di procurarsi energia rinnovabile da opera-

²⁰ Art. 2, punto 77, del Reg. n. 2019/943/UE fornisce questa definizione: «accordo di compravendita di energia elettrica: un contratto in base al quale una persona fisica o giuridica si impegna ad acquistare energia elettrica da un produttore di energia elettrica sulla base dei criteri di mercato». Cfr. R. LOMBARDI, *Energie rinnovabili e diritto privato*, Napoli, 2023, p. 116; C. MITTLER, M. BUCKSTEEG, P. STAUDT, *Review of Renewable Power*, cit., p. 1; F. SIMOES, C. HENRIQUES, N. CARVALHO FIGUEIREDO, P. PEREIRA DA SILVA, *Efficient power purchase agreement structures for meeting corporate electricity needs with solar energy*, in *Energy* 322, 2025, p. 2; J. ARELLANO, M. CARRIÓN, *Electricity procurement of large consumers considering power-purchase agreements*, in *Energy Reports* 9, 2023, p. 5384.

²¹ Cfr. P. MASTROMARINI, G. BERNARDINI, *I contratti di vendita dell'energia elettrica* (Power Purchase Agreement), in L. DE MATTEIS (a cura di), *I contratti tipici nel settore delle energie rinnovabili*, Milano, 2022, p. 232.

²² Cfr. C. MITTLER, M. BUCKSTEEG, P. STAUDT, *Review of Renewable Power*, cit., p. 5.

²³ Cfr. P. MASTROMARINI, G. BERNARDINI, *I contratti di vendita dell'energia elettrica*, cit., p. 235.

²⁴ In arg. P. MASTROMARINI, G. BERNARDINI, *I contratti di vendita dell'energia elettrica*, cit., p. 237; C. MITTLER, M. BUCKSTEEG, P. STAUDT, *Review of Renewable Power*, cit., p. 4.

²⁵ Art. 3, par. 6, Dir. CE 2003/54/CE, nonché art. 15, par. 3, Dir. CE 2009/28/CE. In arg. P. MASTROMARINI, G. BERNARDINI, *I contratti di vendita dell'energia elettrica*, cit., p. 241.

²⁶ Esemplificazione casistica in P. MASTROMARINI, G. BERNARDINI, *I contratti di vendita dell'energia elettrica*, cit., p. 243.

tori di mercato e, dall'altro lato, di farla affluire, unitamente alle corrispondenti garanzie di origine, a quel dato cliente²⁷.

Ai fini del presente discorso, il PPA si caratterizza per due elementi fondamentali. In primo luogo, la durata piuttosto lunga del rapporto contrattuale, che può assestarsi su un orizzonte di quindici-venti anni; in secondo luogo, la predeterminazione del prezzo al quale le parti si scambiano l'energia prodotta dalla fonte rinnovabile²⁸. Questi elementi soddisfano alcune delle esigenze precedentemente enunciate²⁹: dal lato del produttore, l'esigenza di poter contare su uno sbocco stabile per la fornitura dell'energia rinnovabile prodotta, rendendo così ragionevolmente certa la remunerazione dell'investimento sostenuto; dal lato del cliente, l'esigenza di poter contare sulla fornitura essenziale secondo condizioni economiche predefinite per l'intera durata del rapporto.

Visto da un'angolatura funzionale, il PPA richiede di gestire tre tipologie di rischi³⁰. Il primo è il normale rischio commerciale, concernente la fornitura del "bene" energia elettrica con particolare riguardo ai quantitativi ed ai corrispettivi.

Il secondo rischio è di natura creditizia, ed attiene alla solvibilità delle parti del rapporto³¹. Esso assume una particolare rilevanza nei casi in cui al PPA sia sottesa la realizzazione di un nuovo impianto produttivo di energia, con conseguente coinvolgimento di una banca o di un intermediario finanziario *sub specie* di finanziamento dell'operazione³².

Vi è infine da considerare il rischio c.d. regolatorio, che riguarda invece la mutevolezza delle normative di dettaglio emanate dall'autorità preposta a questo settore di mercato. Viene qui in rilievo anche la tematica delle autorizzazioni

²⁷ Il PPA finanziario può assumere anche la veste del contratto per differenza, analizzato nel successivo paragrafo. In arg. J. ARELLANO, M. CARRIÓN, *Electricity procurement of large consumers considering power-purchase agreements*, cit., p. 5388; L. KITZING, A. HELD, M. GEPHART, F. WAGNER, V. ANATOLITIS, C. KLESSMANN, *Contracts-for-Difference to support renewable energy technologies*, cit., p. 8; M. KRÖGER, K. NEUHOFF, J.C. RICHSTEIN, *Contracts for difference support the expansion of renewable energy sources while reducing electricity price risks*, in *Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW)*, 2022, p. 209.

²⁸ M. STANITSAS, K. KIRYTOPOULOS, *Sustainable Energy Strategies for Power Purchase Agreements (PPAs)*, cit., p. 3.

²⁹ P. MASTROMARINI, G. BERNARDINI, *I contratti di vendita dell'energia elettrica*, cit., p. 233; R. LOMBARDI, *Energie rinnovabili e diritto privato*, cit., p. 117; G. BELLANTUONO, *I contratti dell'energia*, cit., p. 1345; F. DONATI, *La proposta di riforma*, cit., p. 4.

³⁰ Nello stesso senso G. BELLANTUONO, *I contratti dell'energia*, cit., p. 1324; C. MITTLER, M. BUCKSTEEG, P. STAUDT, *Review of Renewable Power*, cit., p. 17; F. SIMOES, C. HENRIQUES, N. CARVALHO FIGUEIREDO, P. PEREIRA DA SILVA, *Efficient power purchase agreement structures for meeting corporate electricity needs with solar energy*, cit., p. 2.

³¹ Sottolinea il punto F. DONATI, *La proposta di riforma*, cit., p. 6.

³² Cfr. M. STANITSAS, K. KIRYTOPOULOS, *Sustainable Energy Strategies for Power Purchase Agreements (PPAs)*, cit., p. 15; C. MITTLER, M. BUCKSTEEG, P. STAUDT, *Review of Renewable Power*, cit., p. 4.

amministrative alla costruzione di nuovi impianti produttivi, che è al centro di un vivace contenzioso.

In assenza di una tipizzazione normativa (tema su cui tornerò in seguito), la stesura di un PPA affida all'interprete il delicato compito di formulare regole equilibrate per contemperare i diversi interessi sottesi alle predette tipologie di rischio³³. In questa logica, una delle principali criticità dello schema contrattuale in discorso attiene all'ipotesi di estinzione anticipata del rapporto, soprattutto perché, in tale evenienza, occorre regolare le sorti dell'investimento sostenuto per generare la capacità produttiva di energia rinnovabile. La prassi attesta l'esistenza di varie formule negoziali, di per sé riconducibili allo schema della penale, ma caratterizzate da tecniche applicative piuttosto elaborate³⁴.

3. È ora tempo di passare all'analisi dei contratti per differenza (di seguito anche CFD). Questo contratto intercorre tra un produttore di energia da fonti rinnovabili e un altro soggetto, che – a seconda dei casi – può essere un intermediario finanziario, oppure il gestore della rete di trasmissione, oppure ancora un altro soggetto chiamato a svolgere, sul mercato in discorso, una funzione di natura pubblicistica. Il soggetto pubblico entra in gioco allorché vi sia, da parte dell'ordinamento nazionale, l'interesse a sostenere lo sviluppo delle fonti rinnovabili di energia.

In buona sostanza, nel CFD le parti si accordano su un prezzo di riferimento per l'energia rinnovabile, che può essere determinato in vario modo, ad esempio attraverso aste³⁵; con cadenza periodica, poi, le parti confrontano il prezzo così individuato con il prezzo che l'energia rinnovabile presenta sul mercato³⁶.

Il confronto può naturalmente generare due diversi esiti³⁷:

- i) il prezzo di mercato dell'energia rinnovabile è più basso del prezzo di riferimento. In questo caso sarà il gestore della rete a riconoscere al produttore

³³ Per alcuni riferimenti cfr. P. MASTROMARINI, G. BERNARDINI, *I contratti di vendita dell'energia elettrica*, cit., p. 251.

³⁴ Cfr. P. MASTROMARINI, G. BERNARDINI, *I contratti di vendita dell'energia elettrica*, cit., p. 260; L. KITZING, A. HELD, M. GEPHART, F. WAGNER, V. ANATOLITIS, C. KLESSMANN, *Contracts-for-Difference to support renewable energy technologies*, cit., p. 30.

³⁵ Art. 2, punto 76, del Reg. n. 2019/943/UE fornisce questa definizione: «contratto bidirezionale per differenza: un contratto tra il gestore di un impianto di generazione e una controparte, in genere un ente pubblico, che offre sia la protezione della remunerazione minima sia un limite all'eccesso di remunerazione». Cfr. L. KITZING, A. HELD, M. GEPHART, F. WAGNER, V. ANATOLITIS, C. KLESSMANN, *Contracts-for-Difference to support renewable energy technologies*, cit., p. 15; M. KRÖGER, K. NEUHOFF, J.C. RICHSTEIN, *Contracts for difference support the expansion of renewable energy*, cit., p. 206.

³⁶ Cfr. F. DONATI, *La proposta di riforma*, cit., p. 4; J. ARELLANO, M. CARRIÓN, *Electricity procurement of large consumers considering power-purchase agreements*, cit., p. 5385.

³⁷ Con chiarezza F. LOPES, H. ALGARVIO, J. SANTANA, *Agent-Based Simulation of Electricity Markets*, cit., p. 212.

una somma pari alla differenza tra i due prezzi, moltiplicata per l'energia prodotta. La *ratio* della clausola è evidente: in questo scenario il produttore di energia rinnovabile ha bisogno di essere sostenuto, altrimenti la sua attività non sarebbe remunerativa³⁸;

- ii) il prezzo di mercato dell'energia rinnovabile è più alto del prezzo di riferimento concordato. In questo caso sarà invece il produttore dell'energia rinnovabile a riconoscere una somma al gestore della rete. Anche in questo caso la *ratio* è intuitiva: il produttore dell'energia rinnovabile realizza degli extra-profitti e, pertanto, retrocede al gestore parte del beneficio conseguito.

Quello ora descritto è il c.d. contratto per differenza a due vie, che prevede appunto due flussi di pagamento tra le parti, in entrambe le direzioni, a seconda dell'andamento del mercato. Esiste anche la variante del contratto ad una sola via, che prevede un unico flusso di pagamento, generalmente a sostegno del produttore di energia in presenza di un prezzo "basso"³⁹.

Visto nell'insieme, il contratto per differenza è assimilabile ad un derivato⁴⁰: le parti si accordano tra loro sulla gestione di un determinato rischio (l'andamento del mercato dell'energia elettrica e, in particolare, il prezzo delle energie rinnovabili) e si ripartiscono tra loro le relative conseguenze, secondo criteri pre-determinati *ex ante*⁴¹. Visto dal lato del produttore di energia elettrica, questo rischio viene – per così dire – incanalato su un binario prestabilito, che fissa le coordinate al di là e al di qua delle quali il rischio rimane a carico del produttore, oppure viene trasferito su un altro soggetto del mercato. Il tutto si giustifica nello scenario di stabilizzare le grandezze economiche di riferimento e, dunque, di valutare la profittabilità dell'investimento nella costruzione e/o nella gestione dell'impianto che produce energia rinnovabile⁴².

³⁸ F. LUISO, *I sistemi di incentivazione della produzione di energia elettrica*, cit., 345; I. SCHLECHT, C. MAURER, L. HIRTH, *Financial Contracts for Differences*, cit., p. 4.

³⁹ S. JOHANNDEITER, N. HELISTÖ, V. BERTSCH, *Does the difference make a difference? Evaluating Contracts for Difference design in a fully decarbonised European electricity market*, in *Resource and Energy Economics*, 83, 2025, p. 2.

⁴⁰ Così P. MASTROMARINI, G. BERNARDINI, *I contratti di vendita dell'energia elettrica*, cit., p. 240; in arg. anche A. ZOPPINI, *La regolazione dei contratti di vendita all'ingrosso e dei contratti "finanziari"*, in M. DE FOCATIIS, A. MAESTRONI (a cura di), *Contratti dell'energia e regolazione*, cit., p. 67; L. KITZING, A. HELD, M. GEPHART, F. WAGNER, V. ANATOLITIS, C. KLESSMANN, *Contracts-for-Difference to support renewable energy technologies*, cit., p. 4; I. SCHLECHT, C. MAURER, L. HIRTH, *Financial Contracts for Differences*, cit., p. 2; F. LOPES, H. ALGARVIO, J. SANTANA, *Agent-Based Simulation of Electricity Markets*, cit., p. 212.

⁴¹ Cfr. S. JOHANNDEITER, N. HELISTÖ, V. BERTSCH, *Does the difference make a difference?*, cit., p. 2.

⁴² Cfr. F. DONATI, *La proposta di riforma*, cit., p. 6; L. KITZING, A. HELD, M. GEPHART, F. WAGNER, V. ANATOLITIS, C. KLESSMANN, *Contracts-for-Difference to support renewable energy technologies*, cit., p. 3; I. SCHLECHT, C. MAURER, L. HIRTH, *Financial Contracts for Differences*, cit., p. 2; F. LOPES, H. ALGARVIO, J. SANTANA, *Agent-Based Simulation of Electricity Markets*, cit., p. 209.

Naturalmente, il concreto funzionamento del meccanismo di copertura dipende dal modo in cui vengono fissate le grandezze in gioco. Sul punto esiste una letteratura piuttosto variegata, quasi tutta di matrice anglosassone⁴³, la quale spiega che le soglie di riferimento possono incidere sulla durata dell'investimento, oppure sulla scelta della fonte di produzione dell'energia rinnovabile, oppure ancora sulle modalità di fornitura dell'energia (a ciclo continuo, per integrare picchi di consumo, ecc.)⁴⁴. Interessante poi è lo spunto rappresentato dall'interazione con l'intelligenza artificiale e, dunque, con la predisposizione di algoritmi che possano orientare la costruzione dello schema contrattuale in ragione di specifici obiettivi industriali o imprenditoriali che siano predefiniti *ex ante*⁴⁵.

L'esposizione sui contratti per differenza offre l'occasione per dare rapidamente conto del c.d. *energy release*, che è stato recentemente configurato nell'ordinamento italiano⁴⁶. Per fronteggiare l'incremento del costo dell'energia cagionato principalmente dalle recenti vicende internazionali, il legislatore ha messo a punto un meccanismo volto ad incentivare, nel medio periodo, la costruzione di nuovi impianti per la produzione di energie rinnovabili, ovvero il potenziamento di quelli esistenti.

In buona sostanza, in base a tale meccanismo il gestore della rete di trasmissione anticipa, a determinate imprese (individuate in ragione delle loro caratteristiche produttive), un dato quantitativo di energia, a fronte dell'impegno di queste ultime a realizzare – anche indirettamente – la costruzione dei nuovi impianti, oppure il potenziamento di quelli esistenti, nonché a restituire, dopo una scadenza prestabilita, il quantitativo di energia così anticipato. *Medio tempore* (ossia durante il periodo dell'anticipazione) i rapporti tra il GSE e l'impresa prescelta sono regolati da contratti differenziali a due vie, che riflettono appunto i flussi di pagamento sopra descritti.

Vi è, infine, un ulteriore aspetto meritevole di attenzione, quantomeno nei casi in cui la veste di controparte del produttore di energia rinnovabile sia assunta da un soggetto di natura pubblica. In tal caso, infatti, il meccanismo dei

⁴³ F. SIMOES, C. HENRIQUES, N. CARVALHO FIGUEIREDO, P. PEREIRA DA SILVA, *Efficient power purchase agreement structures for meeting corporate electricity needs with solar energy*, cit., p. 14; L. KITZING, A. HELD, M. GEPHART, F. WAGNER, V. ANATOLITIS, C. KLESSMANN, *Contracts-for-Difference to support renewable energy technologies*, cit., p. 9; I. SCHLECHT, C. MAURER, L. HIRTH, *Financial Contracts for Differences*, cit., p. 21; S. JOHANNDEITER, N. HELISTÖ, V. BERTSCH, *Does the difference make a difference?*, cit., p. 2.

⁴⁴ Esempificazione in L. KITZING, A. HELD, M. GEPHART, F. WAGNER, V. ANATOLITIS, C. KLESSMANN, *Contracts-for-Difference to support renewable energy technologies*, cit., p. 29.

⁴⁵ Spunti in F. LOPES, H. ALGARVIO, J. SANTANA, *Agent-Based Simulation of Electricity Markets*, cit., p. 213.

⁴⁶ Si veda il combinato disposto del d.l. 9 dicembre 2023, n. 181 (art. 4-septies), d.m. 23 luglio 2024, n. 268 e del d.m. 30 ottobre 2024, n. 11.

contratti per differenza finisce per entrare nel perimetro degli aiuti di Stato⁴⁷. È infatti evidente che il contratto prevede, in ultima analisi, il riconoscimento di un sostegno al produttore di energia rinnovabile, e questo sostegno, essendo corrisposto da un soggetto pubblico (*rectius*, a valere su risorse pubbliche) può integrare una misura qualificabile come aiuto di Stato e, dunque, censurabile ai sensi delle norme e dei principi sanciti dai Trattati europei. La questione è ben presente al legislatore europeo, che, nei suoi più recenti interventi, richiama più volte l'attenzione sull'osservanza di tale disciplina.

4. Le considerazioni finora esposte si prestano a sviluppare alcune riflessioni di natura sistematica, che riprendono l'osservazione iniziale secondo cui, nella configurazione dell'assetto del mercato dell'energia elettrica, il ruolo dello strumento contrattuale è divenuto cruciale⁴⁸.

In questa prospettiva, è importante notare che è lo stesso legislatore a voler incentivare il ricorso al contratto come strumento per favorire l'evoluzione del mercato nella direzione tracciata, ossia verso la maggiore diffusione dell'energia prodotta da fonti rinnovabili. Nei suoi ultimi interventi, quindi, il legislatore europeo sollecita gli Stati nazionali a creare le premesse affinché gli operatori privati possano stipulare PPA e CFD e, per questa via, incrementare la produzione di energia "pulita"⁴⁹. Ad esempio, nel caso italiano ciò si è tradotto nella creazione – da parte del GME – della c.d. Bacheca dei PPA⁵⁰, intesa come luogo virtuale di incontro tra parti che intendono stipulare un PPA da lato della produzione ovvero dal lato del consumo.

In tal modo si delinea una singolare interazione tra piano dell'ordinamento giuridico e piano dell'autonomia negoziale. Come dato di partenza dell'analisi,

⁴⁷ Cfr. art. 19-*quiquies* Reg. n. 2019/943/UE. In arg. I. SCHLECHT, C. MAURER, L. HIRTH, *Financial Contracts for Differences*, cit., p. 2.

⁴⁸ In arg. C. SOLINAS, *Autonomia privata ed eteronomia nel servizio di fornitura di energia elettrica. Forme e strumenti della regolazione del mercato*, in *Contr. impr.*, 2013, p. 1369.

Osserva D. SIMEOLI, *Il contratto "regolato": spunti per uno studio*, in M. DE FOCATIIS, A. MAESTRONI (a cura di), *Contratti dell'energia e regolazione*, cit. p. 117, che il settore dell'energia elettrica rappresenta un utile punto di osservazione per la conformazione del contratto ispirata all'esigenza di implementare le condizioni di concorrenza, garantire condizioni di approvvigionamento per gli utenti, nonché internalizzare i pregiudizi negativi per l'ambiente.

⁴⁹ Cfr. art. 15.8 della Dir. n. 2018/2001/UE; art. 19-*bis* del Reg. n. 2019/943/UE; nonché art. 11 della Dir. n. 2019/944/UE. Si veda anche il Documento di lavoro dei servizi della Commissione europea SWD (2022) 149 final, *Orientamenti a uso degli Stati membri sulle buone pratiche per accelerare le procedure autorizzative per i progetti di energia rinnovabile e sull'agevolazione degli accordi di compravendita di energia rinnovabile*. In arg. F. DONATI, *La proposta di riforma*, cit., p. 4; M. STANITSAS, K. KIRYTOPOULOS, *Sustainable Energy Strategies for Power Purchase Agreements (PPAs)*, cit., p. 1.

⁵⁰ In arg., anche per i riferimenti normativi, si veda R. LOMBARDI, *Energie rinnovabili e diritto privato*, cit., p. 116.

è utile ricordare che gli schemi contrattuali in discorso sono nati nella prassi negoziale, soprattutto di matrice anglosassone, senza essere transitati attraverso alcun processo di tipizzazione normativa⁵¹. In buona sostanza, il legislatore prende questi schemi così come sono e li addita ai consociati come strumenti operativi da utilizzare nello svolgimento delle rispettive attività imprenditoriali nell'ambito del mercato di riferimento.

È peraltro interessante osservare che, nella letteratura specialistica, l'assenza di una tipizzazione normativa viene segnalata come un limite⁵²; più esattamente, tale assenza viene interpretata come fonte di incertezza in ordine alle regole concretamente applicabili al rapporto negoziale, dal che consegue una certa ritrosia degli operatori a farvi ricorso in maniera sistematica.

Tornando ora allo scenario tracciato al diritto europeo, e provando ad esaminarlo con le lenti del civilista tradizionale, la situazione sembra assimilabile ad una sorta di cortocircuito: da un lato, il legislatore “spinge” i privati ad utilizzare determinati schemi contrattuali, che tuttavia gli stessi privati conoscono in misura talora limitata e di cui pertanto tendono a diffidare. È uno scenario quantomeno anomalo rispetto al modo in cui siamo soliti guardare alle dinamiche dell'autonomia privata e ai suoi rapporti con l'ordinamento giuridico.

Una possibile spiegazione risiede nel fatto che, nell'ambito dell'evoluzione del mercato dell'energia elettrica, il contratto tende evidentemente ad assumere una funzione nuova rispetto all'impostazione tradizionale⁵³. Esso non è più solo un mezzo di composizione e soddisfacimento degli interessi delle parti, ovvero di interessi idiosincratichi; il contratto diventa anche strumento di conformazione del mercato in discorso⁵⁴, nel senso che ad esso vengono agganciati effetti e conseguenze che trascendono la dimensione “privata” dei contraenti e che riguardano il funzionamento complessivo del mercato di riferimento e le sue dinamiche.

Rispetto alle vicende qui trattate, il dato assume una particolare evidenza: schemi contrattuali quali PPA e CFD non soddisfano solo gli interessi delle parti contraenti nella gestione di una fornitura essenziale, ma contribuiscono anche

⁵¹ G. BELLANTUONO, *I contratti dell'energia*, cit., p. 1325.

⁵² Cfr. C. MITTLER, M. BUCKSTEEG, P. STAUDT, *Review of Renewable Power*, cit., p. 17 e s.

⁵³ Il tema è al centro di una vasta letteratura. Si vedano, *ex multis*, V. RICCIUTO, *Regolazione del mercato e “funzionalizzazione” del contratto*, in AA.VV., *Studi in onore di G. Benedetti*, Napoli, 2008, p. 1628; P. SIRENA, *Il diritto dei contratti nello spazio giuridico europeo*, in F. MEZZANOTTE (a cura di), *Le “libertà fondamentali” dell'Unione europea e il diritto privato*, Roma, 2016, p. 130; A. ZOPPINI, *Gli effetti orizzontali delle libertà fondamentali nel Trattato dell'Unione Europea*, in ID., *Il diritto privato e i suoi confini*, Bologna, 2020, p. 155; C. SOLINAS, *Il contratto “amministrato”. La conformazione dell'operazione economica privata agli interessi generali*, Napoli, 2018, p. 143.

⁵⁴ Nella letteratura specialistica cfr. F. LOPES, H. ALGARVIO, J. SANTANA, *Agent-Based Simulation of Electricity Markets*, cit., p. 209.

a raggiungere finalità di interesse generale, quali appunto la maggiore diffusione dell'energia prodotta da fonti rinnovabili e, per questa via, perseguire gli interessi di natura ambientale *ivi* sottesi. Da qui scaturisce, verosimilmente, l'istanza di tipizzazione sopra ricordata.

Siamo quindi di fronte ad una netta mutazione dell'istituto contrattuale, che abbandona la sua veste abituale di regola dei privati per diventare qualcosa di diverso: un ambiente giuridico nel quale convivono interessi privati ed interessi pubblici, che devono essere adeguatamente contemperati per consentire la rispettiva soddisfazione⁵⁵.

Guardando all'esperienza italiana, deve comunque essere evidenziato che le autorità di settore (soprattutto il GSE) predispongono, e pubblicano, degli schemi tipo di contratto, mediante i quali esse intendono svolgere le rispettive attività istituzionali, e ciò avviene in virtù di una sorta di delega ad essi attribuita dall'autorità amministrativa; questi schemi tipo, infatti, sono approvati con decreto dell'autorità ministeriale. Anche nel settore del mercato elettrico, pertanto, si registra una tendenza già presente in altri ambiti settoriali, quali – ad esempio – quello bancario: è l'autorità amministrativa che procede alla tipizzazione degli schemi contrattuali. Si tratta di una linea evolutiva di cui occorre prendere atto, non senza porsi qualche interrogativo circa il ruolo effettivo che l'autonomia negoziale è in grado di svolgere, quantomeno nei mercati regolati, nonché l'articolazione della relativa tutela. È infatti evidente che l'interlocuzione con l'autorità amministrativa non può non implicare il coinvolgimento del giudice amministrativo, il quale sempre più spesso viene chiamato a sindacare le forme di manifestazione dell'autonomia dei privati⁵⁶.

Si tratta di uno scenario nuovo per il giurista contemporaneo, che apre itinerari di ricerca in cui dovranno cimentarsi soprattutto le nuove generazioni. Mi limito ad indicare una ricaduta operativa: la compresenza e l'interazione tra interessi privati ed interessi pubblici mette in discussione le fondamenta su cui è radicato il criterio del riparto di giurisdizione tra giudice ordinario e giudice amministrativo, che – nel nostro ordinamento – raggiunge punte di tensione talora particolarmente acute. Su tale questione sarà necessario aprire, prima o poi, una seria discussione.

⁵⁵ In arg. C. SOLINAS, *Autonomia privata ed eteronomia nel servizio di fornitura di energia elettrica. Forme e strumenti della regolazione del mercato*, cit., p. 121.

⁵⁶ Interessante spunto in D. SIMEOLI, *Il contratto "regolato": spunti per uno studio*, cit., p. 121, il quale rileva che l'intervento del giudice amministrativo si atteggia in maniera diversa rispetto alla Corte costituzionale: l'interpretazione di quest'ultima è tradizionalmente ispirata a forme di razionalità assiologica (giurisprudenza per valori, con ampi margini di discrezionalità valutativa), mentre il sindacato del giudice amministrativo è incentrato su canoni di razionalità economica.

Il ruolo del contratto bidirezionale per differenza nella transizione energetica

Sara Zuccarino

SOMMARIO: 1. Coordinate metodologiche. Il ruolo del giurista nel diritto ‘transizionale’. – 2. La transizione energetica quale strumento di realizzazione dell’economia del ‘ben-essere’. – 3. Il contratto bidirezionale per differenza nell’implementazione della transizione energetica. – 4. *Segue*. Cenni sulla ricostruzione giuridica dei rapporti contrattuali. – 5. La caratura funzionale del contratto bidirezionale per differenza nel settore energetico. La regolazione mediante contratto. – 6. Rilievi conclusivi.

1. L’emergenza globale di una transizione ecologica ‘sostenibile’ conferisce all’*homo technologicus* il compito di individuare soluzioni idonee a preservare la vita sul pianeta terra, coniugando le esigenze del singolo con quelle della collettività da intendersi in una più ampia dimensione temporale¹. In tale contesto, un ruolo fondamentale è giocato dal fattore legislativo e, più in generale, dalla componente giuridica, capace di strutturare ed orientare, in chiave ‘eco-sistemica’, le

¹ La tutela del pianeta terra quale presupposto per il godimento dei diritti fondamentali è al centro di numerosi contributi dottrinali. Si rinvia, senza pretese di esaustività, a L. RUGGERI, *Ambiente e tecnologie: nuove sfide per la tutela della persona*, in *ambientediritto.it*, p. 4 ss.; C. ZARRO, *Conformazione del contratto e transizione ecologica*, Napoli, 2025, p. 13 ss.; R. SABATO, *La prospettiva dei diritti umani; in particolare, la tutela dell’ambiente*, in G. PERLINGIERI, E. GIORGINI (a cura di), *Diritto europeo e legalità costituzionale a trent’anni dal volume di Pietro Perlingieri*, Napoli, 2024, p. 251 ss.; S. FUZZI, *Global Warming 2023: le evidenze scientifiche*, in P. PERLINGIERI, S. GIOVA, I. PRISCO (a cura di), *Cambiamento climatico, sostenibilità e rapporti civili*, Atti del 17° Convegno Nazionale SISDiC, p. 9 ss., spec. p. 14 s. Con particolare riferimento alle generazioni future, v. l’analisi svolta da G. VETTORI, *Verso una società sostenibile*, in *Pers. merc.*, 2021, p. 465. Sul ruolo dell’uomo quale custode del pianeta, di grande attualità appaiono le parole di Plinio il Vecchio il quale, nel 77-78 d.C. nella sua *Naturalis Historia* (Libro XVIII), osservava con preoccupazione gli effetti dei cambiamenti ambientali causati dall’uomo per soddisfare i propri eccessi privati, mettendo in guardia sulla necessità di identificare vincoli e limiti a tali attività.

transizioni in atto ai nostri giorni². Sì che risulta particolarmente significativa la posizione del giurista chiamato ad attingere alla sua cassetta degli attrezzi metodologici e ad utilizzare, «senza sterili concettualismi», gli strumenti ermeneutici appropriati al fine di individuare, attraverso un ragionevole e sostenibile bilanciamento degli interessi e dei valori normativamente rilevanti, le soluzioni adeguate alle peculiarità del caso concreto, anche in risposta alle istanze intergenerazionali³.

Al fine di avviare una proficua analisi sull'argomento oggetto del presente contributo, occorre soffermarsi sulla centralità della traiettoria ecologica⁴ che porta ad abbandonare la convinzione che le transizioni – non solo quella energetica, oggetto della presente indagine – possano essere regolate attraverso normative nazionali⁵ rigide, precise e imposte dall'alto le quali, in considerazione dell'evoluzione tecnologica, sono, peraltro, soggette a rapida obsolescenza⁶.

Nell'orbita di tale ragionamento, è necessario superare una teoria interpretativa basata sullo schema logico della 'sussunzione sillogistica' e concentrarsi sui principi che, sebbene di rango e origine differenti, sono destinati a confluire – in un sistema giuridico aperto come quello italiano – nella legalità costituzionale⁷.

² Non vi sono dubbi che «il diritto ha effetto sui valori e subisce l'effetto dei valori», così G. CALABRESI, *Il rapporto fra diritto, economia e altri campi: la rivincita del diritto*, Napoli, 2022, p. 17 ss. Sulla centralità del diritto e del giurista, con particolare riferimento alla tematica ambientale, efficace è il pensiero di N. LIPARI, *Premesse per un diritto civile dell'ambiente*, in *Riv. dir. civ.*, 2024, p. 215; ID., *Il ruolo del giudice nella crisi delle fonti del diritto*, in *Riv. trim.*, 2009, p. 479 ss. Ancora, sul punto, L. RUGGERI, *Diritto della transizione e sostenibilità: tra tutela del mercato e protezione della persona*, in EAD, A.E. CATERINI (a cura di), *Produzione e consumo sostenibili tra politiche legislative e prassi adattive*, Napoli, 2023, p. 33; C. SOLINAS, *Orbita e baricentro della doppia transizione dei servizi pubblici essenziali*, in *Tecn. dir.*, 2024, p. 571 secondo la quale, il mercato può essere considerato una risorsa solo «in quanto strutturato, orientato e controllato dalla norma giuridica».

³ Così, P. PERLINGIERI, *Relazione conclusiva*, in ID., S. GIOVA, I. PRISCO (a cura di), *Cambiamento climatico, sostenibilità e rapporti civili*, cit., p. 553; ID., *I diritti umani come base per lo sviluppo sostenibile. Aspetti giuridici e sociologici*, in ID., *La persona e i suoi diritti. Problemi del diritto civile*, Napoli, 2005, p. 71 ss.; G. PERLINGIERI, «Sostenibilità», *ordinamento giuridico e "retorica dei diritti". A margine di un recente libro*, in *Foro nap.*, 2020, p. 101; C. MIGNONE, *Diritti e sostenibilità. Una ricostruzione per immagini*, in *Rev. actual. jur. iberoamericana*, 2021, 14, p. 211.

⁴ Cfr. E. CATERINI, *Sostenibilità e rapporti civili*, in P. PERLINGIERI, S. GIOVA, I. PRISCO (a cura di), *Cambiamento climatico, sostenibilità e rapporti civili*, cit., p. 99 ss.

⁵ La problematica ecologica conferma la inadeguatezza dei modelli ordinamentali chiusi a regolare, in modo decisivo, problematiche che riguardano l'intero globo. In tal senso, preziosa è la lettura delle pagine di P. PERLINGIERI, in *Relazione conclusiva*, *Tecn. dir.*, 2024, p. 511 ss.; ID., *Relazione conclusiva*, in *Cambiamento climatico, sostenibilità e rapporti civili*, cit., p. 543 ss.

⁶ Quasi letteralmente, P. PERLINGIERI, *o.u.c.*, p. 543; ID., *Produzione, beni e benessere*, in *Benessere e regole dei rapporti civili. Lo sviluppo oltre la crisi. Atti del 9° Convegno Nazionale SISDiC*, Napoli, 2015, p. 509 ss.; S. RODOTÀ, *Crescita e benessere*, *ivi*, p. 20.

⁷ La pluralità delle fonti accresce la complessità del sistema ordinamentale senza, però, comprometterne la sua unità, la quale è «affidata [...] non alla continuità dei valori accolti nel codice civile né a quelli emer-

Non vi sono dubbi che il fulcro assiologico della transizione energetica è la sostenibilità. Questa, in quanto principio e clausola generale allo stesso tempo, diviene parametro ermeneutico ispiratore sia del giudizio di legittimità degli atti aventi forza di legge⁸ e dei provvedimenti amministrativi sia del giudizio di meritevolezza dell'attività negoziale⁹.

Muovendo dalle argomentazioni sin qui addotte, è possibile affermare che la sostenibilità – corroborata dalla riserva di scienza che emerge dall'art. 191, comma 3, TFUE – rafforza un complesso di doveri già espressione del principio di solidarietà¹⁰ e diviene parte essenziale dell'ordine pubblico, rilevante in sede di programmazione e di controllo dei settori produttivi¹¹.

Il presente lavoro è ispirato dalla convinzione metodologica che una legislazione basata sui valori caratterizzanti la convivenza globale, accompagnata da un'interpretazione assiologica, può favorire il raggiungimento degli obiettivi di una transizione energetica che sia animata dai principi di equità, solidarietà e tutela della dignità e dei valori fondamentali della persona.

genti in forma spesso contraddittoria e conflittuale dalla c.d. legislazione speciale, ma a quelli consacrati nella Costituzione e rappresentativi di una legalità fondata su una giustizia caratterizzata dal rispetto della persona, da una solidarietà che non esaurisce la sua rilevanza nel momento patrimoniale, da una cultura in cui predomini l'essere sull'avere». Il virgolettato è di P. PERLINGIERI, *Un parere sulla decodificazione*, in ID., *Scuole tendenze e metodi. Problemi del diritto civile*, Napoli, 1989, p. 310; ID., *Complessità e unitarietà dell'ordinamento giuridico vigente*, in *Rass. dir. civ.*, 2005, p. 188 ss., e in ID., *L'ordinamento vigente e i suoi valori*, Napoli, 2006, p. 20 ss.; P. FEMIA, *Applicare il diritto al caos. Teoria riflessiva delle fonti e unità dell'ordine*, in P. PERLINGIERI, L. RUGGERI (a cura di), *Diritto privato comunitario*, I, Napoli, 2009, p. 89 ss.

⁸ È utile segnalare che, nel nostro ordinamento, la rigidità della Costituzione rende necessario operare un controllo sì da dare cittadinanza ordinamentale solo a quelle soluzioni legislative ed ermeneutiche capaci di non arretrare circa lo standard di tutela elevato previsto dall'art. 2 Cost. Sul tema e con specifico riferimento al settore *de quo*, v. L. RUGGERI, *La due diligence della sostenibilità: l'impatto sul diritto contrattuale*, in EAD., S. ZUCCARINO, *Persona e mercati nel prisma della sostenibilità*, Napoli, 2024, pp. 116 e 120.

⁹ Per un approfondimento sulla conformazione 'ecologica' del contratto, proficua è l'analisi condotta da M. PENNASILICO, *Contratto e sostenibilità ambientale: la conformazione ecologica dell'autonomia negoziale*, in *Rass. dir. civ.*, 2024, p. 1354 ss. e bibliografia ivi citata; C. ZARRO, *o.c.*, p. 9 ss. Sia consentito anche il rinvio a S. ZUCCARINO, *Sostenibilità ambientale e riconcentualizzazione del contratto*, in *Annali SISDIC*, 2022, p. 65 ss. Sulla meritevolezza, quale canone di valutazione della conformità dei contratti ai principi ordinamentali, cfr. G. CARAPEZZA FIGLIA, *Il ruolo del diritto civile nella lotta al cambiamento climatico*, in P. PERLINGIERI, S. GIOVA, I. PRISCO (a cura di), *Cambiamento climatico, sostenibilità e rapporti civili*, cit., p. 185 s.

¹⁰ P. PERLINGIERI, *Relazione conclusiva*, cit., p. 543 ss.; E. CATERINI, *o.c.*, p. 122 s. e bibliografia ivi citata. L'a. pone in risalto la caratura valoriale primaria dell'ecologismo sì da qualificarlo «propaggine temporale del personalismo». La sostenibilità viene elevata ad elemento qualificante del dovere generale di solidarietà ex art. 2 Cost., sì che l'ecologismo costituzionale opera come criterio ordinatore dell'intero sistema, imponendo all'interprete di valorizzare il legame sistemico tra efficienza economico-produttiva e tutela della dignità della persona e dei suoi bisogni fondamentali.

¹¹ E. CATERINI, *o.l.u.c.*; G. PERLINGIERI, *"Sostenibilità", ordinamento giuridico*, cit., p. 101ss.

2. Come è noto, la transizione energetica ha un ruolo fondamentale nella realizzazione di una visione economica sostenibile. A conferma di tale affermazione, è sufficiente considerare che il 75% dell'emissione di gas a effetto serra è riconducibile alla produzione e all'uso di energia nei diversi settori economici. Sì che l'adozione di un paradigma energetico diretto, come si dirà nel prosieguo, a posizionare la produzione da fonti 'rinnovabili' come uno dei pilastri dello sviluppo dell'economia odierna, in un quadro di ragionevolezza ed efficienza, rappresenta una priorità per realizzare quella 'economia del ben-essere' tesa a mettere al centro del processo decisionale e politico il modello dello 'sviluppo sostenibile'¹². In altre parole, la crescita economica, la produttività, la sostenibilità di bilancio e la stabilità sociale dell'Unione si fondano su un ragionevole bilanciamento tra le dinamiche di mercato – improntate ai principi di concorrenza, produttività e competitività – e la tutela dell'ambiente, in un quadro che valorizza la dignità umana e promuove la giustizia energetica, *rectius* sociale¹³.

In estrema sintesi, il mercato energetico, anche alla luce della riforma costituzionale del 2022¹⁴, «non è concepibile come un luogo in cui convivono e si esprimono bisogni ed esigenze di carattere solo ed esclusivamente economico»

¹² L'uso ottimale delle risorse naturali diventa funzionale al raggiungimento di un ragionevole equilibrio tra i bisogni delle persone e uno sviluppo sostenibile eterogeneo e globalizzato. Sul punto e, in particolare, sulla necessità di modificare i comportamenti energetici sì che ogni scelta possa inserirsi in un processo di salvaguardia degli ecosistemi e di tutela delle persone, si rinvia allo studio effettuato da G.D. COMPARTI, *Energia, ambiente e sviluppo sostenibile*, in *federalismi.it*, p. 1 ss. In tema di «sviluppo sostenibile» non può non richiamarsi il c.d. rapporto Brundtland (Report della Commissione Mondiale per l'Ambiente e lo Sviluppo, dal titolo «Our common future»). Importanti spunti di riflessione su come raggiungere uno sviluppo sostenibile nel settore energetico, si traggono anche dal Reg. 2018/1999/UE in *eur-lex.europa.eu*.

¹³ Illuminanti le parole di P. PERLINGIERI, *Produzioni, beni e benessere*, cit., p. 516 ove si espone che: «Una società è civile non per il livello tecnologico ed economico che ha, quanto per il modo nel quale rispetta i più deboli, promuovendone il benessere». In tale prospettiva è necessario riconoscere il primato della politica alla quale spetta l'arduo compito di attuare i contenuti etici, adeguati ad una società sì tecnologicamente progredita ma rispettosa del pieno e libero sviluppo degli esseri umani». Sul punto v., l'indagine condotta dal Premio Nobel per l'economia A. SEN, *Lo sviluppo è libertà*, Milano, 1999, pp. 9, 130 ss. e 269. L'a. rileva l'importanza di mettere al centro dello sviluppo «le libertà umane» abbandonando la teoria che lo identifica «con la crescita del prodotto nazionale lordo (PNL) o con l'aumento dei redditi individuali, o con l'industrializzazione o con il progresso tecnologico, o con la modernizzazione della società».

¹⁴ È significativo, a parere di chi scrive, porre in luce che la riforma degli artt. 9 e 41 Cost., operata dalla l. cost., 11 febbraio 2022, n. 1, ha positivizzato un contenuto assiologico e precettivo che era già ricavabile, in via interpretativa, dal previgente assetto costituzionale. In particolare, il legislatore costituzionale ha inteso evidenziare la portata trasversale della tutela ambientale: essa non incide soltanto sull'iniziativa economica privata e sulle situazioni proprietarie, ma permea l'intera trama dei rapporti giuridici, fungendo da parametro di conformazione e di legittimazione dell'agire pubblico e privato e, pertanto, criterio di orientamento e fattore conformativo dello stesso sviluppo economico e sociale. Cfr., P. PERLINGIERI, *Relazione conclusiva*, in ID., S. GIOVA, I. PRISCO (a cura di), *Cambiamento climatico, sostenibilità e rapporti civili*, cit., p. 543 ss.

ma si colora del valore della persona¹⁵. Come attentamente osservato, le modifiche degli artt. 9 e 41 Cost. rendono le tutele ecologiche «costituzionalmente necessarie. Ciò significa che ogni norma dell'ordinamento, costituita o costituenda, ogni regola autonoma, corrente o futura, deve adeguarsi ad una misura di tutela che almeno non sia regressiva dell'esistente ecologico; che meritevolmente innalzi e migliori il livello di tutela; che si rilevi ragionevole in quel bilanciamento di principi che sorregge norme regressive dell'esistente ecologico»¹⁶.

Tale mutamento di prospettiva ha indotto il legislatore europeo (e non solo) a programmare¹⁷ l'attività economica, predisponendo, in linea con l'art. 194 TFUE¹⁸, un reticolato normativo orientato alla realizzazione di una transizione energetica, giusta ed inclusiva anche a beneficio delle generazioni future¹⁹. Que-

¹⁵ In questo mutamento di paradigma che sembra accelerare il processo universale del diritto ai valori fondativi del personalismo si responsabilizza, in modo nuovo, l'attività ermeneutica del giurista il quale «deve imparare ad utilizzare i principi fondamentali con ragionevolezza e cultura, sapendo individuare e garantire nel rispetto del principio di legalità, la filosofia della vita che è nel sistema ordinamentale». Così P. PERLINGIERI, *o.u.c.*, p. 552 ss.; L. RUGGERI, *Due diligence*, cit., p. 120.

¹⁶ E. CATERINI, *o.c.*, p. 94.

¹⁷ Sulla centralità della programmazione in un periodo di transizioni, v. C. SOLINAS, *Orbita e baricentro*, cit., p. 583. L'a. scrive che, a differenza del passato, lo Stato «non programma un'economia di cui è unico ed indubbio protagonista. Programma un sistema molto più complesso nel quale ora giocano, come attori e partecipanti, soggetti privati: quegli stessi soggetti che un tempo erano destinatari passivi e che ora sono parte fondamentale [...] del meccanismo economico [...]. Lo Stato orienta i comportamenti privati, ne conforma atti e attività in vista del raggiungimento degli obiettivi». Sulla tendenza ad ampliare la programmazione dello Stato, v. la Raccomandazione del Consiglio dell'Unione europea, relativa alla garanzia di una transizione equa verso la neutralità climatica, del 16 giugno 2022 (2022/C 243/04) ove, nell'obiettivo 2, possiamo leggere che gli Stati sono chiamati ad «adottare ed attuare pacchetti strategici completi e coerenti, che affrontino gli aspetti occupazionali e sociali per promuovere una transizione equa in tutte le politiche, in particolare quelle in materia di clima, energia e ambiente, nonché per fare un uso ottimale dei finanziamenti pubblici e privati».

¹⁸ Come è noto l'art. 194 TFUE prevede che: «Nel quadro dell'instaurazione o del funzionamento del mercato interno e tenendo conto dell'esigenza di preservare e migliorare l'ambiente, la politica dell'Unione nel settore dell'energia è intesa, in uno spirito di solidarietà tra Stati membri». Dal dato letterale emerge che la competenza in materia di energia, inclusa la promozione delle energie rinnovabili è condivisa tra Unione e stati membri. Ciò implica che qualsiasi nuova misura richiede accordo e cooperazione tra la Commissione, gli stati membri e il Parlamento europeo.

¹⁹ L'economia di questo lavoro non consente, neppure per cenni, di dare conto dell'ecosistema normativo con il quale il giurista è chiamato a confrontarsi. Può essere utile, per l'apparato argomentativo, far riferimento almeno all'art. 3.3. TFUE nel quale si prescrive che l'Unione europea «si adopera per lo sviluppo sostenibile dell'Europa basato [*Omissis*] su un'economia sociale di mercato fortemente competitiva [*Omissis*] e su un elevato livello di tutela e di miglioramento della qualità dell'ambiente». *A verbis legis* si evince che lo Stato e i pubblici poteri hanno il doppio compito di regolare il mercato e perseguire gli obiettivi di giustizia e di solidarietà sociale. A suffragio di tale impostazione, si richiama anche l'art. 37 Carta dei diritti fondamentali dell'Unione europea ove si statuisce che «un livello elevato di tutela dell'ambiente e il miglioramento della sua qualità devono essere integrati nelle politiche dell'Unione e garantiti conformemente al principio dello sviluppo sostenibile». Il legislatore europeo manifesta una particolare sensibilità nei confronti di un approccio integrato alla lotta all'inquinamento e al cambiamento climati-

sta traiettoria conferma la necessità di guardare l'energia non solo come *asset* da gestire tecnologicamente ed economicamente ma anche come bene-servizio connesso all'essenza del vivere²⁰.

3. Nel solco del percorso argomentativo di cui si discorre, si pone l'*Electricity market design package*²¹, diretto a migliorare l'assetto del mercato interno dell'energia elettrica²² sì da incentivare gli investimenti nelle energie rinnovabi-

co di matrice antropogenica, fondato sulla progressiva decarbonizzazione dell'economia, sull'impiego di fonti energetiche rinnovabili e sulla promozione di modelli produttivi e di consumo improntati ai principi dell'economia circolare. L'atto di indirizzo politico che sintetizza mirabilmente la politica legislativa ed economica europea in tema di transizione ecologica ed energetica è il '*Green Deal europeo*', più precisamente la «Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle Regioni, Il Green deal europeo», 11 dicembre 2019, COM (2019) 640 *final*. Per una disamina della politica energetica europea in tema di sviluppo sostenibile, v. C. Fetting, *The European Green Deal, ESDN Report*, 2020, in *esdn.eu*; F. VETRÒ, *Sviluppo sostenibile, transizione energetica e neutralità climatica. Profili di governance: efficienza energetica ed energia rinnovabile nel "nuovo ordinamento" dell'energia*, in AA.Vv., *Scritti in onore di Maria Immordino*, Napoli, 2022, p. 3817 ss.; G.M. MARSICO, *Sull'eventuale esigenza di una rimeditazione delle categorie dogmatiche dell'autonomia privata alla luce della tutela ambientale*, in *Dir. econ.*, 2024, p. 262 ss. Sia, inoltre, consentito il rinvio a S. ZUCCARINO, *Il principio dello sviluppo sostenibile all'interno del framework europeo. Dal New Green Deal europeo alla tassonomia delle attività sostenibili*, in L. RUGGERI, A.E. CATERINI (a cura di), *Produzione e consumo sostenibili*, cit., p. 58 ss. e bibliografia ivi citata.

²⁰ Quasi testualmente, L. RUGGERI, *Energie e sistemi intelligenti*, cit., p. 543. A sostegno della ricostruzione operata nel testo, v. il principio 20 del Pilastro europeo dei diritti sociali, in *commission.europa.eu*, nel quale si qualifica l'energia come servizio essenziale a cui ogni persona ha diritto di accedere e si precisa che l'accesso ai servizi energetici costituisce un aspetto imprescindibile dell'inclusione sociale.

²¹ Si tratta del c.d. quinto pacchetto energia, resosi necessario nel periodo post-pandemico caratterizzato da un incremento dei prezzi energetici acuitosi, ulteriormente, con l'invasione dell'Ucraina da parte della Russia e con il taglio delle sue forniture di gas all'Europa. Esso si compone di tre atti principali: la Dir. (UE) 2024/1711, che modifica la Dir. 2018/2001/UE, sulla promozione dell'impiego di energia da fonti rinnovabili e 2019/944, contenente norme sul mercato al dettaglio di energia elettrica; il Reg. 2024/1747/UE che modifica i Regolamenti 2019/942/UE, relativo all'ACER e 2019/943/UE riguardante principalmente il mercato all'ingrosso dell'energia elettrica; ed il Reg. 2024/1106/UE, tutti consultabili in *eur-lex.europa.eu*.

²² Per una migliore chiarezza espositiva, è vantaggioso notare che il mercato energetico presenta distorsioni endogene che il legislatore intende correggere. In particolare, esso risulta ancora in larga misura centralizzato e oligopolistico, caratterizzato da una forte volatilità dei prezzi che porta a favorire le dinamiche finanziarie più che gli interessi dei consumatori e degli operatori dell'economia reale. Conseguenza di tale assetto è la formazione del prezzo dominata, di fatto, dalla competizione fra i principali operatori (*big players*), mentre gli operatori 'minori' – il cui unico interesse è quello di continuare a beneficiare di eventuali regimi tariffari o meccanismi incentivanti – rimangono sullo sfondo. Per far fronte a tale situazione, il Considerando 6 della Dir. 2019/944/UE pone come centrale il passaggio da una produzione basata su grandi impianti centralizzati a una generazione decentrata da fonti rinnovabili. Non vi sono dubbi che la transizione verso mercati a basse emissioni di carbonio richiede l'adeguamento delle regole di compravendita dell'elettricità e una ridefinizione dei ruoli degli attori del mercato *de quo*. Sul tema, v. P. NOVARO, *Le comunità energetiche nuova declinazione del paradigma sussidiario*, in *Nuove auton.*, 2022, p. 1058 e bibliografia ivi citata.

li, accelerare percorsi di decarbonizzazione e il raggiungimento della neutralità climatica²³ e, allo stesso tempo, migliorare la stabilità e la prevedibilità del costo dell'energia e, conseguentemente, temperare, a vantaggio dei consumatori, l'effetto negativo del rialzo dei prezzi²⁴. Ciò si traduce, nel lungo periodo, in un impatto positivo sul diritto di accesso all'energia e, consequenzialmente, in una riduzione della povertà energetica.

Dall'intreccio dei fili normativi, emerge il virtuoso ricamo di un mercato competitivo ed efficiente, capace di non sacrificare – bensì valorizzare – le istanze e gli obiettivi di giustizia energetica e solidarietà sociale. L'impostazione ora prospettata trova conferma nel Reg. 2024/1735 (UE) del 13 giugno 2024 che «istituisce un quadro di misure per rafforzare l'ecosistema europeo di produzione delle tecnologie a zero emissioni nette» (c.d. *Net Zero Industry Act*). Segnatamente, il legislatore europeo – al fine di favorire progetti capaci di generare ri-

²³ I Considerando 10 e 11 del Reg. 2024/1747/UE confermano che l'accelerazione della diffusione delle energie rinnovabili e di tecnologie pulite flessibili – già presente nel c.d. pacchetto "Fit for 55" per il raggiungimento degli obiettivi al 2030 e la neutralità climatica al 2050 – viene considerato il modo più efficace per ridurre strutturalmente la domanda di combustibili fossili per la generazione elettrica e raggiungere gli obiettivi climatici globali. Si sottolinea, inoltre, che le FER hanno bassi costi operativi e possono esercitare un influsso positivo sui prezzi dell'energia elettrica. Sul punto, G. ROSANOVA, *I contratti bidirezionali per differenza*, in L. RUGGERI, A.E. CATERINI (a cura di), *Produzione e consumo*, cit., p. 144 il quale precisa che «Il significativo effetto riduttivo sui prezzi, prodotto dalla stipula di questi contratti, è evidente per due diversi aspetti: in primo luogo, la massiccia produzione di energia verde è idonea a soddisfare immediatamente la domanda e ridurre sensibilmente i costi del trasporto della materia prima, così riducendo il prezzo di vendita e di acquisto [...]. In secondo luogo, la stipula di contratti per differenza da parte di soggetti pubblici garantirebbe ancor di più la posizione dei clienti finali che gioverebbero della riduzione del prezzo dovuto in bolletta, proporzionalmente al consumo, a seguito del trasferimento e della distribuzione dei proventi recuperati dalla differenza tra il prezzo massimo prestabilito di vendita dell'energia ed il prezzo sul mercato».

²⁴ Nella Risoluzione legislativa del Parlamento europeo del 14 marzo 2023 sulla proposta di regolamento del Parlamento e del Consiglio che modifica il Reg. (UE) 2018/842 – relativo alle riduzioni annuali vincolanti delle emissioni di gas serra a carico degli Stati membri nel periodo 2012-2030 – si evidenzia l'esigenza di una riforma strutturale idonea a contenere la dipendenza del prezzo dell'elettricità dalle quotazioni del gas naturale. Hodie, quest'ultimo incide sulla formazione del prezzo marginale dell'energia. In altre parole, l'aumento del prezzo del gas (e, più in generale, dei combustibili fossili, incluso il carbone) si traduce in un immediato e significativo rialzo dei prezzi all'ingrosso dell'energia elettrica. Il valore dell'energia rinnovabile risulta condizionato da dinamiche previsionali e algoritmiche legate all'andamento dei prezzi di altre fonti (ad es. gas e petrolio). Sul punto, anche se con riferimento al mercato del gas, v. N. HAASE, *European gas market liberalisation: Are regulatory regimes moving towards convergence?*, Oxford, 2008, p. 43 ss. V., ulteriormente e più in generale, L. RUGGERI, *Energie e sistemi intelligenti*, in *Tecn. dir.*, 2024, p. 542 s. L'a. afferma che lo scollamento tra economia reale ed economia finanziaria finisce per ostacolare l'effettività del diritto fondamentale di accesso all'energia quale bene essenziale; e ciò anche perché l'attuale sistema dei controlli appare inadeguato e frammentato, affidato a una pluralità di autorità competenti su singoli segmenti di mercato, in assenza di un coordinamento sostanziale in grado di garantire l'interesse collettivo a fruire di energia pulita a costi proporzionati alle concrete capacità di pagamento di persone, imprese ed enti.

cadute ambientali, sociali e tecnologiche coerenti con gli obiettivi del *Green deal* europeo e con la sicurezza energetica – prevede l'introduzione di criteri non economici obbligatori nelle aste delle rinnovabili a partire dal 30 dicembre 2025. Tra i '*non-price criteria*' che gli Stati membri saranno tenuti a integrare vi sono: il contributo del progetto alla resilienza della catena di approvvigionamento europea, la sostenibilità ambientale delle tecnologie impiegate, la condotta aziendale responsabile, il rispetto di criteri ESG, nonché la sicurezza informatica dei dispositivi installati. Tali elementi confermano lo spostamento del baricentro legislativo europeo da un mero parametro economico a una valutazione olistica della qualità del progetto²⁵.

Lo snodo centrale del ragionamento legislativo è quello di prevedere la modifica dell'assetto del mercato dell'energia affinché i vantaggi connessi alla transizione energetica ricadano effettivamente sui consumatori, in particolare quelli più vulnerabili, garantendone la protezione rispetto a future crisi energetiche e, come anticipato, scongiurando il rischio di un aumento della povertà energetica che, è bene ricordarlo, non riguarda soltanto le persone fisiche ma anche quelle giuridiche, soprattutto nelle forme di vulnerabilità produttiva²⁶.

In tale direzione, il Reg. n. 1747 del 2024 che, nel modificare ed integrare il Reg. 2019/943 (UE) promuove il contratto bilaterale per differenza (CfD) quale meccanismo idoneo ad incentivare il ricorso a risorse e pratiche meno inquinanti rispetto alle precedenti e a coniugare le esigenze di stabilità economica e tutela degli investimenti con il benessere individuale e collettivo. Segnatamente, l'art. 19 *quinquies*, § 1, Reg. 2019/943/UE, dispone che i regimi di sostegno dei prezzi per gli investimenti in nuovi impianti di generazione²⁷ di energia elettrica da fonte eolica, solare, geotermica, idroelettrica senza serbatoio e nucleare²⁸, devono assumere la forma di contratti bidirezionali per differenza (o di regimi equivalenti con gli stessi effetti)²⁹.

²⁵ Sulla visione olistica del sistema energetico, cfr. L. RUGGERI, *Ambiente e tecnologie*, cit., p. 1 ss.; EAD., *Consumatore e prosumerismo energetico nel quadro regolatorio europeo*, in *Rev. actual. jur. iberoamericana*, 2022, p. 3290 ss.

²⁶ Considerando 11 del Reg. 2024/1747/UE.

²⁷ Il Considerando 35 precisa che «Anche se l'obbligo di cui al presente regolamento dovrebbe applicarsi esclusivamente al sostegno agli investimenti in nuovi impianti di generazione, gli Stati membri dovrebbero poter decidere di concedere regimi di sostegno sotto forma di contratti bidirezionali per differenza o di regimi equivalenti con gli stessi effetti anche per i nuovi investimenti volti a ripotenziare in modo sostanziale gli impianti di generazione esistenti o ad aumentarne sostanzialmente la capacità o a prolungarne la durata di vita».

²⁸ Sulla considerazione del nucleare quale attività ecosostenibile, sia consentito rinviare a S. ZUCCARINO, *Il principio dello sviluppo sostenibile*, cit., p. 71 ss. e bibliografia ivi citata.

²⁹ Sui CfD come strumento di *policy* per accelerare la transizione energetica in considerazione del loro ruolo di stabilizzazione dei ricavi che rende bancabili i progetti *low-carbon*, v. l'indagine condotta da A.

Scendendo in *media resa*, ai sensi dell'art. 2, punto 76, del citato Regolamento, il contratto bidirezionale per differenza è quel contratto stipulato tra produttori di energia e un soggetto, generalmente pubblico (tipicamente lo Stato). Quest'ultimo fissa, attraverso procedure di evidenza pubblica, *rectius* aste competitive al ribasso³⁰, un prezzo di esercizio, c.d. *strike price* che rappresenta il prezzo minimo che il produttore – il quale rimane nella disponibilità dell'energia prodotta e provvede, autonomamente o attraverso un *trader*, alla sua vendita sul mercato³¹ – intende ricavare per effetto della futura vendita di energia prodotta.

Se il prezzo all'ingrosso dell'energia elettrica scende rispetto allo *strike price*, rendendo non più remunerativo l'investimento, interviene a favore del produttore, per un periodo di tempo pattiziamente definito, un'integrazione, *id est* compensazione statale, pari alla differenza tra i due prezzi.

Diversamente, se il prezzo dell'energia sale, determinando una eccessiva remunerazione dell'*utilities*, il *surplus* viene prelevato dal contraente pubblico per finanziare, *ex art.* 19 *quinquies*, § 5, Reg. 2019/943/UE³², i regimi di sostegno

ASON, J. DAL POZ, *Contracts for Difference: the Instrument of Choice for the Energy Transition*, 2024, in *oxfordenergy.org*.

³⁰ La regolamentazione delle aste competitive in Italia è contenuta nel decreto FERX transitorio adottato, ai sensi del d.lgs. 8 novembre 2021, n. 199, dal MASE con decreto del 30 dicembre 2024 e attuato dal decreto Dir. del 20 maggio 2025. Il legislatore italiano, nel rispetto di quanto indicato all'art. 19 *quinquies*, § 6 del Reg. 2019/943 (UE), prescrive, per gli impianti di potenza superiore a 1 MW, l'obbligo di partecipazione a procedure competitive, strutturate come aste pubbliche al ribasso e regolate tramite il meccanismo del contratto per differenza (CfD). In estrema sintesi, la procedura si struttura in due fasi: una prima fase di manifestazione di interesse ed una seconda in cui il GSE – valutata la documentazione relativa non solo al possesso dei titoli abilitativi e alla capacità finanziaria del proponente ma anche relativi alla conformità dello stesso ai criteri ambientali (DNSH) – procede all'ammissione alla procedura competitiva per contingenti di capacità differenziati per tecnologia. L'ARERA (Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente) pubblica il prezzo massimo di riferimento per tecnologia e gli operatori offrono uno sconto percentuale su tale valore. I privati che presentano le offerte più basse, fino ad esaurimento del contingente previsto, stipulano il contratto e si vedono riconosciuto il c.d. *strike price* richiamato nel testo. Per un approfondimento, si rinvia alla documentazione reperibile sul sito del Gestore dei Servizi energetici: *gse.it*.

³¹ A differenza di quanto avviene per gli impianti di produzione sotto i 200 Kw che cedono direttamente l'energia prodotta al GSE e ricevono lo *strike price* come tariffa omnicomprensiva, per gli impianti più grandi, cioè quelli attenzionati nella presente analisi, l'energia resta nella proprietà del produttore il quale provvede a venderla sul mercato. Può essere utile, in questa sede, precisare che il sistema incentivante delineato dal dm FERX transitorio opera su un doppio canale di accesso fondato su una distinzione di carattere dimensionale tra impianti con potenza inferiore ad 1 MW che accedono agli incentivi senza necessità di partecipare a procedure competitive e impianti con potenza superiore a 1 MW per i quali si richiama quanto scritto nella nota 30.

³² Il legislatore europeo prescrive che: «Gli eventuali ricavi, o l'equivalente in valore finanziario di tali ricavi, derivanti dai regimi di sostegno diretto dei prezzi sotto forma di contratti bidirezionali per differenza e di regimi equivalenti con gli stessi effetti di cui al paragrafo 1 sono distribuiti ai clienti finali. Fatto salvo il primo comma, i ricavi, o l'equivalente in valore finanziario di tali ricavi, possono essere utilizzati anche per finanziare i costi dei regimi di sostegno diretto dei prezzi o degli investimenti volti a ridurre i costi dell'energia elettrica per i clienti finali. La distribuzione dei ricavi ai clienti finali è concepita in modo da

diretto dei prezzi o degli investimenti, anche sulle infrastrutture³³, volti, comunque, a ridurre i costi dell'energia per i clienti finali, *rectius* mitigare il costo delle bollette energetiche³⁴.

Dall'analisi del dato normativo emerge la *voluntas legis* di assicurare una maggiore stabilità dei ricavi e attenuare il rischio economico legato alla volatilità dei prezzi dell'energia³⁵. Più precisamente, si intende colmare il divario tra la remunerazione effettivamente conseguibile e quella necessaria a rendere l'investimento economicamente sostenibile sì da stimolare gli investimenti privati verso tecnologie e forme di generazione a minore impatto ambientale.

Ricondotta nei termini sopra descritti, la fattispecie negoziale *de qua* risulta attrattiva, specialmente nei periodi di insufficienza degli incentivi di mercato, per quelle iniziative imprenditoriali contraddistinte da elevati costi iniziali e da tempi di rientro medio-lunghi. Tali progetti sono, infatti, maggiormente esposti alle oscillazioni dei prezzi e, quindi, all'instabilità dei ricavi.

Riannodando le considerazioni svolte, è utile osservare che il contratto bidirezionale per differenza permette, da un lato, la protezione del produttore dal ribasso dei prezzi, garantendogli una remunerazione minima che facilita la bancabilità dei progetti e, dall'altro, la previsione di un tetto massimo ai ricavi di mercato³⁶ che costituisce sì una limitazione alla libertà di impresa *ex art.* 16 della

mantenere gli incentivi a ridurre il consumo o a spostarlo verso periodi in cui i prezzi dell'energia elettrica sono bassi e da non compromettere la concorrenza tra i fornitori di energia elettrica».

³³ Il successo degli obiettivi di decarbonizzazione richiede l'impegno della politica a creare infrastrutture adeguate. Sul punto ed in maniera molto chiara, il Reg. 2022/2577/UE, adottato dalla Commissione per fronteggiare la crisi energetica conseguente alla guerra in Ucraina, ove si considera di interesse pubblico prevalente «la pianificazione, la costruzione e l'esercizio degli impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili, la loro connessione alla rete, la rete stessa» e, in particolar modo gli impianti di stoccaggio considerato che le fonti rinnovabili non garantiscono una produzione continua. Sul punto, v. anche il *Report* di ACER (Agenzia dell'UE per la cooperazione fra i regolatori nazionali dell'energia) del 10 luglio 2025, in *acer.europa.eu*.

³⁴ L. RUGGERI, *Energie e sistemi intelligenti*, cit., p. 535; M. GIOBBI, *Sostenibilità ambientale, dimensione energetica e diritti umani*, in L. RUGGERI, A.E. CATERINI (a cura di), *Produzione e consumo sostenibili tra politiche legislative e prassi adaptive*, Napoli, 2023, p. 81 ss.

³⁵ Sui profili di criticità che tale strumento può presentare, v. l'analisi condotta da F. DONATI, *La proposta di riforma del mercato dell'energia elettrica dell'Unione europea*, in *Riv. reg. merc.*, 2023, p. 6 ove possiamo leggere che «i CfS sono senz'altro idonei a promuovere la realizzazione di nuove centrali di energia da fonti rinnovabili perché assicurano una rendita fissa agli investimenti, facilitandone il finanziamento. Il principale rischio legato alla diffusione di questo tipo di supporto alle rinnovabili dipende tuttavia dalla possibilità che, nel tempo, il prezzo di esercizio possa rilevarsi troppo alto rispetto all'evoluzione dei prezzi di mercato. In tal caso, il rischio legato alle oscillazioni dei prezzi finirebbe per gravare sulle bollette degli utenti». Sul punto, si rinvia anche a A. ASON, J. DAL POZ, *o.c.*

³⁶ Così l'art. 19 *quinquies*, § 2, lett. c, Reg. 2024/943/UE ove testualmente si prevede che il regime di sostegno dei prezzi sotto forma di contratti bidirezionali per differenza è concepito al fine di «assicurare che il livello della protezione della remunerazione minima e del limite massimo all'eccesso di remunerazione

Carta di Nizza ma, come precisato in sede di proposta di riforma, una limitazione necessaria e proporzionata³⁷ in considerazione degli obiettivi di interesse generale perseguiti quali la decarbonizzazione, la stabilità dei prezzi e la sicurezza energetica.

4. L'operazione contrattuale, per come configurata dal legislatore europeo, non può essere semplicisticamente ricondotta allo schema della sovvenzione statale³⁸. È bene precisare, infatti, che l'intervento pubblico, quando presente, non si limita a trasferire risorse in modo unilaterale ma si incardina in un vincolo bilaterale che prevede, strutturalmente, l'eventualità speculare della restituzione. Sì che è possibile affermare che ci troviamo dinanzi ad un contratto sinallagmatico nel quale la prestazione di ciascuna parte consiste nell'assunzione di un'obbligazione di pagamento condizionata all'andamento del parametro di riferimento. La corrispettività non si esprime attraverso uno scambio "merce-prezzo", bensì attraverso la reciprocità di obblighi monetari alternativamente attivabili in funzione di uno scostamento (positivo o negativo) tra prezzo fisso e prezzo variabile. Il CfD presenta, inoltre, una aleatorietà endogena in quanto i paciscenti accettano che l'entità (e perfino la direzione) della prestazione sia

siano allineati al costo del nuovo investimento e ai ricavi di mercato, per garantire la sostenibilità economica a lungo termine dell'impianto di generazione evitando nel contempo una sovracompensazione». È utile evidenziare che la struttura 'a doppia via' del contratto bidirezionale è possibile grazie alla crescente digitalizzazione del mercato energetico, che consente, attraverso l'utilizzo di algoritmi, di monitorare l'andamento dei prezzi e di attivare meccanismi di contenimento non soltanto degli stessi, ma anche dei margini di profitto degli attori del mercato. Sulla digitalizzazione del settore energetico, interessanti spunti di riflessione sono contenuti in: L. RUGGERI, *o.u.c.*, p. 544 ss.

³⁷ A precisazione di quanto affermato nel testo, si può rilevare che la proporzionalità è garantita dal fatto che le modifiche sono prospettiche e non retroattive, esse si applicano solo ai nuovi investimenti con periodi transitori adeguati, inoltre la partecipazione al CfD è volontaria, come precisato nell'art. 19 *quinquies*, § 1, e i produttori mantengono vie alternative di accesso al mercato ed, infine, le clausole restrittive [es. le penali, ex art. 19 *quinquies*, § 2, lett. f, Reg. 2019/943 (UE)] in caso di indebita risoluzione anticipata unilaterale del contratto) sono mirate solo a sanzionare il comportamento opportunistico, quale l'uscita in periodi di prezzi alti per evitare il *clawback* e non si applicano, ad esempio, nel caso di risoluzione del contratto per impossibilità o eccessiva onerosità sopravvenuta.

³⁸ La presenza di un sussidio pubblico per la realizzazione degli impianti di generazione di energia verde, nelle forme di sostegno diretto dei prezzi, può leggersi come un'ipotesi di legittimazione unitaria degli aiuti di Stato che si fonda sull'art. 107, §§ 2 e 3, lett. c, TFUE. La necessità di promuovere la transizione ecologica di un servizio di interesse generale, qual è l'energia, giustifica una attenuazione e/o sospensione delle regole sulle quali è fondato il mercato europeo. In tale direzione, nel 2023 la Commissione ha adottato il "Quadro temporaneo di crisi e transizione", strumento di *soft law*, diretto ad individuare gli aiuti compatibili con il diritto dell'Unione. Questo ha trasformato la disciplina degli aiuti di Stato da strumento di sola politica concorrenziale a strumento di politica industriale e di governance delle emergenze. Sul diritto transazionale e sul suo impatto sulle regole del mercato, v. l'indagine condotta da L. RUGGERI, *Diritto della transizione e sostenibilità*, cit., p. 35 ss.

incerta *ex ante*, poiché proprio tale incertezza corrisponde al rischio di prezzo che il contratto mira a riallocare³⁹.

Non può essere dubbio alcuno che si tratta di un contratto atipico, *ex art.* 1322, comma 2, c.c., caratterizzato da una funzione complessa che è al tempo stesso di finanziamento, *rectius* di copertura del rischio e di regolazione degli investimenti, con una componente redistributiva incorporata nella clausola di restituzione dell'extra-profitto.

Segnatamente, il contratto bidirezionale per differenza è diretto a riequilibrare il contenuto contrattuale e, quindi, il mercato in un settore complesso e fortemente regolamentato dove il prezzo dei beni/servizi proposti incide non solo sulle scelte imprenditoriali ma anche sul soddisfacimento dei bisogni primari della persona umana, realizzando così una uguaglianza sostanziale poiché il prezzo dell'energia risulta legato ai bisogni delle persone⁴⁰. Come meglio si preciserà nel paragrafo che segue, il contratto in esame, colorato dalla sostenibilità, appare meritevole di tutela perché diretto a realizzare i valori identificativi della legalità costituzionale.

5. Proseguendo nel percorso tracciato si può utilmente evidenziare che, attraverso il contratto bidirezionale per differenza⁴¹, il legislatore intende, senza distorcere la concorrenza⁴², bilanciare le esigenze di stabilità economica e tutela

³⁹ Sulla differenza tra i CfD operativi nel mercato finanziario e quello del mercato energetico, v. G. ROSANOVA, *o.c.*, p. 131 ss. e bibliografia ivi citata. L'a. rileva che il CfD del mercato energetico, sebbene formalmente assimilabile ad un derivato finanziario, presenta una propria specificità. I CfD finanziari puri sono, infatti, caratterizzati dall'alea speculativa mentre, nel settore energetico, la predeterminazione di un prezzo minimo e massimo attenuerebbe l'alea, consentendo alle parti di prevedere, al momento della conclusione, i possibili scenari di perdite e guadagni. Considerato che la funzione del contratto *de quo* non è la speculazione ma l'allocatione del rischio tra operatore privato ed ente pubblico, si può affermare, secondo l'a., che il CfD funge da contratto di copertura finanziaria.

⁴⁰ Sull'incidenza della dimensione sociale sulla contrattazione energetica, si rinvia a M. FRANCESCA, *Bene-energia. Abusi del mercato e nuovi domini*, in in *Nuovo dir. civ.*, 2023, p. 26 ss.; M. GIOBBI, *o.u.c.*, p. 90.

⁴¹ La strategia energetica europea punta sugli strumenti contrattuali a lungo termine capaci di garantire agli operatori segnali di prezzo stabili sì da favorire gli investimenti nelle fonti rinnovabili e, conseguentemente, la transizione verso un sistema energetico più sostenibile. Sul punto, v. l'analisi condotta, nel presente volume, sul *power purchase agreement*. Cfr. ancora M. VALEU, *I contratti per la realizzazione di impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili*, in S. MONTICELLI, A. BONAFEDE (a cura di), *Comunità energetiche 2.0. L'autoconsumo alla luce dei recenti aggiornamenti normativi*, Napoli, 2024, p. 172 ss.

⁴² L'art. 19 *quinquies*, § 2 del Reg. 2019/943 (UE), prevede testualmente che «Tutti i regimi di sostegno diretto dei prezzi sotto forma di contratti bidirezionali per differenza e di regimi equivalenti con gli stessi effetti sono concepiti per: a) preservare gli incentivi affinché l'impianto di generazione funzioni e partecipi in modo efficiente ai mercati dell'energia elettrica, in particolare per rispecchiare le condizioni di mercato; b) prevenire qualsiasi effetto distortivo del regime di sostegno sulle decisioni in materia di funzionamento, dispacciamento e manutenzione dell'impianto di generazione o sul comportamento dell'offerta nei mercati del giorno prima, infragiornaliero, dei servizi ancillari e di bilanciamento [*Omissis*]; d) evitare indebite

degli investimenti con l'interesse pubblico che, nel lungo periodo, si estrinseca nel garantire il diritto fondamentale di accesso all'energia e nella lotta al cambiamento climatico.

Gli addentellati legislativi in esame confermano, pertanto, la centralità dello strumento contrattuale che, soggetto alle tecniche normative di conformazione, acquisisce una valenza assiologica prevalente rispetto alla mera razionalità economica del mercato e diviene un mezzo fondamentale della transizione⁴³. Come anticipato nell'*incipit* di queste riflessioni, l'attività contrattuale risulta, dunque, permeata dalla sostenibilità che ne costituisce non un mero limite intrinseco ma un valore positivo da conseguire, divenendo parametro di liceità e meritevolezza⁴⁴, *id est* conformità valoriale degli atti di autonomia negoziale.

Se è corretta l'orbita dalla quale muove il ragionamento, si può concludere che lo strumento contrattuale in esame si inserisce perfettamente in un contesto fondato sulle logiche del mercato e, quindi, sui principi di libera iniziativa economica privata e della concorrenza ma in un'ottica che pone in primo piano gli obiettivi pubblici in materia di sostenibilità sociale, ambientale ed economica⁴⁵.

distorsioni della concorrenza e del commercio nel mercato interno, in particolare determinando gli importi di remunerazione tramite una procedura di gara competitiva aperta, chiara, trasparente e non discriminatoria. Nei casi in cui non sia possibile condurre una siffatta procedura di gara competitiva, i contratti per differenza o i regimi equivalenti con gli stessi effetti, e i prezzi di esercizio applicabili, sono concepiti in modo da garantire che la distribuzione dei ricavi alle imprese non crei indebite distorsioni della concorrenza e del commercio nel mercato interno; e) evitare distorsioni della concorrenza e del commercio nel mercato internazionale risultanti dalla distribuzione dei ricavi alle imprese».

⁴³ Sulla necessità di rivedere le categorie tradizionali del diritto civile e, in particolare, il contratto, cfr. N. LIPARI, *Premesse per un diritto civile dell'ambiente*, in P. PERLINGIERI, S. GIOVA, I. PRISCO (a cura di), *Cambiamento climatico, sostenibilità e rapporti civili*, cit., p. 301 ss. L'a. osserva che il giurista deve liberarsi dal «condizionamento delle categorie qualificanti alle quali è stato educato» nella consapevolezza che «il senso del fenomeno giuridico sta tutto nel suo esercizio. E questo esercizio non si misura secondo paradigmi astratti, ma nella realtà storica». Non può sfuggire che, nella prospettiva ecologica, è necessario ripensare alla teoria del contratto che non può più essere inteso come semplice e anelastico autoregolamento di privati interessi. In tale direzione, risulta di grande attualità l'intuizione di Pietro Perlingieri il quale, nell'individuare la persona come fondamento di legittimità dell'ordinamento, promuove una rilettura assiologica di istituti giuridici di impronta schiettamente patrimoniale. Nelle sue pagine possiamo leggere che «Portare la personalità al primo posto nell'ambito della gerarchia dei valori significa che molti degli istituti che avevano assunto originariamente una funzione di un certo tipo, nel nuovo assetto costituzionale, proprio per attuare il massimo valore dell'ordinamento (ossia la tutela della personalità) vengono ad assumere dimensioni, funzioni molto diverse da quelle originarie». P. PERLINGIERI, *Per un positivismo giuridico inclusivo, Note minime su diritto e cultura*, in *Ann. Sisdic*, 2013, p. 159 ss.

⁴⁴ L'ecologismo «non agisce soltanto con la diade liceità-illiceità, ma si avvale della più coerente e promuovente simbiosi della legalità costituzionale nelle regole applicate: la meritevolezza». Così E. CATERINI, o.c., p. 95; G. PERLINGIERI, *In tema di «sostenibilità»*, in *Teoria prassi. dir.*, 2024, p. 167 ss.

⁴⁵ È opportuno porre in risalto che l'assiologia ordinamentale nella quale è calato il contratto bidirezionale per differenza è un'«assiologia di rilevanza normativa che non si immedesima con le ferree logiche mercantili ma, convivendo realisticamente con esse, le corregge e le indirizza con ragionevolezza storica

Il CfD presenta una forte attitudine a realizzare interessi non solamente individuali ma anche generali, coniugando – al contempo – la struttura aperta e competitiva del mercato energetico con il benessere delle persone, dando voce alle istanze di solidarietà⁴⁶. Sì che, innanzi a simili dati, il contratto bidirezionale per differenza rappresenta il *knock down argument* per affermare il tramonto della tralatizia dicotomia tra un diritto pubblico preposto alla realizzazione dell'interesse superiore dello Stato e un diritto privato regno dell'individualismo indifferente alla cura dell'interesse collettivo. Infatti, attraverso l'iniziativa privata, si perseguono anche obiettivi di carattere generale. Più precisamente, la concretizzazione dell'interesse individuale soddisfa contemporaneamente quello della collettività, e dall'altro, quest'ultimo è pur sempre funzionalizzato all'attuazione dell'interesse individuale.

Si condivide la posizione di chi sostiene che «[L]'emersione della questione climatica contribuisce a rendere ancor più evidente l'assoggettamento alla medesima gerarchia di valori dei diversi rami dell'ordinamento, l'unitarietà del quale rende insostenibile ogni distinzione qualitativa tra interesse pubblico e interesse privato»⁴⁷. In tale prospettiva, il CfD può essere descritto come uno strumento di “regolazione mediante contratto”, in cui il diritto privato diviene veicolo di attuazione di un interesse pubblico e, al contempo, di disciplina dei trasferimenti economici connessi all'andamento del mercato. A tal proposito va rilevato che il contenuto del contratto non è neutro rispetto al funzionamento del mercato

alle esigenze effettive dell'uomo». Cfr. P. PERLINGIERI, *Le ragioni del mercato e le ragioni del diritto. Dalla Comunità economica europea all'Unione europea*, in ID., E. CATERINI (a cura di), *Il diritto dei consumi*, Napoli-Rende, 2009, p. 7 ss.

⁴⁶ M. GIOBBI, *Riforma del mercato elettrico e autonomia privata*, in R. ESPOSITO, L. PENNISI (a cura di), *Il sistema multilivello di attuazione del PNRR e del Green Deal*, Napoli, 2025, p. 303 ss.

⁴⁷ G. CARAPEZZA FIGLIA, *o.c.*, p. 167 ss. Il quale afferma che si assiste ad una nuova dialettica tra diritto pubblico e diritto privato ispirata alla politica del c.d. “*human-rights-based*”. Sulla necessità di operare una convergenza valoriale tra pubblico e privato, illuminanti sono le parole di P. PERLINGIERI, *Il diritto civile nella legalità costituzionale*, IV, Napoli, 2020, p. 48 ss. L'economia di questo lavoro non consente di dare conto della vasta bibliografia sul rapporto tra diritto pubblico e diritto privato. V., *ex multis*, M. GIORGIANNI, *Il diritto privato e i suoi attuali confini*, in *Riv. Trim.*, 1961, p. 391 ss.; S. PUGLIATTI, *Diritto pubblico e diritto privato*, in *Enc. dir.*, XIII, Milano, 1964; U. BRECCIA, *L'immagine che i privati hanno del diritto pubblico*, in *Riv. crit. dir. priv.*, 1989, p. 199 ss. Più di recente, G. CALABRESI, *Introduzione*, in AA.VV., *Benessere e regole dei rapporti civili. Lo sviluppo oltre la crisi, Atti del 9° Convegno Nazionale SISDIC*, 2014, p. 7 il quale afferma che «la bellezza del diritto civile è proprio il fatto di essere sia privato che pubblico». Ancora, M. GRAZIADEI, *Diritto privato e diritto pubblico: una profonda trasformazione di sensi*, in G.A. BENNACCHIO, M. GRAZIADEI (a cura di), *Il declino della distinzione tra diritto pubblico e diritto privato*, Trento, 2015, p. 353 ss.; A. ZOPPINI, *Il diritto privato e i suoi confini*, in F. PISTELLI (a cura di), *Diritto Pubblico e Diritto Privato. La grande “dicotomia” ieri e oggi, personaemercato.it*, p. 37 ss.; G. VETTORI, *Introduzione*, *ivi*, p. 3. Con espresso riferimento alla tematica ambientale, si rinvia, anche per la bibliografia *ivi* citata, a B. POZZO, *La dialettica tra diritto privato e diritto pubblico nella tutela dell'ambiente*, in *Ann. Dir. comp.*, 2021, p. 3 ss.

elettrico. In altre parole, la determinazione del prezzo di riferimento, la quantificazione del volume di energia oggetto di copertura, le clausole di coordinamento con le regole del dispacciamento integrano contenutisticamente il contratto, conformando il sinallagma.

6. Provando a ricapitolare le riflessioni sinora svolte, è significativo ribadire che il settore energetico si trova al centro di una trasformazione profonda che non è soltanto tecnologica, ma anche istituzionale e giuridica. Nelle pagine che precedono si è sottolineata la necessità di ripensare e riequilibrare il mercato *de quo*, individuando strumenti innovativi capaci di guidare la transizione in atto verso modelli più resilienti e sostenibili. In tale contesto si colloca la regolamentazione del CfD che mira ad assicurare un percorso di crescita economica, ambientale e sociale coerente con la sostenibilità. Lo strumento contrattuale in esame, infatti, non si limita a definire prestazioni e corrispettivi secondo la logica tradizionale dello scambio, ma interviene attivamente nella regolazione del mercato, orientando comportamenti, incidendo sugli incentivi e concorrendo al riequilibrio tra interessi pubblici e privati con il dichiarato obiettivo di sostenere gli investimenti in progetti di energia rinnovabile.

In altre parole, il contratto diviene un laboratorio di avanguardia di politica del diritto in quanto la dinamica pattizia, pur radicata nell'autonomia negoziale, viene funzionalizzata a fini che trascendono l'interesse immediato delle parti, secondo un disegno in cui competizione e apertura del mercato sono chiamate a convivere con giustizia e solidarietà sì da promuovere il ben-essere delle persone.

Nell'ambito della indicata impostazione, si può affermare che lo schema contrattuale *de quo* può concorrere a costruire un ordine assiologico capace di coniugare l'iniziativa economica con la tutela della persona e dei suoi diritti fondamentali, confermando che, nell'esperienza giuridica contemporanea, il contratto (*rectius*, l'autonomia negoziale, nelle sue molteplici declinazioni) tende a divenire un potente veicolo di attuazione dei valori fondamentali del sistema. Si delinea, pertanto, un mercato energetico nel quale risulta sempre più accentuata la centralità di una contrattazione funzionalmente orientata alla regolazione e connotata dalla convergenza verso un interesse comune, senza che ciò implichi la negazione del pluralismo degli interessi, ma piuttosto la sua composizione entro un quadro di responsabilità e di sostenibilità.

L'economia delle fonti rinnovabili variabili: effetti di penetrazione, variabilità dei prezzi di mercato e contratti per differenza*

Matteo Alvisi

SOMMARIO: 1. Introduzione: il ruolo delle fonti rinnovabili variabili nella transizione energetica. – 2. Tecnologie programmabili e variabili: struttura dei costi e valore di mercato. – 3. Effetti della penetrazione delle rinnovabili sui prezzi di mercato. – 3.1. L'effetto d'ordine di merito. – 3.2. L'effetto di cannibalizzazione. – 3.3. Volatilità dei prezzi. – 4. I contratti per differenza. – 4.1. Forme e caratteristiche dei CpD e loro implicazioni sui mercati elettrici. – 4.2. CpD: tra strumento di mercato e meccanismo di sostegno. – 4.3. Implicazioni di policy e ricerca futura sulla crescita dei CpD.

1. Una delle eredità della recente crisi energetica globale potrebbe essere l'avvio di una fase storica di superamento dei combustibili fossili. Stiamo assistendo a un cambiamento che appare ormai strutturale: secondo lo *Scenario delle Politiche Dichiarate* (STEPS) (IEA, 2023), la domanda globale di carbone, petrolio e gas naturale raggiungerà il suo picco prima del 2030 (Fig. 1). Questo non significa che siano già in atto tutte le misure necessarie, ma che – almeno a livello di impegni politici – i governi stanno iniziando a tracciare una traiettoria diversa da quella seguita negli ultimi decenni.

* Questo contributo, ora con note a piè di pagina, è stato presentato al Convegno “Rivoluzione energetica e mobilità del terzo millennio fra mercato impatto sociale”, nell'ambito del progetto PRIN2022 – SOS (Smart and/Or Sustainable) Mobility, Bologna, 17-18 giugno 2025, nella sessione “I contratti per l'approvvigionamento sostenibile di energia elettrica”.

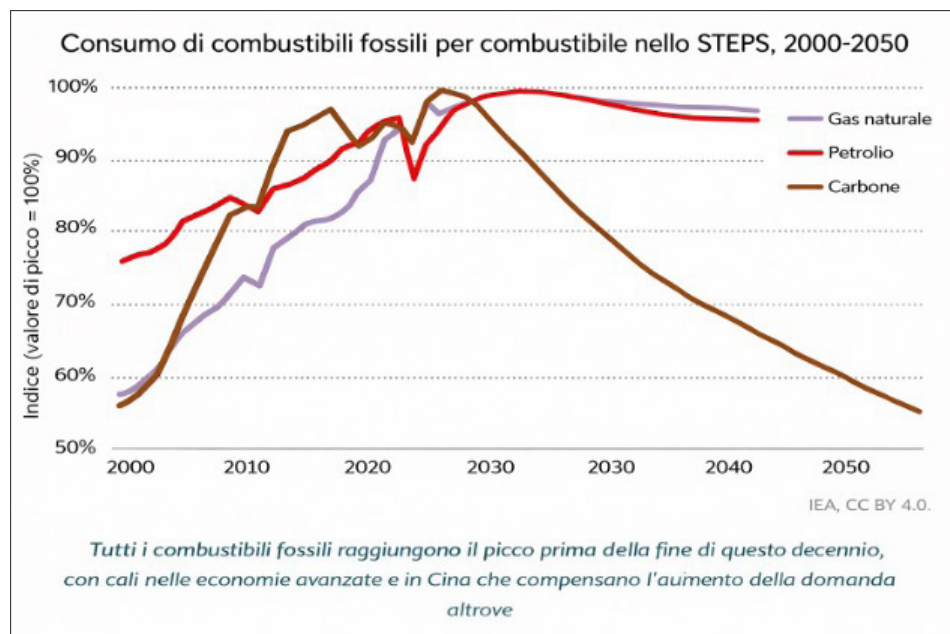


Fig. 1. Consumo di combustibili fossili per fonte nello scenario STEPS, 2000-2050. Fonte: IEA (2023).

Nonostante questo slancio, il settore elettrico resta ancora fortemente legato alle fonti fossili, che nel 2023 hanno rappresentato circa il 60% della produzione mondiale di elettricità (Fig. 2, IEA, 2024a). Si tratta di un dato difficile da conciliare con gli obiettivi dell'Accordo di Parigi (UNFCCC, 2015), che richiederebbero una riduzione molto più rapida delle emissioni. Da qui l'urgenza, riaffermata anche alla COP28 (UNFCCC, 2023), di triplicare la capacità rinnovabile entro il 2030, ridurre le emissioni di metano e aumentare gli investimenti nei Paesi emergenti, Cina esclusa.

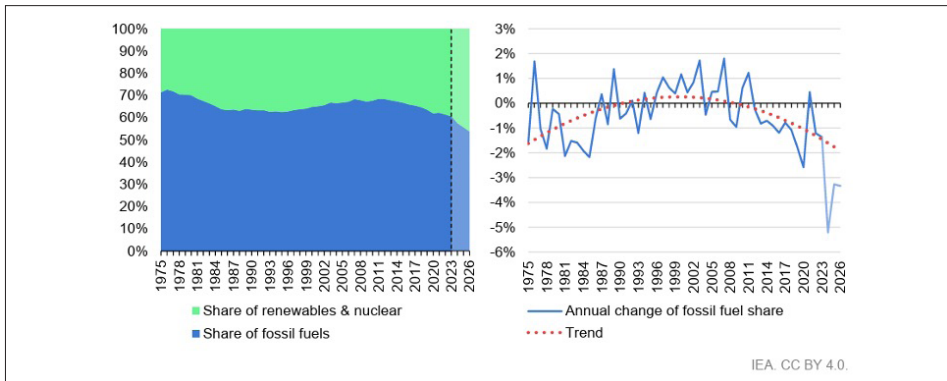


Fig. 2. Evoluzione delle quote delle fonti a basse emissioni rispetto ai combustibili fossili nella generazione elettrica globale (a sinistra) e variazione annuale della quota dei combustibili fossili (a destra), 1975-2026. Fonte: IEA (2024a).

Oggi, con una temperatura media globale già aumentata di oltre un grado rispetto ai livelli preindustriali (WMO, 2024), accelerare la decarbonizzazione dell'economia è imprescindibile. A tale riguardo, al fine di centrare l'obiettivo di neutralità climatica entro il 2050, sempre l'IEA indica la necessità di investimenti ben più ambiziosi: si parla di almeno 500 miliardi di dollari in più ogni anno in rinnovabili, reti e accumuli (IEA, 2024b).

Le tecnologie del futuro dovranno quindi essere sostenibili dal punto di vista ambientale, affidabili dal punto di vista tecnico e accessibili sul piano economico. Le fonti rinnovabili rispondono sempre meglio a questi criteri: sono abbondanti, diffuse, a basso impatto ambientale e sempre più competitive anche sul fronte dei costi (SENS *et al.*, 2022; IRENA, 2024).

2. Nel sistema elettrico, produzione e consumo devono essere sempre bilanciati in tempo reale: l'elettricità, infatti, non si immagazzina facilmente. Storicamente, questo equilibrio è stato garantito grazie a tecnologie programmabili, cioè in grado di adattare la produzione in base alla domanda. Alcune – come il nucleare – sono pensate per funzionare in modo costante (*base load technologies*); altre – come le turbine a gas – sono più flessibili e più adatte a rispondere rapidamente ad eventuali picchi di domanda (*peak load technologies*). Per questa ragione, la scelta del mix tecnologico ha quindi sempre tenuto conto non solo dei costi, ma anche della capacità di adattamento delle diverse fonti alle variazioni della domanda (STOFT, 2002; LÓPEZ PROLL, SCHILL, 2021).

Le rinnovabili variabili (REV), come il solare e l'eolico, si inseriscono in questo quadro con caratteristiche completamente diverse: la loro produzione non è programmabile, ma dipende dalle condizioni meteorologiche. Dal punto di

vista economico, hanno costi di investimento iniziali elevati ma costi operativi (variabili) bassissimi (Fig. 3). Infatti, una volta installato l'impianto, il costo per produrre un ulteriore MWh è praticamente nullo (BORENSTEIN, 2012).

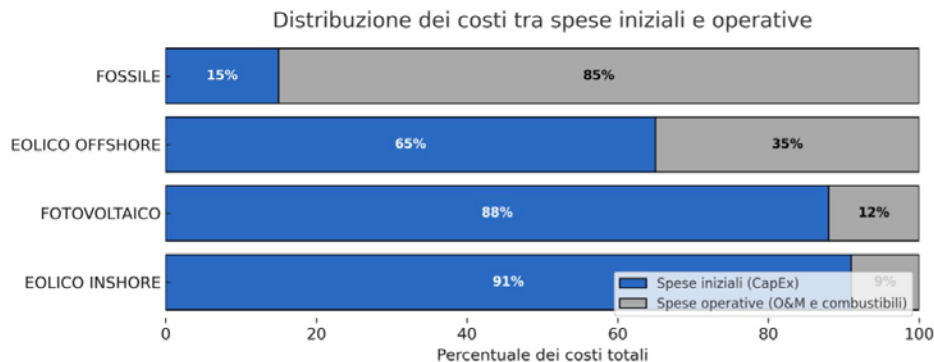


Fig. 3. Intensità del capitale degli impianti fossili, fotovoltaici ed eolici. Le fonti rinnovabili presentano un'elevata incidenza di costi in conto capitale principalmente nella fase di investimento iniziale, accompagnata da costi operativi relativamente contenuti. Di conseguenza, vengono solitamente messe in funzione prima degli impianti fossili. (CapEx = spese in conto capitale; O&M = operazioni e manutenzione). Fonte: BEITER et al. (2024).

Per quel che riguarda il valore economico dell'energia prodotta, esso non dipende solo da quanto si produce, ma da *quando* si produce. Se una fonte genera elettricità proprio nelle ore in cui il prezzo di mercato è alto, il suo valore è maggiore. Nel caso delle REV, ciò dipende da come si allineano produzione e prezzo nel tempo. All'inizio della loro diffusione, le rinnovabili riescono spesso a produrre proprio nei momenti "giusti" e quindi a ottenere buoni ricavi. Ma man mano che la loro penetrazione aumenta, tendono a saturare il mercato proprio nelle fasce orarie più favorevoli – ad esempio il solare a mezzogiorno – spingendo i prezzi verso il basso. Questo finisce per ridurre proprio il valore economico dell'energia che producono (LAMONT, 2008)¹. Nella sezione seguente, analiz-

¹ Il valore economico di una REV dipende principalmente da due elementi: il fattore di capacità medio, cioè la quantità di energia prodotta rispetto alla potenza massima, e la covarianza tra la produzione della REV e il prezzo dell'energia nel tempo. Un fattore di capacità elevato aumenta direttamente il valore economico, perché più energia viene effettivamente immessa nel sistema. La covarianza, invece, misura quanto la produzione si sincronizza con i periodi di prezzi elevati: se è positiva, la REV produce quando l'elettricità è più richiesta e costosa, aumentando il valore economico; se è negativa, la produzione coincide con momenti di prezzi bassi, riducendo il valore marginale dell'energia. L'aumento della penetrazione pone spesso le REV in questo secondo caso, perché esse tendono a generare energia proprio nei momenti in cui l'elettricità ha un prezzo basso. Invece, nei momenti in cui la domanda cresce e i prezzi salgono, ad esempio nelle ore serali, la produzione da queste fonti, come nel caso del fotovoltaico, si riduce o si azzerava. Il risultato è che il valore economico dell'energia prodotta da una REV risulta mediamente inferiore a quello del

ziamo più in dettaglio come questi meccanismi si riflettono sul funzionamento dei mercati elettrici.

3. Cominciamo da un effetto ormai ben noto e documentato: quello che in letteratura viene chiamato *merit-order effect*, o effetto d'ordine di merito. Per comprenderne l'impatto, ricordiamo che il prezzo e la quantità di equilibrio dell'elettricità scambiata ogni ora sul mercato spot all'ingrosso sono determinati dall'intersezione tra le curve di domanda e offerta. Poiché l'elettricità è un bene perfettamente omogeneo lungo tre dimensioni fondamentali – il tempo, lo spazio e l'intervallo tra la stipula del contratto e la consegna (HIRTH *et al.*, 2016) –, in equilibrio il prezzo tende a riflettere il costo marginale di produzione dell'ultima fonte/impianto utilizzato in ogni istante, luogo e sessione di mercato (fatta eccezione per i periodi di picco della domanda). Tuttavia, a seconda delle caratteristiche specifiche e delle condizioni operative del mercato stesso, il prezzo può manifestare variazioni significative lungo queste stesse dimensioni (LÓPEZ PROLL, SCHILL, 2021)².

Nel breve periodo, e quindi tipicamente nei mercati *spot*, la domanda (D) è generalmente considerata perfettamente anelastica, poiché la maggior parte dei consumatori, ad oggi, non reagisce significativamente ai prezzi in tempo reale. Per questo motivo, essa è rappresentata nella Fig. 4 come una linea verticale³. La curva di offerta (O) è determinata dai costi marginali di tutti gli impianti

mercato, generando così un disincentivo all'investimento: anche se l'impianto è tecnicamente efficiente e produttivo, il suo contributo al sistema ha un peso economico minore. Formalmente, il valore marginale di un generatore programmabile (VM_p) è la somma delle differenze tra il prezzo orario dell'elettricità (λ_h) e il costo variabile (CV, assunto costante) per tutte le ore in cui il generatore produce alla massima capacità (h^*): $VM_p = \sum_h (\lambda_h - CV)$. Invece, il valore marginale di un generatore variabile (VM_{REV}) è dato dal prezzo medio dell'elettricità ($\bar{\lambda}$) moltiplicato per il fattore di capacità medio (produzione effettiva rispetto alla capacità di picco, $\overline{FC}$), più la covarianza tra il prezzo orario e il fattore di capacità orario [$cov(\lambda, FC)$] per tutte le ore dell'anno (H): $VM_{REV} = [\bar{\lambda} \times \overline{FC} + cov(\lambda, FC)] \times H$ (LÓPEZ PROLL, SCHILL, 2021).

² Più in dettaglio, in mercati perfettamente concorrenziali e privi di distorsioni, un contratto per la fornitura di elettricità con uguale termine di consegna ha lo stesso valore indipendentemente dal momento della stipula. In tali condizioni, il prezzo dell'elettricità riflette il costo marginale di produzione dell'ultima unità richiesta in un dato istante e luogo. Tuttavia, nella pratica, il prezzo presenta variazioni temporali significative (ad esempio, differenze tra ore notturne, diurne e di picco), spaziali dovute a congestioni di rete, nonché differenze tra mercati a termine e spot.

³ Ciò non vale per i mercati a termine, dove i consumatori possono pianificare i propri consumi e di conseguenza formulare offerte. Inoltre, si prevede che l'elasticità della domanda aumenterà in futuro nella maggior parte dei mercati, poiché verranno implementate diverse misure di *demand response* per fornire flessibilità al sistema elettrico. Tuttavia, per semplicità, rappresentiamo qui la domanda come perfettamente anelastica. I meccanismi di *demand response* comprendono un insieme coordinato di strumenti, tecnologie e regole di mercato che consentono di modulare i consumi elettrici in risposta a segnali di prezzo, di sistema o di rete, contribuendo alla stabilità del sistema elettrico e facilitando l'integrazione di fonti rinnovabili variabili attraverso l'attivazione automatizzata o volontaria di carichi flessibili.

di generazione ordinati in modo crescente. La Fig. 4 mostra una curva d'offerta semplificata con tre gradini che rappresentano tre tecnologie con costi marginali differenti (ma costanti per ognuna di esse). La tecnologia con costi marginali inferiori, a sinistra della curva, può essere considerata una tecnologia *base load*, come la lignite o il nucleare. Il gradino intermedio rappresenta una tecnologia di carico intermedio, come il carbone fossile le turbine a gas a ciclo combinato, mentre l'ultimo gradino della curva d'offerta rappresenta una tecnologia *peak load* come le turbine a gas a ciclo aperto o le turbine a olio.

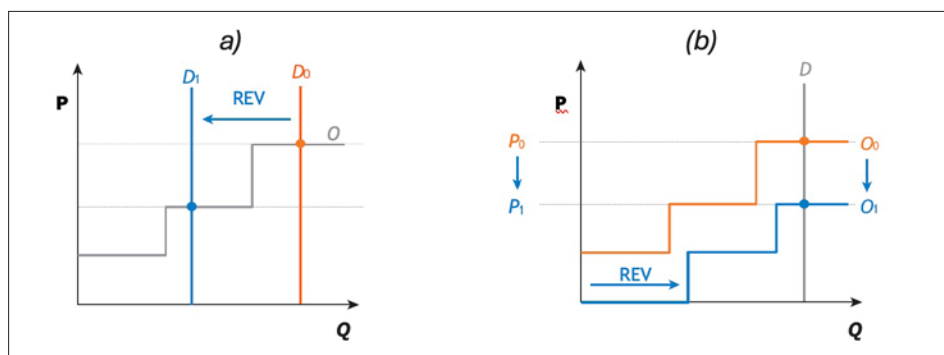


Fig. 4. Effetto dell'ordine di merito delle REV nei mercati elettrici all'ingrosso. (a) Prospettiva della domanda; (b) prospettiva dell'offerta. La domanda è rappresentata da curve verticali perfettamente rigide. La curva di offerta stilizzata mostra tre tecnologie con costi variabili crescenti. Le frecce indicano l'impatto dell'aumento della penetrazione delle REV. In grigio sono mostrati i parametri invariati, in arancione (pedice 0) la situazione senza REV, in blu (pedice 1) quella con REV. Abbreviazioni: D = domanda, P = prezzo, Q = quantità, S = offerta. Fonte: LÓPEZ PROLL, SCHILL (2021).

3.1. L'ingresso sul mercato elettrico di una nuova fonte con un costo marginale molto basso – come il solare o l'eolico – può essere illustrato in due modi alternativi: 1) nella Fig. 4a, tale ingresso è rappresentato da uno spostamento verso sinistra della domanda, per testimoniare come un impianto REV riduca la domanda residua, ossia il cosiddetto “carico netto”⁴; 2) nella Fig. 4b, come uno spostamento verso il basso della curva dell'offerta, ossia come un'aggiunta

⁴ La domanda residua è (Domanda residua = Domanda totale di elettricità – Produzione da fonti REV) e rappresenta la quantità di energia che deve essere coperta da fonti “programmabili” (come gas, carbone, idroelettrico a bacino, ecc.) dopo che si è sottratta la produzione gratuita e prioritaria delle rinnovabili variabili. Le fonti REV hanno priorità di disaccoppiamento (vengono utilizzate prima perché hanno costo marginale vicino a zero) ma sono non programmabili, cioè producono solo quando c'è sole o vento. Quando la produzione da REV aumenta (es. in un giorno molto ventoso o soleggiato), significa che una porzione maggiore della domanda totale viene già soddisfatta gratuitamente da queste fonti. Di conseguenza, la domanda residua diminuisce.

di energia a costo nullo. In entrambi i casi, il risultato è che il prezzo di mercato si abbassa, perché la tecnologia marginale attivata è meno costosa di quella che sarebbe stata necessaria senza le rinnovabili.

Questa dinamica è stata osservata in numerosi mercati negli ultimi 15-20 anni – in Europa, negli Stati Uniti, in Australia – sia tramite simulazioni *ex ante* sia attraverso studi empirici (SENSFUSS *et al.*, 2008; MILLS, WISER, 2013; CLÒ *et al.*, 2015; GIANFREDA *et al.*, 2016; GELABERT *et al.*, 2011; CSEREKLYEI *et al.*, 2019, WELISH *et al.*, 2019; MILLS *et al.*, 2020). E non sorprende: in un mercato dove il prezzo riflette il costo marginale, inserire tecnologie a costo marginale nullo spinge i prezzi verso il basso. Ma c'è un secondo effetto, più sottile e più problematico, che si innesca quando le rinnovabili diventano davvero pervasivi nel mix energetico: ed è il cosiddetto effetto di cannibalizzazione.

3.2. A differenza dell'effetto ordine di merito (che deprime il prezzo dell'energia a prescindere dalla fonte), l'effetto di cannibalizzazione agisce in modo selettivo proprio sulle rinnovabili variabili – in particolare solare ed eolico – e ne erode progressivamente il valore economico. Non il valore ambientale o sistemico, ma quello di mercato, ossia i ricavi unitari per ogni MWh prodotto. E il paradosso è che questo effetto emerge non perché le rinnovabili falliscano, ma perché hanno successo. Vediamo perché. Le REV – per loro natura – producono in momenti precisi della giornata o dell'anno: il solare fotovoltaico, ad esempio, è fortemente concentrato nelle ore centrali del giorno. Quando la penetrazione è bassa, questa coincidenza temporale tra produzione e domanda elevata è un vantaggio: gli impianti fotovoltaici riescono a vendere energia proprio nei momenti in cui il prezzo è relativamente alto. Man mano che la capacità installata cresce, però, accade qualcosa: sempre più impianti iniziano a produrre contemporaneamente – ad esempio, tutti a mezzogiorno – saturando l'offerta proprio in quelle ore. E quando l'offerta eccede la domanda, il prezzo crolla. Questo significa che, proprio nei momenti di massima generazione, i produttori ottengono prezzi sempre più bassi. In alcuni casi, addirittura negativi (LÓPEZ PROLL, SCHILL, 2021). La Fig. 5 illustra il fenomeno in modo molto chiaro.

Nella Fig. 5a, si osserva una classica curva di durata dei prezzi di mercato stilizzata, dove le ore dell'anno sono ordinate dalla più costosa (ossia con il prezzo dell'energia più elevato) alla più economica. Quando aumenta la penetrazione delle rinnovabili, l'intera curva si abbassa e il prezzo medio di mercato si riduce da P_0 a P_1 . Questo è l'effetto d'ordine di merito descritto in precedenza⁵.

⁵ P_0 e P_1 sono i valori medi dei prezzi sull'asse dell'ordinate per l'intera curva, senza e con penetrazione REV, rispettivamente.

La Fig. 5b è ancora più interessante, perché contiene la curva di durata dei prezzi effettivamente ricevuti da una fonte specifica, come il solare fotovoltaico. Inizialmente – nella fase di bassa penetrazione – il prezzo medio ricevuto da questa tecnologia, ponderato rispetto alla quantità effettivamente prodotta da quegli impianti, risulta superiore al prezzo medio del mercato ($P_0^{REV} > P_0$). Questo perché il fotovoltaico produce nelle ore diurne, che sono anche quelle a domanda e prezzo elevato.

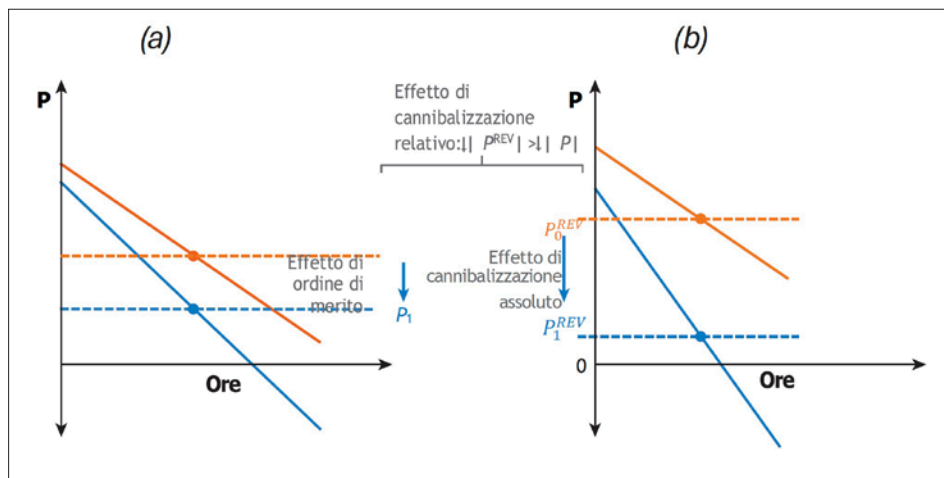


Fig. 5. L'effetto d'ordine di merito (riduzione dei prezzi all'ingrosso dell'elettricità al crescere della penetrazione delle REV) e l'effetto di cannibalizzazione (riduzione del valore di mercato e del value factor delle REV al crescere della loro penetrazione). Curve di durata dei prezzi (prezzi per ciascuna ora dell'anno ordinati in senso decrescente) per il mercato elettrico (a) e per un produttore di REV (b), in condizioni di bassa (arancione, con pedice 0) e alta (blu, con pedice 1) penetrazione delle VRE. Fonte: LÓPEZ PROLL, SCHILL (2021).

Con l'aumento della penetrazione, però, la situazione cambia: la produzione è sempre più concentrata, i prezzi nelle ore centrali della giornata scendono, e il prezzo medio effettivo ricevuto dai produttori solari diventa inferiore alla media del mercato ($P_1^{REV} < P_1$). È questo lo scarto che chiamiamo cannibalizzazione.

Possiamo distinguere due forme di tale effetto (LÓPEZ PROLL, SCHILL, 2021):

- Cannibalizzazione assoluta: è la riduzione in valore assoluto dei ricavi unitari della fonte rinnovabile, dovuta all'eccesso di offerta nei momenti di massima generazione.
- Cannibalizzazione relativa: misura quanto più rapidamente si abbassano i ricavi delle REV rispetto al prezzo medio di mercato. Per misurare ciò, si utilizza spesso un indicatore chiamato *value factor*, ossia il rapporto tra il prezzo

medio effettivo ricevuto da una tecnologia e il prezzo medio del mercato. Se è pari a 1, significa che la fonte rinnovabile riceve lo stesso prezzo delle altre. Se scende sotto 1 – ed è quello che accade con la crescita della penetrazione – la tecnologia è penalizzata dal mercato, e questo proprio quando è più produttiva.

Anche in questo caso, il fenomeno è ben documentato sia da modelli computazionali *ex ante* sia da analisi empiriche *ex post*. Uno studio molto noto, ad esempio, mostra che con una penetrazione del solare pari al 30% della domanda elettrica, il valore di mercato del fotovoltaico può scendere dal 110% al 60% del prezzo medio (HIRTH, 2013)⁶. In Germania, si stima che il valore ottimale dell'energia solare ed eolica nel mix non superi il 20%, proprio a causa della loro intrinseca variabilità (EISING *et al.*, 2020)⁷. E altri studi empirici, come quelli condotti sul mercato italiano, confermano che l'aumento della penetrazione solare non solo deprime il valore del fotovoltaico, ma aumenta quello delle tecnologie a gas, che diventano più preziose per la loro flessibilità (CLÒ, D'ADAMO, 2015). MILLS, WISER (2014) valutano le strategie per mitigare l'effetto di cannibalizzazione, individuando nella diversificazione geografica la soluzione più promettente per l'eolico e nello stoccaggio a basso costo quella per il fotovoltaico⁸.

È interessante infine notare come, con l'aumento della penetrazione REV, le curve di durata dei prezzi diventano tipicamente più ripide, ampliando la forbice tra ore con prezzi bassi e ore con prezzi alti. Quando le REV producono,

⁶ Utilizzando il modello EMMA (*European Electricity Market Model*) da lui creato, HIRTH (2013) evidenzia che in Germania, nel 2011, il prezzo medio dell'elettricità era di 51 €/MWh, mentre il fotovoltaico riceveva un prezzo medio di 56 €/MWh, corrispondente a un *value factor* di 1,1. Tuttavia, con l'aumento della capacità installata, questo valore è diminuito nel tempo. Risultati simili sono stati ottenuti da CLÒ, D'ADAMO (2015) per l'Italia. EMMA è un modello di equilibrio parziale sviluppato per analizzare il mercato elettrico europeo, in particolare in relazione a politiche climatiche, integrazione delle REV e meccanismi di prezzo del carbonio.

⁷ Se i venti fossero costanti, la quota ottimale salirebbe al 60%. L'effetto della variabilità è quindi determinante nelle stime della quota ottimale. Similmente a EISING *et al.* (2020), il modello computazionale di MILLS *et al.* (2020) stima la soglia di penetrazione delle REV oltre la quale l'integrazione di ulteriore capacità eolica o solare perde rilevanza economica, valutando sia il punto di inizio del calo di valore sia la sua velocità, in relazione a fattori come il mix di generazione, la flessibilità della domanda e la disponibilità di accumuli o interconnessioni.

⁸ Attraverso lo stoccaggio, l'energia prodotta durante le ore di sole può essere immagazzinata per essere utilizzata in momenti in cui la domanda è più alta, ma questo richiede sistemi di accumulo. Utilizzando accumuli a basso costo (come batterie o altre tecnologie di stoccaggio energetico), è possibile immagazzinare l'energia prodotta durante le ore di luce per essere utilizzata durante i periodi serali, quando la domanda è più alta e il valore dell'energia è maggiore. I benefici sono una maggiore flessibilità e valore per l'energia solare, con la possibilità di spostare la produzione a periodi di alta domanda, ed evitare che l'energia solare venga venduta a prezzi negativi o molto bassi (LÓPEZ PROLL, SCHILL, 2021).

l'effetto di ordine di merito deprime i prezzi; tuttavia, data la maggiore esigenza di flessibilità del sistema, i prezzi possono salire in altri momenti, quando è necessario attivare impianti *peak load* costosi (BUSHNELL, NOVAN 2021; LÓPEZ PROLL, SCHILL, 2021). Tale fenomeno pare interessare proprio l'Italia, che dipende ancora fortemente dalle centrali a gas nei momenti di picco, i cui prezzi sono quindi fortemente influenzati dal costo del gas e delle emissioni di CO₂. Ad esempio, nel 2024 il Prezzo Unico Nazionale (PUN) medio in Italia si è attestato intorno ai 109 €/MWh, superiore rispetto a Germania (78 €/MWh), Spagna (63 €/MWh) e Francia (58 €/MWh).

3.3. Data la variabilità delle fonti REV, va infine ricordato come sia opinione diffusa che un aumento della loro penetrazione incrementi la volatilità dei prezzi all'ingrosso. In effetti, domanda variabile e anelastica, offerta rigida, capacità di accumulo limitata e altri fattori tendono a generare regolarmente ampie oscillazioni di prezzo (SEEL *et al.*, 2018)⁹.

Tuttavia, se prendiamo in considerazione l'evidenza empirica, il quadro è più sfumato. I risultati cambiano molto a seconda delle caratteristiche del mercato elettrico (design, disponibilità di opzioni di flessibilità, schemi di *demand response*, ecc.) e dell'orizzonte temporale considerato¹⁰. Per esempio, in Germania si è osservato che mentre l'eolico tende ad aumentare la volatilità, il solare tende a ridurla (KYRITSIS *et al.*, 2017). In Australia, invece, le rinnovabili aumentano la frequenza dei picchi, ma ne riducono la durata (RAI, NUNN, 2020). E in un recente studio su oltre trenta Paesi OCSE, emerge che le REV possono addirittura attenuare le fluttuazioni più estreme, ma solo oltre certe soglie di penetrazione (WANG *et al.*, 2024).

Questo ci ricorda un aspetto importante: la volatilità, di per sé, non è sempre negativa. In un mercato ben progettato, i prezzi che variano nel tempo offrono segnali utili per allocare risorse, orientare investimenti, e incentivare comportamenti più efficienti da parte dei consumatori con meccanismi di *demand re-*

⁹ Utilizzando un modello di espansione della capacità e *commitment* degli impianti, SEEL *et al.* (2018) rilevano che la variabilità dei prezzi all'ingrosso aumenta con l'incremento della generazione solare nei principali mercati elettrici statunitensi. Nello specifico, il modello simula sia quali nuove centrali costruire in risposta a una maggiore quota di rinnovabili e "come e quando accendere o spegnere le centrali esistenti", in modo da soddisfare la domanda a costi minimi nel contesto di una rete con molta variabilità.

¹⁰ Ad esempio, in Italia, con oltre 30 GW di fotovoltaico e circa 12 GW di eolico nel 2024, il mercato elettrico zonale prevede priorità di dispacciamento per le rinnovabili, che però non pagano penali per gli scostamenti, scaricando gli squilibri sulle fonti programmabili e aumentando la volatilità dei prezzi. La flessibilità è limitata, con scarsa capacità di accumulo e meccanismi di *demand response*, mentre alcune centrali a gas offrono un supporto parziale. Questo rende il sistema rigido, con prezzi che possono oscillare drasticamente in presenza di variazioni improvvise della generazione REV.

sponse passivi ed attivi (ANDERSEN *et al.*, 2019; WOLAK, 2019; LÓPEZ PROLL, SCHILL, 2021). Il problema nasce quando questi segnali diventano imprevedibili o troppo instabili, ossia tali per cui l'incertezza sui ricavi finisce con il compromettere la sostenibilità economica di nuovi investimenti, soprattutto su larga scala. Per tale ragione, si è fatta strada ormai da tempo un'esigenza condivisa da operatori e finanziatori – questi ultimi tradizionalmente avversi al rischio (GUILLET, 2022) – di disporre di strumenti contrattuali in grado di garantire flussi di cassa stabili e prevedibili nel tempo. Non tanto per assicurare un sostegno economico diretto, quanto per rendere i progetti di investimento in tecnologie REV finanziariamente sostenibili e accessibili al credito. Ed è in questo contesto che si inseriscono i Contratti per Differenza (CpD).

4. I CpD, introdotti in diversi Paesi dopo la liberalizzazione dei mercati elettrici (GLACHANT *et al.*, 2021) per sostenere le tecnologie a basse emissioni, stanno oggi affermandosi come la forma standard di supporto alla capacità rinnovabile, in particolare in Europa. La riforma del mercato elettrico dell'Unione europea approvata nel 2024 (UE, 2024) ne ha sancito il ruolo chiave, promuovendone un'adozione generalizzata per stabilizzare i ricavi degli investitori e contenere la volatilità dei prezzi a beneficio dei consumatori, sostituendo progressivamente meccanismi precedenti come le tariffe incentivanti (BEITER *et al.*, 2024).

Il funzionamento di un CpD è relativamente semplice: il produttore vende la sua energia sul mercato, ma ha un contratto con una controparte – in genere pubblica o regolata – che garantisce un prezzo fisso per ogni MWh prodotto. Questo prezzo si chiama *strike price*. Se il prezzo di mercato è più basso, la controparte copre la differenza; se è più alto, il produttore restituisce la differenza (ALAO, CUFFE, 2023). Il principale obiettivo dei CpD è dunque soprattutto la gestione del rischio, garantendo ricavi stabili per i produttori e mantenendo gli incentivi a produrre nei momenti in cui i prezzi di mercato sono più alti, cioè quando l'energia è più utile per il sistema. In pratica, i CpD funzionano come uno *swap*, un tipico strumento finanziario di *hedging* (copertura), che trasforma un flusso di cassa variabile in uno fisso, con entrambe le parti che condividono il rischio legato ai prezzi dell'elettricità¹¹.

¹¹ Gli strumenti di *hedging* sono utilizzati per gestire il rischio in tutti i settori dell'economia. Una copertura riduce il rischio legato a un'attività sottostante (ad esempio, il prezzo *spot* dell'elettricità) assumendo una posizione inversa, così da limitare le potenziali perdite (ma anche i guadagni). I CpD vanno comunque considerati contratti finanziari *aggiuntivi* rispetto alla vendita fisica nel mercato all'ingrosso, perché il produttore resta parzialmente esposto al mercato elettrico e alle sue dinamiche, come quelle legate alla

In teoria, un mercato a termine sufficientemente liquido potrebbe garantire una copertura analoga. Nella pratica, però, ciò non avviene: i contratti *forward* e gli strumenti di *hedging* hanno orizzonti relativamente brevi – spesso limitati a 2-5 anni – mentre un impianto rinnovabile presenta una vita utile e un periodo di ammortamento ben più estesi, talvolta superiori ai 20 anni (FINON, 2008; BEITER *et al.*, 2024)¹².

A livello globale, l'adozione crescente dei CpD ha avuto effetti molto rilevanti sul costo del capitale per i progetti rinnovabili. Riducendo il rischio di prezzo, questi contratti permettono di accedere a finanziamenti più favorevoli, soprattutto da parte di investitori istituzionali con orizzonti di lungo termine. Questo ha permesso di aumentare la leva finanziaria e di sviluppare impianti più grandi e competitivi, accelerando la transizione energetica (GOHDES *et al.*, 2022)¹³.

4.1. Il design di un CpD può variare molto da un Paese all'altro, e queste differenze influenzano in modo significativo il funzionamento del mercato.

Uno degli elementi più rilevanti è la modalità con cui viene determinato lo *strike price*. Può essere fisso, calcolato su base oraria, giornaliera, mensile o annuale; può riflettere il prezzo di un nodo specifico della rete; oppure può essere il risultato di un'asta competitiva. In alcuni casi, il produttore è tenuto a restituire l'eccesso rispetto allo *strike price* solo in parte, o addirittura non è tenuto a restituirlo affatto: si parla in questi casi di CfD unilaterali, che trasferiscono il rischio interamente alla controparte (BEITER *et al.*, 2021; JANSEN *et al.*, 2020; GUILLET, 2022)¹⁴.

quantità venduta, ai costi di sbilanciamento, alle congestioni, alle perdite di rete e alle variazioni orarie dei prezzi rispetto allo *strike price*.

¹² Un'alternativa sono i CPPAs, cioè i contratti di acquisto di energia firmati direttamente tra produttori e grandi consumatori (ad esempio, Amazon o Google). Anche questi offrono stabilità, ma sono limitati: spesso sono poco standardizzati, legati ai bisogni specifici di un singolo acquirente, e poco trasparenti. Sebbene il ricorso a questi strumenti sia in crescita (GABRIELLI *et al.*, 2022) e stiano emergendo piattaforme di scambio dedicate (LEVELTEN ENERGY, 2025, <https://www.leveltenenergy.com/solutions/energy-buyers>), è quindi facile prevedere che essi rimarranno utilizzabili solo per una quota limitata dell'approvvigionamento complessivo di energia rinnovabile. I CpD, al contrario, sono strumenti disegnati per l'approvvigionamento *standardizzato* di capacità rinnovabile su larga scala.

¹³ Parallelamente, la controparte – pubblica o regolata – ottiene tutela contro prezzi alti persistenti, con maggiore certezza nella pianificazione e nella gestione del *budget*, pur rinunciando alla possibilità di beneficiare di eventuali cali del prezzo *spot*.

¹⁴ In tali casi, il CpD si avvicina, nei suoi effetti economici, a una tariffa incentivante, pur mantenendo formalmente una struttura contrattuale legata al mercato. Ad esempio, dal 2008 al 2024 i Paesi Bassi hanno utilizzato un meccanismo di supporto alle rinnovabili (noto come *sliding premium*) che funziona come un CpD unilaterale. In questo schema, il produttore vende l'elettricità sul mercato all'ingrosso e se il prezzo di mercato è inferiore allo *strike price* stabilito, riceve un'integrazione finanziaria per colmare la differenza (NETHERLANDS ENTERPRISE AGENCY, 2023).

La definizione del prezzo può essere amministrativa, come avveniva nelle prime esperienze del Regno Unito, oppure basata su gare competitive. Anche la struttura delle aste può variare: alcune sono aperte a tutte le tecnologie, altre riservate a una sola. Il grado di selettività incide sia sul costo complessivo degli schemi di incentivazione sia sul livello di diversificazione tecnologica che ne deriva.

Altre differenze importanti riguardano la gestione di eventi non controllabili, come il *curtailment* – cioè la riduzione forzata della produzione per motivi di rete – o gli obblighi di bilanciamento. Alcuni CpD coprono anche questi rischi, altri no. E naturalmente, la natura della controparte – se è un'agenzia pubblica, una *utility* regolata o un operatore di rete – influisce sulla distribuzione finale del rischio. Se i costi vengono trasferiti sulle tariffe regulate, il rischio è assunto dai consumatori. Se invece ricadono sul bilancio pubblico, sono i contribuenti a farsene carico (HASTINGS-SIMON *et al.*, 2022).

4.2. Un'altra questione rilevante riguarda la natura stessa dei CpD: sono da considerarsi strumenti di mercato o sussidi mascherati? Dal punto di vista giuridico, potrebbero essere classificati come sussidi se comportano trasferimenti finanziari pubblici. Tuttavia, questa definizione rischia di essere fuorviante. I CpD non implicano necessariamente un sostegno economico netto: in molti casi, sono i produttori a dover versare pagamenti all'autorità pubblica superiori a quelli ricevuti (BEITER *et al.*, 2021; JANSEN *et al.*, 2020).

In questo contesto è utile richiamare il concetto di *valore equo di mercato* degli strumenti derivati, ovvero quello *strike price* (ad esempio di un *commodity swap*) che rende nullo, *ex ante*, il valore atteso dei flussi futuri. Applicato ai CpD, uno *strike price* equo evita vantaggi sistematici per le parti, garantendo la neutralità del contratto (BEITER *et al.*, 2024). La determinazione di tale valore, cruciale nel processo di definizione del contratto, può essere stimata con metodi che considerano l'incertezza e si basano sulla teoria delle opzioni (BURGER *et al.*, 2014). Dal punto di vista degli strumenti di regolazione, un prezzo equo al momento dell'assegnazione può essere assicurato attraverso procedure competitive ben progettate, come nel caso delle aste pubbliche (FLECK E ANATOLITIS, 2023; HAUFE, EHRHART, 2018).

Anche quando le aste sono riservate a specifiche tecnologie – e quindi potrebbero sembrare meno “neutrali” – questa scelta può rispondere a obiettivi di *policy* più ampi, come la sicurezza dell'approvvigionamento, la localizzazione degli investimenti o la valorizzazione delle infrastrutture esistenti. Quindi parlare di “sussidio” senza tenere conto del disegno complessivo della politica energetica rischia di essere riduttivo.

4.3. Come descritto in precedenza, i CpD si stanno affermando come strumenti chiave per la transizione energetica, in quanto adatti a tecnologie ad alta intensità di capitale come le rinnovabili: offrono stabilità dei ricavi, riducono il costo del capitale e facilitano l'accesso al credito, limitando al contempo l'esposizione alla volatilità dei prezzi di mercato, principale ostacolo agli investimenti su larga scala. La loro crescente centralità rende però necessario considerare non solo l'utilità immediata, ma anche le implicazioni sistemiche: non tanto se i CpD siano efficaci – lo sono – quanto come influenzino l'equilibrio complessivo dei mercati elettrici, la qualità dei segnali di prezzo, la concorrenza e, soprattutto, la distribuzione dei rischi e dei benefici tra i diversi attori.

Un primo rischio è quello dell'indebolimento dei segnali di mercato. Se una quota crescente di capacità è coperta da CpD, gli impianti diventano meno sensibili ai prezzi *spot*: si riduce l'incentivo a localizzare gli investimenti dove sono più utili al sistema, o a modulare la produzione in risposta alla domanda effettiva. Si può finire con impianti sovradimensionati, mal distribuiti geograficamente o disallineati dai fabbisogni di flessibilità. Per evitare questi esiti, è essenziale che i CpD non siano troppo isolanti, ma mantengano almeno un legame con i segnali del mercato (JOSKOW, 2019; KRAAN *et al.*, 2019; SIMSHAUSER, 2019), ad esempio indicizzando i pagamenti a prezzi medi o a *benchmark* specifici – così da preservare incentivi efficienti al dispacciamento.

C'è poi un rischio di tipo politico: i CpD potrebbero essere usati come strumenti di politica industriale, soprattutto se accompagnati da vincoli di contenuto locale. In questi casi, i CpD si trasformerebbero in dispositivi di protezione dell'economia nazionale – con tutto ciò che questo comporta in termini di concorrenza, trasparenza e possibili tensioni commerciali (BEITER *et al.*, 2024).

Ma il punto più delicato sembra quello della distribuzione dei rischi economici. I CpD sono pensati per dare stabilità ai produttori, ma chi si fa carico del rischio residuo? In genere, la risposta è “le controparti pubbliche o private regolate” – e quindi, in ultima analisi, i contribuenti o i consumatori finali. Se i prezzi di mercato restassero sotto lo *strike price*, la differenza verrebbe coperta da fondi pubblici o da meccanismi tariffari. E questo trasferimento di rischio non è neutro (SCHLECHT *et al.*, 2022). Stiamo parlando di un flusso redistributivo che, in assenza di correttivi, può avere effetti regressivi, spostando valore da soggetti con minore capacità di difesa (le famiglie, le PMI) verso soggetti industriali ben capitalizzati. E ciò avviene in un contesto dove la trasparenza su questi flussi è spesso carente, e dove la *governance* dei CpD non sempre garantisce un controllo pubblico effettivo sullo *strike price* o sulle modalità di allocazione.

Ed è qui che emerge il nodo cruciale: i CpD possono risolvere problemi individuali, ma non sistemici. Offrono protezione al singolo produttore, ma non

eliminano le distorsioni generate dalla cannibalizzazione né ripristinano un equilibrio tra domanda e offerta nel mercato spot. Gli effetti depressivi sui prezzi continuano ad agire e, paradossalmente, rischiano di rendere indispensabili altri CpD per poter investire ancora. È una dinamica che può autoalimentarsi, trasformando uno strumento di supporto in una dipendenza strutturale.

Per questo è fondamentale che i CpD non siano pensati come soluzione unica, ma come parte di un insieme più ampio di strumenti. Meccanismi di capacità possono valorizzare le tecnologie flessibili, sistemi di accumulo energetico possono attenuare la cannibalizzazione spostando la produzione nelle ore più remunerative, e tariffe orarie o dipendenti dal luogo di consumo possono migliorare l'efficienza allocativa. Anche i cosiddetti *power purchase agreements* privati e le comunità energetiche possono giocare un ruolo, purché sostenuti da un contesto normativo adeguato (BEITER *et al.*, 2024).

Infine, sarebbe un errore pensare che i CpD siano inevitabilmente la scelta migliore. Esistono alternative – come i *Renewable Portfolio Standards*, che impongono obblighi quantitativi minimi di produzione o di approvvigionamento da fonti rinnovabili, senza trasferimenti diretti, o il *carbon pricing*, che assegna il rischio ambientale a chi inquina – che meritano attenzione, soprattutto se vogliamo evitare una distribuzione opaca e regressiva del rischio.

La sfida, in fondo, non è solo tecnica o finanziaria. È, prima di tutto, una sfida politica: costruire un mercato dell'energia che sia efficiente, decarbonizzato e, soprattutto, giusto. I CpD sono uno strumento potente. Ma come ogni strumento potente, richiedono cautela, trasparenza e una chiara visione del sistema che si intende costruire.

Bibliografia

- ALAO O., CUFFE P. (2023), *Implementing Contract-for-Difference Arrangements for Hedging Electricity Price Risks of Renewable Generators on a Blockchain Marketplace*, *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 19(4), 5679-5688, <https://doi.org/10.1109/TII.2022.3185661>.
- ANDERSEN L.M., HANSEN L.G., JENSEN C.L., WOLAK F.A. (2019), *Can incentives to increase electricity use reduce the cost of integrating renewable resources*, in *NBER Working Paper 25615*, <https://www.nber.org/papers/w25615>.
- BEITER P., KITZING L., SPITSEN P., NOONAN M., BERKHOUT V., KIKUCHI Y. (2021), *Toward global comparability in renewable energy procurement*, in *Joule*, vol. 5(6), 1485-1500, <https://doi.org/10.1016/j.joule.2021.04.017> *Get rights and content*.
- BEITER P., GUILLET J., JANSEN M. *et al.* (2024), *The enduring role of contracts for difference in risk management and market creation for renewables*, in *Nature Energy*, vol. 9, 20-26, <https://doi.org/10.1038/s41560-023-01401-w>.

- BORENSTEIN S. (2012), *The private and public economics of renewable electricity generation*, in *Journal of Economic Perspectives*, vol. 26(1), 67-92, <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.26.1.67>.
- BURGER M., GRAEBER B., SCHINDLMAYR G. (2014), *Managing Energy Risk: An Integrated View on Power and Other Energy Markets*, John Wiley & Sons Ltd.
- BUSHNELL J., NOVAN K. (2021), *Setting with the Sun: The Impacts of Renewable Energy on Conventional Generation*, in *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, vol. 8(4), 759-796, <https://doi.org/10.1086/713249>.
- CLÒ S., CATALDI A., ZOPPOLI P. (2015), *The merit-order effect in the Italian power market: the impact of solar and wind generation on national wholesale electricity prices*, in *Energy Policy*, vol. 77, 79-88.
- CLÒ S., D'ADAMO G. (2015), *The dark side of the sun: How solar power production affects the market value of solar and gas sources*, in *Energy Economics*, vol. 49, issue C:523-530, <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2015.03.025>.
- CSEREKLYEI Z., QU S., ANCEV T. (2019), *The effect of wind and solar power generation on wholesale electricity prices in Australia*, in *Energy Policy* vol. 131, 358-369, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.04.007>.
- EISING M., HOBBIE H., MÖST D. (2020), *Future wind and solar power market values in Germany. Evidence of spatial and technological dependencies?*, in *Energy Economics*, vol. 86, 104638, <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.104638>.
- EUROPEAN ENERGY EXCHANGE (2025), *European Power Futures*, <https://www.eex.com/en/market-data/power/futures#%7B%22snippetpicker%22%3A%2228%22%7D>.
- FINON D. (2008), *Investment risk allocation in decentralised electricity markets. The need of long-term contracts and vertical integration*, *OPEC Energy Review*, vol. 32, 150-183, <https://doi.org/10.1111/j.1753-0237.2008.00148.x>.
- FLECK A.-K., ANATOLITIS V. (2022), *Achieving the objectives of renewable energy policy. Insights from renewable energy auction design in Europe*, in *Energy Policy*, vol. 173, 113357, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113357>.
- GELABERT L., LABANDEIRA X., LINARES P. (2011), *An ex-post analysis of the effect of renewables and cogeneration on Spanish electricity prices*, in *Energy Economics*, vol. 33(S1), 59-65, <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.07.027>.
- GIANFREDA A., PARISIO L., PELAGATTI M. (2016), *The Impact of RES in the Italian Day-Ahead and Balancing Markets*, in *The Energy Journal*, vol. 37 (2_suppl), 161-184, <https://doi.org/10.5547/01956574.37.SI2.agia>.
- GLACHANT J.M., JOSKOW P., POLLITT M. (2021) *Handbook on Electricity Markets*, Edward Elgar Publishing.

- GOHDES N., SIMSHAUSER P., WILSON C. (2022), *Renewable entry costs, project finance and the role of revenue quality in Australia's National Electricity Market*, in *Energy Economics*, vol. 114, 106312.
- GUILLET J. (2022), *Financing Offshore Wind*, World Forum Offshore Wind e.V. <https://wfo-global.org/financing-offshore-wind-part-1/>.
- HAUFE M.-C., EHRHART K.-M (2018), *Auctions for renewable energy support – Suitability, design, and first lessons learned*, *Energy Policy*, vol. 121, 217-224. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.06.027>.
- HIRTH L. (2013), *The market value of variable renewables: The effect of solar wind power variability on their relative price*, in *Energy Economics*, vol. 38, 218-236, <https://neon.energy/Hirth-2013-Market-Value-Renewables-Solar-Wind-Power-Variability-Price.pdf>.
- HIRTH L., UECKERDT F., EDENHOFER O. (2016), *Why Wind is Not Coal: On the Economics of Electricity Generation*, in *The Energy Journal*, vol. 37(3), 1-27, <http://www.jstor.org/stable/44075648> <http://www.jstor.org/stable/44075648>.
- IEA (2023), *World Energy Outlook 2023*, IEA, Parigi <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>, Licenza: CC BY 4.0 (report); CC BY NC SA 4.0 (Annex A).
- IEA (2024a), *Electricity 2024*, IEA, Parigi <https://www.iea.org/reports/electricity-2024>, Licenza: CC BY 4.0.
- IEA (2024b), *World Energy Investment 2024*, IEA, Parigi, <https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2024>.
- IRENA (2024), *Renewable power generation costs in 2023*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- JANSEN M., STAFFELL I., KITZING L. *et al.* (2020), *Offshore wind competitiveness in mature markets without subsidy*, in *Nature Energy*, vol. 5, 614-622, <https://doi.org/10.1038/s41560-020-0661-2>.
- JOSKOW P.L. (2019), *Challenges for wholesale electricity markets with intermittent renewable generation at scale: the US experience*, in *Oxford Review of Economic Policy*, vol. 35, 291-331, <https://doi.org/10.1093/oxrep/grz001>.
- KRAAN O., KRAMER G.J., NIKOLIC I., CHAPPIN E., KONING V. (2019), *Why fully liberalised electricity markets will fail to meet deep decarbonisation targets even with strong carbon pricing*, in *Energy Policy*, vol. 131, 99-110, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.04.016> Get rights and content.
- KYRITSIS E., ANDERSSON J., SERLETIS A. (2017), *Electricity prices, large-scale renewable integration, and policy implications*, in *Energy Policy*, vol. 101, 550-560, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.11.014>.
- LAMONT A.D. (2008), *Assessing the long-term system value of intermittent electric generation technologies*, in *Energy Economics*, vol. 30(3), 1208-1231.

- LÓPEZ PROL J., SCHILL W.P. (2021), *The economics of variable renewable energy and electricity storage*, in *Annual Review of Resource Economics*, vol. 13, 443-467, <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-101620-081246>.
- MILLS A.D., WISER R. (2013), *Changes in the Economic Value of Photovoltaic Generation at High Penetration Levels: A Pilot Case Study of California*, in *IEEE Journal of Photovoltaics*, vol. 3(4), 1394-1402, <https://doi.org/10.1109/JPHOTOV.2013.2263984>.
- MILLS A.D., WISER R. (2014), *Changes in the Economic Value of Wind Energy and Flexible Resources at Increasing Penetration Levels in the Rocky Mountain Power Area*, in *Wind Energy*, vol. 17(11), 1711-1726, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/we.1663>.
- MILLS A.D., LEVIN T., WISER R., SEEL J., BOTTERUD A. (2020), *Impacts of variable renewable energy on wholesale markets and generating assets in the United States: a review of expectations and evidence*, in *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 120, 109670, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109670>.
- NETHERLANDS ENTERPRISE AGENCY (2023), *SDE ++ 2023 Stimulation of Sustainable Energy Production and Climate Transition* (Publication No. RVO-190-2023/BR-DUZA), <https://english.rvo.nl/sites/default/files/2023-09/BrochureSDE2023English.pdf>.
- RAI A., NUNN O. (2020), *On the impact of increasing penetration of variable renewables on electricity spot price extremes in Australia*, in *Economic Analysis and Policy*, vol. 67(C), 67-86, <https://doi.org/10.1016/j.eap.2020.06.001>.
- RILLING A., ANATOLITIS V., ZHENG L. (2022), *How to design Carbon Contracts for Difference – A systematic literature review and evaluation of design proposals*, 2022 18th International Conference on the European Energy Market (EEM), August, <https://doi.org/10.1109/EEM54602.2022.9921044>.
- SCHLECHT I., HIRTH L., MAURER C. (2022), *Financial Wind CfDs*, ZBW – Leibniz Information Centre for Economics, <https://hdl.handle.net/10419/267597EconStor+7>.
- SEEL J., MILLS, A.D., WISER R.H. (2018), *Impacts of high variable renewable energy futures on wholesale electricity prices, and on electric-sector decision making*, Rep. LBNL-2001163, Lawrence Berkeley Natl. Lab., Berkeley, CA. <https://emp.lbl.gov/publications/impacts-high-variable-renewable>
- SENS L., NEULING U., KALTSCHMITT M. (2022), *Capital expenditure and leveled cost of electricity of photovoltaic systems and wind turbines – Development by 2050*, in *Renewable Energy*, vol.185, 525-527, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.12.042>.
- SENSFUSS F., RAGWITZ M., GENOESE M. (2008), *The merit-order effect: A detailed analysis of the price effect of renewable electricity generation on spot*

- market prices in Germany*, in *Energy Policy*, vol. 36(8), 3086-3094, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.03.035>.
- SIMSHAUSER P. (2019), *On the stability of energy-only markets with government-initiated contracts-for-differences*, in *Energies*, vol. 12(13), 2566, <https://doi.org/10.3390/en12132566>.
- STOFT S. (2002), *Power System Economics: Designing Markets for Electricity*, Piscataway, NJ: IEEE Press.
- UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC) (2015), *Paris Agreement*. Recuperato da https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf.
- UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC) (2023), *UAE Consensus: Decision -/CP.28*. Recuperato da <https://unfccc.int/documents/631504>.
- WANG G., SBAI E., WEN L., SHENG M.S. (2024), *The impact of renewable energy on extreme volatility in wholesale electricity prices: Evidence from organisation for economic cooperation and development countries*, in *Journal of Cleaner Production*, vol. 484:144343, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.144343>.
- WELISCH M., ORTNER A., RESCH G. (2016), *Assessment of RES technology market values and the merit-order effect – an econometric multi-country analysis*, in *Energy & Environment*, vol. 27(1), 105-121, <https://doi.org/10.1177/0958305X16638574>.
- WOLAK F.A. (2019), *The role of efficient pricing in enabling a low-carbon electricity sector*, in *Economics of Energy and Environmental Policy*, vol. 8, 29-52, International Association for Energy Economics, vol. 8(2).
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO) (2024), *State of the Global Climate 2024*. Recuperato da <https://wmo.int/publication-series/state-of-global-climate-2024>.

Comunità energetiche rinnovabili e modelli organizzativi per l'equa distribuzione dei benefici correlati alla produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile

Giuliano Mattace

Nelle comunità energetiche rinnovabili sono necessari diversi contratti a seconda della fase e anche delle necessità della specifica realtà. Al riguardo si segnalano innanzitutto i rapporti interni tra i membri che sono regolati da uno o più contratti a seconda della specifica configurazione prescelta. Poiché la CER è un soggetto autonomo di diritto occorre un atto costitutivo del nuovo centro di imputazione dei rapporti giuridici, rispetto ai futuri soci della comunità stessa, siano essi persone fisiche, piccole o medie imprese, enti territoriali o Amministrazioni Pubbliche Locali. Poiché lo scopo di una CER non può essere il profitto, le forme più comunemente utilizzate ad oggi sono quelle dell'associazione non riconosciuta o della cooperativa. Tuttavia, gli studi più recenti hanno evidenziato che per la costituzione di tale tipologia di comunità può essere utilizzata anche la forma dei c.d. enti del terzo settore, i quali hanno necessariamente natura privatistica e scopo non lucrativo, potendo assumere le più varie forme organizzative. Gli stessi beneficiano poi di un particolare regime fiscale che li rende oltremodo interessanti per questo tipo di struttura.

L'elemento caratterizzante è il principio su cui devono essere basati i c.d. enti del terzo settore: il concetto di funzione sociale secondo cui deve essere svolta l'attività, sicché non basta che essa sia altruistica ma devono comunque avere uno scopo di utilità sociale. In particolare, gli enti del terzo settore sono organizzazioni non lucrative che svolgono un ruolo essenziale nell'ambito sociale, ambientale e culturale, poiché il loro scopo primario è contribuire al benessere della società o dell'ambiente, anziché perseguire profitti monetari. Inoltre, è possibile che l'atto costitutivo e lo statuto della CER prevedano i criteri di disciplina sociale degli ulteriori contratti che saranno perfezionati tra la Comunità e il singolo membro

in relazione ai servizi forniti dalla prima al secondo: ad esempio, per regolare lo scambio di energia tra CER e membri, per la fornitura di servizi accessori (ricarica di veicoli elettrici, teleriscaldamento, servizi di efficienza energetica, domotica, *smart meter*, e la gestione di flessibilità). Un secondo gruppo di contratti riguarderà invece la gestione dei rapporti della CER con i terzi; per l'organizzazione e lo svolgimento delle proprie attività la CER avrà sempre necessità di concludere contratti con i terzi e la tipologia dei contratti varia a seconda della specifica configurazione che questi assumono. Ad esempio, si pensi ai contratti (di appalto) per la costruzione degli impianti o per la manutenzione degli stessi: questa potrebbe essere affidata ad imprese terze che offrono questo tipo di servizi oppure espletata dalla CER con mezzi e personale proprio o messo a disposizione da uno o più membri. In linea di principio, in tutti i casi è preferibile ipotizzare sempre la formalizzazione di un contratto di appalto (sia esso di servizi o di costruzione) al fine di regolare in dettaglio tutti gli aspetti e "segregare" le responsabilità, sulla base di modelli contrattuali consolidati. L'alternativa, nel caso di lavori o manutenzioni eseguiti da membri della CER è quella di regolare il rapporto quale "apporto" che prevede ad esempio quale remunerazione una certa quantità di energia elettrica, ma ciò richiederebbe la redazione e l'accordo su una tabella di ripartizione dell'energia. Successivamente alla costruzione ed entrata in funzione degli impianti, è opportuno stipulare un contratto per la gestione e la manutenzione di questi che consenta di programmare e definire in dettaglio il controllo costante delle prestazioni dell'impianto. Un altro dei contratti essenziali per l'implementazione di una CER, è quello riguardante la disponibilità di adeguati spazi ove collocare l'impianto. Al riguardo, poiché la CER è un organismo dotato di propria autonomia soggettiva distinta da quella dei suoi membri, si deve evidenziare che, anche in ipotesi di CER condominiale la messa a disposizione del tetto o del lastrico solare deve avvenire con un atto autonomo e separato, in quanto la CER è un organismo diverso dal condominio stesso. Pertanto, sarà necessario un contratto di messa a disposizione dell'area – impianto, nel caso in cui la proprietà sia di terzi. I contratti a disposizione sono molteplici e dipendono anche dalla necessità che può avere la CER di finanziarsi o meno; in tale ultimo caso gli istituti finanziatori tendono a richiedere che la CER sia titolare di un diritto reale o di un diritto di godimento sull'area in virtù di un contratto di lunga durata.

Un primo titolo può essere costituito dal contratto di comodato, che ha il vantaggio di essere un contratto a titolo gratuito e quindi di incardinare le finalità sociali e senza scopo di lucro della CER¹.

¹ Un aspetto negativo, tuttavia, è dato dal fatto che si tratta di un contratto avente una durata precaria in cui il soggetto comodante, qualora palesi la necessità di utilizzare lo spazio, potrebbe chiedere la resti-

Una seconda tipologia di contratti riguarda il modello dei contratti di locazione di spazi oppure terreni agricoli a seconda che il pannello fotovoltaico sia installato su un edificio o su un terreno². Un'alternativa ulteriore è data dalla costituzione a favore della CER di un diritto reale quale il diritto di superficie o il diritto di usufrutto. La proprietà dei pannelli solari per la produzione di energia può rimanere in capo all'investitore. In tal caso però una parte dell'incentivo rischia di andare persa (potendo godere la comunità solo di autoconsumo e del canone relativo al diritto di superficie concesso per l'installazione del pannello). È anche possibile che la CER non abbia risorse per autofinanziarsi per cui dovrà stipulare dei contratti di finanziamento al fine di procacciarsi idonee risorse per sostenersi. Per rappresentare la CER nei rapporti esterni è prevista la nomina mediante conferimento di un contratto di mandato di un soggetto delegato cosiddetto soggetto Referente. Il rapporto con tale soggetto oltre ad essere determinato nel contratto è disciplinato dalla sottoscrizione di un contratto di servizi il cui contenuto non è prescritto dalla legge, potendosi ben adeguare alle esigenze del caso e potendo avere differente durata (indeterminata ovvero determinata) nel tempo³.

La condivisione dell'energia si può disciplinare sia tramite la costituzione di una CER (ad oggi il modello più conosciuto), che attraverso l'organizzazione di gruppi di autoconsumatori. Quest'ultimo è uno strumento utilizzabile quando un consumatore di energia si trova all'interno di un edificio o condominio. In terzo luogo, occorre menzionare le fattispecie dell'autoconsumo individuale a distanza, dove si possono utilizzare diversi siti di produzione per alimentare le

tuzione dell'area. A riguardo diventa fondamentale prevedere una durata sufficientemente lunga e ben prefissata, onde evitare future problematiche circa la disponibilità dell'impianto.

² Anche in tale caso uno degli elementi essenziali è quello di prevedere una sufficiente durata del contratto di locazione. Appare evidente che tale tipo di contratto è di maggiore tutela rispetto al comodato: la durata potrà essere correlata eventualmente alla durata di vita dell'impianto; in tale contratto sarà essenziale disciplinare le manutenzioni dello spazio preso in locazione, in quanto gli impianti possono rischiare di impattare l'eventuale struttura sottostante, così come una disciplina specifica rispetto alla proprietà dell'impianto alla fine della locazione, attribuendo altresì precisi e dettagliati i compiti e responsabilità in tema di smaltimento e smontaggio eventuale dell'impianto.

³ Ai sensi del TIAD, il ruolo di Referente può essere svolto dalla medesima CER, nella persona fisica che, per atto costitutivo o statuto ne ha la rappresentanza legale. In alternativa il ruolo di Referente può essere svolto: da un produttore membro della CER; da un cliente finale membro della CER; da un produttore terzo di un impianto la cui energia elettrica prodotta rileva nella configurazione. Ai fini dell'espletamento delle attività di verifiche e controllo previste, il Referente è tenuto a consentire l'accesso agli impianti di produzione che rilevano ai fini delle configurazioni, informandone preventivamente i relativi produttori. Eventuali recuperi derivanti da controlli saranno comunicati al Referente, il quale informerà i membri secondo le modalità convenute negli atti privatistici interni alla configurazione.

varie unità di consumo di proprietà di una sola persona⁴. In tutte e tre queste fattispecie deve esserci la simultaneità della produzione e del consumo all'interno della medesima cabina primaria, che è determinata convenzionalmente sul sito del distributore. È una determinazione convenzionale, indicata su una mappa sul sito del GSE e del distributore. Quando all'interno di questo territorio convenzionalmente determinato si produce e si consuma nello stesso momento con gli impianti che aderiscono al sistema – che sia la CER, che sia l'autoconsumo collettivo o che sia l'autoconsumo a distanza – quando impianto di produzione e impianto di consumo funzionano alla stessa ora, si ha l'incentivo. Da un punto di vista tecnico la costituzione di una CER implica l'installazione o la disponibilità di impianti per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili. Questi impianti possono avere una potenza massima di 1 MW ciascuno e possono essere solari, eolici, idrici o alimentati da altre forme di energia verde. Tale limite si applica anche alla parte di incentivi riconosciuti dal GSE per ciascun impianto⁵.

La proprietà degli impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili è un tema centrale nell'ambito della transizione verso un futuro a basse emissioni di carbonio e dell'energia sostenibile. In primo luogo, è importante considerare i diversi modelli di proprietà degli impianti di produzione. Nelle CER in cui gli impianti di produzione possono essere sia di proprietà privata che di proprietà pubblica che di proprietà comune, è fondamentale garantire una distribuzione equa dei benefici tra tutti i membri della CER, nonché la partecipazione inclusiva.

Questo può includere la promozione della partecipazione pubblica nei processi decisionali e la condivisione dei vantaggi e dei profitti economici generati dagli impianti di energia rinnovabile.

Inoltre, è importante garantire che le comunità vulnerabili e svantaggiate abbiano accesso alle opportunità d'investimento e ai benefici derivanti dagli impianti di energia rinnovabile, al fine di ridurre le disuguaglianze sociali ed economiche.

⁴ Questa è una forma di autoconsumo che può essere utile per società, piccole e medie imprese, e per le amministrazioni comunali, che tipicamente rappresentano la fattispecie tipica in cui ci sono tante unità di consumo all'interno di uno stesso territorio.

⁵ Per poter accedere agli incentivi previsti, per gli impianti entrati in esercizio dal 16 dicembre 2021, ovvero dal giorno successivo dell'entrata in vigore del d.lgs. 199 del 2021 fino all'entrata in vigore del Decreto CACER dovrà essere prodotta apposita documentazione che giustifichi l'inserimento dell'impianto nella configurazione della CER. Nel caso di impianti realizzati prima dell'entrata in vigore del citato decreto legislativo non potranno accedere agli incentivi ma ricevono solo il contributo di valorizzazione sull'energia autoconsumata e la loro potenza potrà essere fino al 30% della potenza complessiva degli impianti della CER.

Una CER può essere composta da soggetti che possono assumere la qualifica di *consumer* e *prosumer*. L'art. 31, comma 2, lett. a), d.lgs. n. 199 del 2021 prevede che ciascun membro di una CER possa detenere impianti a fonti rinnovabili, che siano realizzati con le modalità di cui all'art. 30 comma 1, lett. a) del decreto stesso. Proprio tale previsione normativa apre uno scenario in cui sono possibili diversi rapporti di proprietà degli impianti che concorrono alla produzione di energia rinnovabile nell'ambito di una CER, potendosi avere: soci proprietari di impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili; soci proprietari degli immobili sui quali vengono installati gli impianti della CER o di proprietà di un terzo; soci, i quali partecipano alla condivisione dell'energia, ma che non hanno impianti di proprietà. I differenti rapporti sopra indicati portano alla necessità in sede di stipulazione dell'atto costitutivo e dello statuto della CER, di prevedere espressamente i diversi obblighi e oneri a cui i partecipanti dovranno attenersi. La proprietà di un impianto di produzione di energia da fonti rinnovabili può essere in capo a un membro (socio) di una CER. La proprietà di un impianto di produzione da parte di un socio può assumere diverse forme e modalità, a seconda delle specifiche esigenze, risorse e preferenze del singolo membro e della comunità nel suo complesso. In questo caso preme evidenziare che, al di là degli aspetti tipici del particolare contratto di diritto privato che si utilizzerà per formalizzare la messa a disposizione, egli rimarrà proprietario dell'energia prodotta dall'impianto. Questo significa che la valorizzazione dell'energia prodotta in eccesso dall'impianto e non autoconsumata istantaneamente sarà ceduta al GSE.

Come anticipato, i soci di una CER, proprietari di impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili devono concedere la disponibilità degli impianti alla comunità energetica⁶. Tale possibilità può essere conseguita in diversi modi purché sulla base di un titolo giuridico idoneo quale, a titolo esemplificativo, l'usufrutto, il comodato d'uso, la locazione o altro titolo contrattuale. Una terza possibilità è rappresentata dalla locazione di un impianto di produzione di energia da fonti rinnovabili: il proprietario dell'impianto concede temporaneamente alla CER il diritto di utilizzare e gestire l'impianto per la produzione di energia rinnovabile. Il produttore esterno è stato disciplinato anche dalle "Regole operative per l'accesso al servizio per l'autoconsumo diffuso e al contributo PNRR" del 23 febbraio 2024 del GSE, che hanno definito i c.d. "produttori esterni". La norma prevede che «i produttori che non siano membri o soci della Comunità possono conferire mandato al Referente affinché l'energia elettrica immessa dai loro impianti rilevi nel computo dell'energia elettrica condivisa». Tali soggetti possono anche svolgere come attività professionale o commerciale principale

⁶ Regole operative per l'accesso al servizio per l'autoconsumo diffuso GSE del 23 febbraio 2024.

la produzione e scambio dell'energia elettrica, dato che non appartengono alla CER. Il ruolo di produttore esterno può essere ricoperto da qualsiasi soggetto, a prescindere dalla sua natura giuridica (anche dalle grandi imprese).

Il produttore esterno possiede e gestisce un impianto di produzione di energia rinnovabile messo nella disponibilità della CER, ma che non fa parte della stessa⁷. La scelta del modello di proprietà per gli impianti di produzione da fonti rinnovabili dipende da una serie di fattori, tra cui la disponibilità di risorse, i requisiti di finanziamento, le politiche energetiche nazionali, la capacità tecnica e l'interesse delle parti coinvolte. In conclusione, la scelta del migliore modello di proprietà degli impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili rappresenta una sfida complessa che richiede un approccio multidisciplinare affrontando le sfide legate alla gestione, alla partecipazione delle Comunità, ai diritti di accesso alla terra e agli investimenti. La scelta e la gestione dei siti per posizionare gli impianti riveste un ruolo fondamentale nella configurazione del futuro dell'energia elettrica. In primo luogo, la proprietà dei siti determina il grado di controllo e di responsabilità che un soggetto giuridico può esercitare sull'impianto. In secondo luogo, la proprietà dei siti può influenzare la distribuzione del potere economico e delle ricchezze. In terzo luogo, la proprietà dei siti può avere implicazioni normative e legali significative: le leggi e i regolamenti che governano la proprietà e l'uso del territorio possono influenzare la facilità con cui gli impianti rinnovabili possono essere sviluppati. Tuttavia, non si deve confondere il concetto di proprietà dei siti di installazione con il concetto di proprietà dell'impianto: le due proprietà possono essere in capo allo stesso soggetto, così come possono essere allo stesso momento in capo a due soggetti diversi.

Una CER può essere proprietaria dell'impianto, ma la superficie su cui l'impianto è installato può essere di proprietà di un diverso soggetto: un suo socio, la pubblica amministrazione, un soggetto esterno alla configurazione. Tali ipotesi può verificarsi utilizzando istituti giuridici quali contratti di locazione o contratti di cessione del diritto di superficie. Tra i contratti a cui si può ricorrere

⁷ Una tale figura può essere ricoperta da investitori privati, aziende, società di energia rinnovabile o altre entità che hanno investito nel settore delle rinnovabili. Il ruolo del produttore esterno è principalmente quello di fornire energia rinnovabile alla CER attraverso i diversi tipi di impianti di energia rinnovabile (parchi solari, parchi eolici, centrali idroelettriche, impianti di biomassa ecc.). La responsabilità del produttore esterno ricomprende la progettazione, la costruzione e la manutenzione dell'impianto di produzione di energia rinnovabile, garantendo che sia in grado di generare energia in modo efficiente. Inoltre, il produttore esterno è responsabile della conformità normativa e delle autorizzazioni necessarie per la realizzazione e l'esercizio dell'impianto di energia rinnovabile. Allo stesso tempo, il produttore esterno può beneficiare di una serie di opportunità legate alla partecipazione (solamente mediante la messa a disposizione dell'impianto) ad una CER. Queste includono l'accesso a finanziamenti agevolati e incentivi fiscali, la riduzione del rischio di mercato attraverso la vendita diretta di energia agli utenti finali.

per l'installazione di impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili, assume rilievo il contratto di locazione, utilizzato al fine di garantire il godimento dell'area o della superficie che si intende utilizzare. Esso permette di ottenere i relativi finanziamenti dall'Autorità competente, in caso di diniego di questi ultimi attribuisce la possibilità di ridurre il rischio esclusivamente economico, potendo procedere ad uno scioglimento del contratto con maggior facilità e minor onerosità rispetto ad altri contratti. Il contratto di locazione di aree o terreni per l'installazione di impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili rientra nelle locazioni di beni immobili, che trova la propria disciplina nel codice civile, nella l. n. 392 del 1978 per le locazioni commerciali. Nel caso di locazione di un terreno o di un'area per l'installazione di un impianto di produzione di energia da fonti rinnovabili, si ricorre ad un contratto di locazione ultranovennale per il quale è prevista la forma scritta e l'obbligo di trascrizione. Utilizzando la locazione ultranovennale è possibile far coincidere la durata del contratto con la aspettativa di vita media di un modulo fotovoltaico.

Le clausole contrattuali possono stabilire che al momento della riconsegna del terreno l'impianto ivi installato sia ceduto al locatore dietro il versamento di un corrispettivo predeterminato o legato a condizioni predeterminabili, oppure che il terreno sia riconsegnato nello stato di fatto in cui si trovava al momento della sottoscrizione dell'originario contratto di locazione.

Possono essere previste contrattualmente anche penali in caso di ritardato, mancato o inadeguato ripristino alla scadenza. L'utilizzo di un contratto di locazione pone anche il problema del possibile operare del meccanismo dell'accessione: esso, come noto, opera *ipso iure*, salvo che non sia disposto diversamente dal titolo o dalla legge. Il diritto di superficie è una figura giuridica complessa che riveste un'importanza fondamentale nell'ambito del diritto immobiliare rappresentando uno strumento giuridico che consente a un soggetto di utilizzare la superficie di un terreno altrui per realizzare costruzioni o per coltivare, con il diritto di godere dei frutti o dei proventi derivanti dall'utilizzo della stessa. Tra le caratteristiche del diritto di superficie vi è la sua natura limitata nel tempo, poiché esso si estingue automaticamente alla scadenza del termine stabilito nel contratto o al verificarsi di determinate condizioni previste dalla legge o dalle parti.

In ambito ambientale, il diritto di superficie può essere utilizzato per la realizzazione di parchi solari, parchi eolici, o altre infrastrutture per la produzione di energia rinnovabile.

Esistono diverse tipologie di diritti di superficie che possono variare in base alla natura dell'opera realizzata sulla superficie del terreno, al periodo di tempo per il quale viene concesso il diritto di superficie e alle modalità di attribuzione e di

esercizio del diritto stesso. Il diritto di superficie fotovoltaico è una delle forme più diffuse e rilevanti di diritto di superficie nel contesto dell'energia solare. Si tratta di uno strumento giuridico che permette a un soggetto di installare impianti fotovoltaici su terreni di proprietà di terzi, usufruendo della superficie del suolo per la produzione di energia solare. Esso consente di sfruttare terreni inutilizzati o poco sfruttati per la realizzazione di impianti fotovoltaici, contribuendo alla promozione delle energie rinnovabili c.d. agrivoltaico. Il diritto di superficie fotovoltaico può essere esteso anche a solai o terrazzi di immobili già esistenti, oltre che a fondi e terreni. Tale diritto può essere costituito sia a titolo gratuito che oneroso, a seconda della volontà delle parti coinvolte. Nel caso di superficie a titolo oneroso il pagamento del corrispettivo può avvenire in denaro o in energia.

Uno degli elementi centrali del diritto di superficie fotovoltaico è la finalità specifica per cui viene costituito, ossia la produzione di energia solare attraverso l'installazione di impianti fotovoltaici. Un'altra caratteristica è la sua durata limitata nel tempo, che può essere stabilita nel contratto di superficie o prevista dalla legge. Il diritto di superficie fotovoltaico si estingue automaticamente alla scadenza del termine stabilito nel contratto di superficie o al verificarsi di determinate condizioni previste dalla legge o dalle parti. Alla scadenza il proprietario dell'immobile torna in possesso del pieno diritto di superficie e può decidere di riscattare l'impianto. Durante la vigenza del contratto l'impianto è di proprietà del soggetto superficiario. Tuttavia, è importante che il contratto di superficie fotovoltaico stabilisca chiaramente gli obblighi e i diritti delle parti coinvolte, al fine di evitare controversie e conflitti⁸.

In ambito agricolo, il diritto di superficie fotovoltaico può essere utilizzato per sfruttare terreni agricoli inutilizzati o poco redditizi per la realizzazione di impianti fotovoltaici, consentendo così agli agricoltori di diversificare le proprie attività e di generare reddito aggiuntivo attraverso la produzione di energia solare⁹.

⁸ In ambito industriale, il diritto di superficie fotovoltaico può essere utilizzato per la realizzazione di parchi solari sui terreni industriali o commerciali, permettendo alle imprese di ridurre i costi energetici, migliorare la propria sostenibilità ambientale promuovendo l'immagine dell'azienda come *green*. In ambito urbano il diritto di superficie fotovoltaico può essere utilizzato per la realizzazione di impianti fotovoltaici su tetti di edifici pubblici o privati, su aree industriali dismesse o sui terreni urbani inutilizzati. In ambito rurale il diritto di superficie fotovoltaico può essere utilizzato per fornire energia elettrica alla comunità rurale non collegata alla rete elettrica nazionale. Inoltre, il diritto di superficie fotovoltaico può essere utilizzato per realizzare progetti di sviluppo sostenibile e cooperazione internazionale, permettendo ai paesi in via di sviluppo di accedere a tecnologie e soluzioni innovative per la produzione di energia solare.

⁹ Il tema della "idoneità" delle aree agricole a ospitare impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili è oggi al centro di un dibattito in dottrina, la quale ha evidenziato due opposti interessi: l'interesse energetico e le istanze di salvaguardia dei valori naturalistici e paesaggistici. Da un lato, infatti, il principio, di derivazione europea, di massima diffusione delle energie rinnovabili comporta la regola

È fondamentale considerare le implicazioni della proprietà del sito in tutte le fasi di sviluppo, gestione e pianificazione degli impianti di energia rinnovabile, al fine di massimizzare i benefici economici, sociali e ambientali per tutte le parti coinvolte. Se vogliamo le rinnovabili e vogliamo un futuro più *green*, dobbiamo pensare alla contemporaneità fra consumi e produzione.

Vi è un discorso culturale, come ci siamo abituati a diversificare i rifiuti, bisognerà cercare di abituare le persone al fatto che, se è indifferente fare la lavatrice la domenica alle 3 o farla alle 9 di sera, la facciamo alle 3. Questo porta ad avere una migliore gestione del sistema elettrico e, soprattutto, a rendere sostenibile l'uso delle rinnovabili. Personalmente mi aspetto anche che il meccanismo del V2G possa entrare in vigore anche in Italia solo perché nei Paesi del nord Europa è già così¹⁰.

della generale utilizzabilità di tutti i suoli per la localizzazione degli impianti FER, dall'altro vengono in rilievo altri interessi costituzionalmente tutelati, volti a giustificare misure di tutela urbanistica dei valori presenti nelle aree agricole. Il fenomeno è riducibile alla presenza di un potenziale conflitto interno a una dimensione assiologica *lato sensu* ambientale, reso particolarmente complesso dalla multifunzionalità di talune pratiche agricole sostenibili, nonché dalla valenza culturale dei paesaggi rurali, dei quali l'agricoltura è ritenuta elemento costitutivo. Inoltre, si sono registrate rilevanti modifiche normative, tra le quali l'ammissione ad incentivazione tariffaria degli impianti agrivoltaici innovativi. Una significativa parte del formante giurisprudenziale, ha portato avanti la logica della "integrazione" dei diversi interessi in gioco, anche attraverso la concreta valorizzazione delle caratteristiche e delle soluzioni tecnologiche previste dai singoli progetti sottoposti alla procedura autorizzativa. Tuttavia, in questo scenario si innesta una serie di riforme che hanno ampliato l'ambito applicativo delle procedure semplificate per il conseguimento dei titoli abilitativi alla realizzazione e all'esercizio degli impianti FER, incrementare la problematicità del tema indagato, riconoscendo una rinnovata centralità al ruolo della pianificazione urbanistica. In conclusione, risulta evidente come i regimi abilitativi semplificati attribuiscono una rilevanza centrale al ruolo degli enti locali, i cui strumenti di pianificazione urbanistica possono condizionare la localizzazione degli impianti FER in maniera vincolante. Ebbene, proprio tali strumenti di pianificazione, potrebbero apprestare forme di tutela urbanistica particolari alle aree agricole, nell'ottica di preservare i valori culturali e identitari sottesi ai paesaggi rurali, nonché al fine di promuovere le esigenze ambientali, economiche e sociali connesse allo svolgimento di pratiche agricole ecompatibili. Tutto ciò considerato, l'ente locale, e in particolare i Comuni, diventano i soggetti competenti a bilanciare e comporre gli interessi legati alla promozione delle fonti rinnovabili con i molteplici interessi derivanti dalla multidimensionalità delle aree agricole. È evidente il rischio che si profila quando il bilanciamento degli interessi in gioco viene circoscritto ad una dimensione locale. Infatti, in diversi casi si è osservata la resistenza degli enti locali all'installazione di nuovi impianti FER sul proprio territorio; tendenza, che ha talvolta portato i Comuni all'introduzione di divieti di localizzazione su parti significative del territorio comunale (talvolta dichiarati illegittimi).

¹⁰ Il "Vehicle to grid" rappresenta una tecnologia che oggi permette di trasformare le auto elettriche, da semplici mezzi di trasporto a veri e propri vettori energetici capaci di scambiare energia elettrica con la rete pubblica. In tale ottica, e una volta a sistema, ciascun proprietario di un veicolo elettrico potrà diventare un piccolo fornitore di energia e contribuire così alla razionalizzazione e all'efficientamento del sistema elettrico. Grazie alle fasi di ricarica dei veicoli infatti, e in presenza delle infrastrutture necessarie, le batterie delle auto saranno impiegate anche come sistemi di accumulo energetico a servizio della rete. Come definito dal d.m. del 30 gennaio 2020, i servizi erogabili da questi veicoli, nello specifico, possono essere suddivisi in: servizi di riserva terziaria e bilanciamento, nonché di risoluzione delle congestioni; ulteriori servizi tra i quali la regolazione primaria e secondaria di frequenza e la regolazione di tensione.

Il ruolo delle cooperative nella transizione energetica e le comunità energetiche

Giorgio Nanni

Partiamo dalla fine. Anche perché questo non vuole essere un articolo scientifico, ma un ragionato, e soprattutto personale, album fotografico sul ruolo della cooperazione nel settore energetico con l'intento di accompagnare chi legge in un viaggio che unisce storie di persone e comunità con dati, esperienze e prospettive future.

La buona notizia è che le comunità energetiche rinnovabili (CER) cooperative esistono e non sono più un'idea lontana o un progetto in divenire. Al 31 maggio 2025, in Italia, sono state riconosciute 421 CER, gestite da oltre 270 soggetti giuridici. Una parte significativa di queste è rappresentata da cooperative: 12 aderenti a Legacoop hanno ottenuto il riconoscimento di 48 configurazioni, e il percorso non si ferma qui. Legacoop, infatti, ha supportato la nascita di 55 CER cooperative, che potranno sviluppare potenzialmente circa 200 comunità.

Come disse Gene Wilder in *Frankenstein jr.*: «Si può fare!».

Il cuore pulsante del nostro album di famiglia è Legacoop, l'associazione che riunisce e coordina il mondo cooperativo italiano. Con oltre 10.000 imprese cooperative, un fatturato complessivo di 84 miliardi di euro, 3,6 miliardi di export, 7 milioni di soci e circa 450.000 dipendenti, Legacoop rappresenta un sistema capace di coniugare dimensione economica e missione sociale. Sono numeri rilevanti che raccontano la forza aggregativa e la capacità delle cooperative di competere in quasi ogni settore.

Perché sono importanti questi numeri?

Perché le cooperative, da sempre, aggregano persone per competere sul mercato, anzi su tutti i mercati. Aderiscono, ad esempio, a Legacoop sia Coop che Conad, soggetti che con differenti scambi mutualistici operano e competono sul mercato della distribuzione, avendo differenti la *governance* e la base sociale diffusa. Nella GDO italiana le cooperative hanno, quindi, un ruolo primario.

Quindi, il mondo cooperativo da sempre è attivo e cerca di dare, aggregando, risposte ai bisogni delle persone.

Rispetto al tema dell'ambiente e dei cambiamenti climatici, in generale si dice che le cooperative sono sostenibili per natura. Perché molti dei principi cooperativi a cui tutti gli aderenti a Legacoop si debbono ispirare tendono alla sostenibilità sociale, ambientale ed economica. Al di là della retorica, si hanno alcune evidenze, osservando dove operano le cooperative e la loro "speranza di vita". Queste analisi mostrano come le cooperative siano in grado di ridurre le fratture territoriali, si pensi ad esempio, alle aree interne, dove la presenza media di queste imprese è superiore al dato nazionale, ed hanno un forte legame con il territorio. Non solo anche la longevità delle cooperative evidenzia come la reputazione nei confronti degli *stakeholder* sia un punto centrale del loro operato. Le cooperative non possono delocalizzare perché non possono delocalizzare i soci. Questo non significa che l'impresa sia confinata nel territorio nazionale. Ma mostra una propensione maggiore ad operare nel contesto locale. Ciò non deve indurre a pensare che tutte le cooperative rispettino questi principi e *modi operandi*. Però in media sono più attente rispetto ad altri operatori.

Rispetto all'energia, le cooperative aderenti, hanno installato, a gennaio 2023, circa 140 MW di impianti da fonti rinnovabili.

È un numero sicuramente significativo, ma non è sufficiente a soddisfare la domanda energetica delle aderenti. La sola distribuzione organizzata consuma 3 TWh anno, perciò è necessario aumentare la capacità di produzione da fonti rinnovabili per soddisfare la domanda. Al fine di ridurre le proprie emissioni di CO₂. La strada intrapresa è corretta, però bisogna di fare meglio, e per questo Legacoop mette a disposizione il proprio fondo mutualistico, Coopfond, per fare in modo che le cooperative aumentino il numero degli impianti da FER.

Per sua natura la fotografia ci offre una visione statica. Rappresenta qualcosa del passato. E allora come si comporteranno le cooperative nel futuro, sul tema dello sviluppo sostenibile e delle future generazioni?

Anche perché oggi il sistema imprenditoriale è sfidato da una riforma costituzionale approvata qualche anno fa, che ha introdotto la tutela dell'ambiente nell'interesse delle future generazioni. Di più l'art. 41 prevede che l'iniziativa economica non possa svolgersi in modo da recare danno alla salute e all'ambiente. Questo significa che come parte del sistema imprenditoriale le cooperative si devono impegnare sempre di più a rispettare i nuovi dettami della Costituzione.

Come sostenuto in un recente documento di Italia Decide, «si può ritenere come tale riforma costituzionale comporti il sorgere di un vero e proprio dovere in capo alla Repubblica che deve esercitare la tutela dell'ambiente nell'interesse delle future generazioni, [...] la Repubblica non deve essere intesa solo con riferimento allo Stato, ma in senso lato come comprensiva anche dei cittadini»¹.

In precedenza è stato affermato che le cooperative hanno una vita media molto superiore alle altre imprese. In realtà si può sostenere che sono un soggetto intergenerazionale. Il terzo Principio cooperativo, ovvero la partecipazione economica dei soci, ci ricorda che gli associati contribuiscono equamente al capitale delle proprie cooperative e lo controllano democraticamente. Almeno una parte di questo capitale è, di norma, proprietà comune della cooperativa. Gli utili non si disperdono, ma vengono reinvestiti nello sviluppo o destinati ad attività approvate dalla base sociale, garantendo così continuità e sostenibilità ben oltre l'orizzonte dei soci attuali. Di fatto, l'impresa cooperativa non è neanche dei soci, ma è una entità che deve sopravvivere a chi la gestisce in quel momento.

Ora anche altri operatori economici, almeno in parte, dovranno rispondere a queste istanze di intergenerazionalità e di sviluppo sostenibile. Una sfida anche per le cooperative, perché tutti gli altri saranno costretti ad essere sostenibili per natura. Sempre nel documento di Italia Decide² si legge «In tale quadro di riferimento, assume particolare rilievo, quale attuazione concreta della riforma costituzionale, lo sviluppo delle comunità energetiche rinnovabili e dei gruppi di autoconsumo collettivo che vanno sempre più affermandosi quali modelli virtuosi di una transizione energetica capace di coniugare la sostenibilità con la partecipazione democratica e la giustizia sociale. Comunità energetiche rinnovabili ed autoconsumo collettivo, pur nella loro differente natura, perseguono

¹ *Il tempo che verrà. La tutela costituzionale dell'ambiente e la transizione energetica*, in https://www.italia-decide.it/wp-content/uploads/2024/06/italiadecide_Ricerca_Il-tempo-che-verra_DEF.pdf.

² *Ibidem*.

l'obiettivo comune di favorire il coinvolgimento attivo dei cittadini e rappresentano elementi centrali dell'evoluzione del settore dell'energia e di uno sviluppo socio-economico capace di valorizzare il contributo della società civile al rafforzamento del sistema energetico, che potrà essere ancora più efficace con l'adozione di ulteriori misure di semplificazione normativa e autorizzativa in materia di energie rinnovabili».

Le cooperative del futuro, almeno nel campo energetico, saranno probabilmente multistakeholder, saranno una piattaforma che consente a tutti di contribuire a rendere più sostenibile e giusto il modello energetico.

Se si ritorna ora all'album fotografico, si nota che le cooperative storicamente si sono occupate anche di produzione energetica. In Italia nell'arco alpino, ma in America, le cooperative associano circa 50 milioni di persone. Solo per ribadire che il modello collaborativo può e deve essere ambizioso.

Nell'arco alpino queste esperienze, imprenditoriali hanno iniziato la loro attività alla fine dell'Ottocento. È bene sottolineare che le cooperative sono intervenute laddove il mercato ha fallito.

Ad esempio, SECAB (Società Elettrica Cooperativa Alto But)³ ha prodotto energia, perché nessuno avrebbe fatto gli investimenti in quel contesto lì.

Cioè, in alcuni casi le persone si sono autorganizzate, ed hanno dato concretezza alla loro voglia di auto-imprenditorialità per raggiungere un risultato collettivo e dare risposta ai propri bisogni.

Di fatto queste esperienze sono CER, anche se realizzate prima del recepimento della Direttiva RED II, recepita in Italia grazie al d.lgs. 199/2021. Tuttavia ad oggi non possono partecipare alle comunità energetiche.

Queste cooperative di norma producono energia tramite impianti idroelettrici. Ciò rappresenta la principale differenza con le Coop energetiche del terzo millennio.

Le cooperative dell'arco alpino hanno "grandi centrali" elettriche, e distribuiscono energia direttamente ai soci, in una visione, anche se molto locale, centralizzata. Il modello cooperativo ha già dimostrato di essere adatto alla produzione e gestione di energia. In un contesto particolare, con dei sistemi di produzione adatti all'epoca ed al territorio sotto forma di coop di consumo.

Oggi c'è la seconda generazione di rinnovabili, di dimensione più ridotta e diffusa su tutto il territorio, basata principalmente su eolico e fotovoltaico, senza dimenticare le biomasse.

L'eolico ed in particolare il fotovoltaico, di piccola taglia necessitano di un modello completamente diverso, chiamato decentralizzato, distribuito. Non

³ <https://www.secab.it/it>.

solo, nel caso delle CER non c'è scambio fisico di energia. Ma, ai fini dell'incentivo, solo virtuale. E quindi passiamo da cooperative di consumo e cooperative di utenza.

Questa distinzione tecnologica è ancora più marcata fuori dal contesto cooperativo.

Nel 2000 gli impianti di produzione di energia elettrica in tutta Italia erano poche centinaia, non superavano i 1000 sicuramente.

E davano energia a tutta l'Italia, producendo all'incirca 58 GWh alla punta. In quel periodo il massimo dei consumi si aveva all'incirca l'11 dicembre, e non c'era, come ora, il doppio picco dei consumi, causato principalmente dai condizionatori.

Oggi abbiamo quasi 2.000.000 di impianti.

Di questi, se andiamo a fare l'analisi, molti sono sotto i 3 kW, ovvero sono impianti domestici. Abbiamo oltre 1 milione di prosumer (produttori e consumatori di energia), che stanno in un mercato fino all'altro giorno riservato a meno di 1000 impianti.

È un rapporto almeno 1 a 1000, per stare stretti. A chi dice «ma abbiamo inserito pochissime rinnovabili», va ricordato che è stato cambiato completamente il modo di fare energia. Un fenomeno scontato? No. Certo rispetto agli ambiziosi e necessari obiettivi per contrastare i cambiamenti climatici siamo indietro. Ma è stata rotta l'inerzia. Non solo sono state negli anni presentate proposte normative che avrebbero impedito questi risultati.

2002-2003: decreto sblocca-centrali, decreto Marzano. Grazie a quella norma furono proposte un centinaio di centrali elettriche. Di grandi dimensioni. Per una potenza di 80 GW. Tutte a turbogas, e a carbone.

Se fossero state tutte realizzate, quale sarebbe stata la situazione nel 2021, con la crisi in Ucraina?

Fortunatamente solo alcuni dei progetti presentati furono realizzati, in parte in sostituzione del parco elettrico più obsoleto.

Successivamente fu proposto il ritorno al nucleare, naufragato con il secondo referendum popolare influenzato dalla tragedia giapponese di Fukushima.

Però, in quello stesso periodo si decise di fare un cambiamento ed incentivare le rinnovabili. Grazie al primo conto energia, ma soprattutto al secondo conto energia. I risultati di oggi sono frutto di scelte passate in contesti dove non era chiara la strada da scegliere. I processi sociali non sono stazionari per cui conta il punto di partenza e il punto di arrivo.

Il percorso è importante. E l'Italia ha intrapreso un percorso virtuoso. Ed il punto di arrivo, forse più basso, è stato raggiunto nonostante politiche che si sono mosse in senso contrario.

Riprendendo l'album fotografico notiamo anche la casa, o meglio l'infrastruttura energetica. Il sistema di distribuzione elettrico è un asset strategico per il nostro paese. Oggi possiamo avere energia in ogni momento e in qualsiasi parte d'Italia. Non è sempre stato così. Tutto ciò è frutto del lavoro e degli investimenti fatti sulla rete. Tuttavia, il sistema energetico è sfidato da ragionamenti iniziati nel dopoguerra. Penso alle intuizioni di Georgescu Roegen, che introdusse il concetto di entropia in economia, e di Aurelio Peccei, che con il Club di Roma pose attenzione ai limiti dello sviluppo. Da qui sono partite importanti riflessioni, che sono arrivate allo sviluppo sostenibile e alla lotta ai cambiamenti climatici. Lo sviluppo delle rinnovabili parte quindi da lontano e oggi si trova in un momento di svolta.

Esse infatti sono intermittenti e non programmabili, due elementi che possono creare non pochi problemi alla rete di trasmissione. Ecco, il modello cooperativo può aiutare a gestire le criticità delle FER, creando soluzioni per la condivisione dell'energia che aiutano a mettere in equilibrio il sistema energetico e la distribuzione, rendendo più facile il passaggio da un modello centralizzato a uno decentralizzato.

Le comunità energetiche, vengono introdotte per risolvere, almeno parzialmente, i due problemi principali delle fonti rinnovabili. Quindi o si usano delle batterie o si cambiano i profili di consumo in base a quelli di produzione.

Il consumo a chilometro zero crea un equilibrio sul mercato elettrico, sia nel sistema di distribuzione che di trasmissione, per dirla in una maniera non molto tecnica.

Ecco, la comunità energetica è un sistema che bilancia l'energia.

Per questo motivo vengono incentivate, oltre al fatto che aumentano l'accettabilità sociale ed ambientale delle rinnovabili.

L'incentivo viene dato alla comunità energetica proprio perché riduce la pressione sulla rete di trasmissione e distruzione. È bene ricordare che viene incentivata l'energia condivisa, che è pari al minimo tra l'energia immessa in rete dagli impianti nella disponibilità della CER e la somma dei consumi dei soci della CER stessa. Si capisce subito che il valore massimo dell'incentivo si ottiene se produzione e consumo coincidono.

Ovviamente parliamo in termini generali e probabilistici, perché nessuno può controllare se un elettrone prodotto dal pannello fotovoltaico finisce esattamente in quella casa. Tuttavia c'è una buona probabilità che l'energia prodotta venga assorbita in un contesto abbastanza specifico. Per questo anche se impropriamente possiamo parlare di chilometro zero.

Come possiamo garantire accessibilità, equità e partecipazione nei modelli di produzione e consumo energetico? La risposta non è scontata. Usando un'i-

perbole, direi che il fotovoltaico rischia di essere l'unica concessione che sopravvivrà alla Bolkestein. Infatti, rispettando gli impegni condivisi a livello europeo, prima o poi, arriveremo al punto che non sarà più necessario installare nuovi impianti da fonti rinnovabili per soddisfare la domanda di energia, e quindi chi oggi ha un impianto, visto la normativa attuale, a fine vita potrà facilmente sostituirlo con uno nuovo. Cioè chi oggi ha un impianto o meglio una concessione ad estrarre energia dal sole (o dal vento), lo avrà per sempre. Chi non ce l'ha, avrà molte più difficoltà a trovare il suo posto al Sole. È bene notare poi che sole e vento non sono soggetti alle fluttuazioni dei dazi. E allora in quale modo possiamo gestire collettivamente materie prime che per ora sono ancora di tutti? La cooperativa, con i suoi principi, in primis una testa un voto, garantisce la partecipazione e la possibilità di distribuire in maniera equa le risorse, aumentando l'accettabilità sociale delle rinnovabili e ponendo attenzione al territorio e alla comunità. La forma giuridica cooperativa ci aiuta a individuare una prima risposta, che però non è sufficiente. Riteniamo che la cooperativa debba essere costituita tra pari, un risultato che si può ottenere in tanti modi. Per noi la proprietà degli impianti è uno di questi. Gli impianti della cooperativa garantiscono l'accesso a tutti alle rinnovabili, e non solo a chi ha più soldi, ed un flusso di cassa indipendente dagli incentivi. Non solo aumentano il senso di comunità e la partecipazione degli stakeholder, e consentono anche una migliore ripartizione delle risorse.

Ma le comunità energetiche aiutano un cambio culturale sul tema energetico. C'è l'*empowerment* del consumatore: si passa da consumatore a *prosumer*, cioè un soggetto che entra nel mercato elettrico producendo energia da fonti rinnovabili ed è sia produttore che consumatore. E per chi non riesce a produrre in proprio l'energia, si può diventare prosumer mediante la CER cooperativa, che può anche essere proprietaria dell'impianto. E quando i mezzi di produzione sono in capo alla cooperativa, significa che sono dei soci. Ciò può favorire un cambio di approccio e nei comportamenti.

La CER che ha impianti di terzi nella sua disponibilità, per avere il massimo dell'incentivo o trova nuovi consumatori, o incentiva i propri soci a consumare di più per assorbire quell'energia. La prima opzione è sicuramente quella che rende lo schema più vantaggioso per i soci.

Tuttavia se l'impianto è di proprietà della comunità energetica, sono i soci che decidono quanti impianti fare e quanto consumare. Nessuno vorrà fare più impianti e consumare di più, ma tutti vorranno consumare meglio, e probabilmente meno. Questo rappresenta l'obiettivo fondamentale delle CER: cambiare i profili di consumo in base ai profili di produzione. È necessario però farlo su una scala abbastanza significativa.

Inoltre, la proprietà degli impianti aiuta a rispondere alla domanda sulla sostenibilità economica. Gli impianti consentono alla cooperativa di avere un flusso di cassa indipendente dagli incentivi. Non si corre il rischio di fare un'impresa a scadenza: su questo la posizione di Legacoop è abbastanza chiara. L'associazione non è interessata ad aprire una cooperativa e chiuderla tra vent'anni, è bene immaginare un progetto che sia più sostenibile possibile, non solo dal punto di vista ambientale e sociale, ma anche da un punto di vista economico.

Provo a spiegare un po' meglio questa affermazione. L'incentivo è costituito da due parti, una fissa e una variabile, inversamente proporzionale al prezzo dell'energia. Avere quindi un impianto di proprietà consente alla CER coop di avere per molti anni un *range* entro il quale i ricavi possono oscillare (magari un *range* abbastanza largo, che però riduce la volatilità dei prezzi di vendita dell'energia).

Ma la proprietà dell'impianto consente anche di creare la comunità. L'impianto da fonti rinnovabili può essere quel qualcosa che aggrega e aiuta a far sentire i soci parte della comunità. Anche solo prendendosi cura dell'impianto o semplicemente aumentando il controllo sociale perché ognuno sa che è suo e non di un soggetto terzo.

Per questo motivo Legacoop insieme a Coopfond, e Banca Etica, ha promosso il progetto Respira.coop.

Lo facciamo con il progetto Respira.coop, utilizza il *crowdfunding*, in altri casi il metodo dei soci sovventori, noi con il nostro fondo mutualistico raddoppiamo *l'equity* messo all'interno della cooperativa e poi, tramite Banca Etica, forniamo la parte che manca, in modo tale che la comunità energetica sia proprietaria degli impianti.

La rivoluzione o evoluzione energetica non è finita qui.

Il 1° gennaio del 2025 è entrato in vigore il Testo Integrato del Dispacciamento Elettrico, che, tra le tante cose, prevede i BSP (*Balancing Service Provider*), cioè dei soggetti che si candidano a bilanciare il mercato dell'energia. Anche se diverse le CER possono essere un soggetto che fa da BSP. Per entrare in questo mercato ovviamente bisogna essere strutturati, perché il beneficio economico può essere alto. Però se non si rispettano gli impegni si pagano delle penali.

Come detto nel CER non distribuiscono energia direttamente ai propri soci.

C'è solo uno scambio virtuale. Anche a questa limitazione si può però porre rimedio: Legacoop ha stipulato un accordo con una sua associata per promuovere il modello coop to coop. Le cooperative (comprese le comunità energetiche) e i loro soci possono acquistare energia da fonti rinnovabili prodotta da altre cooperative. Una modalità che aumenta l'efficienza, rafforza la proprietà collettiva e porta benefici concreti alla comunità, consolidando il senso di partecipazione e

responsabilità condivisa. Un processo che possibile grazie al coinvolgimento di un dispacciatore di energia.

Nel nostro album di famiglia non può mancare lo zio d'America: Jeremy Rifkin. Quando in Italia è iniziato lo sviluppo delle FER, Legacoop ha cercato da subito di far evolvere il modello cooperativo per renderlo adatto a queste nuove soluzioni tecnologiche. Nel 2008, grazie a Jeremy Rifkin, fu lanciato il cuore oltre l'ostacolo e fu proposto il progetto "le cooperative del sole". Da quell'idea nacquero alcune esperienze significative: la cooperativa di comunità di Melpignano, una CER coop ante litteram, Coop Sole, Sole per tutti, 1000 tetti FV. Le conoscenze acquisite hanno permesso all'associazione di capire come meglio supportare la nascita delle CER in forma cooperativa.

C'è un ecosistema di CER con una grande diversità di esperienze: da quelle con attenzione ai temi sociali, a quelle con visione nazionale, da quelle con impianti propri, a quelle che coinvolgono l'amministrazione locale. Esistono tanti modelli e le CER sono differenti e belle anche per questo.

L'album di famiglia ci racconta di una grandissima complessità. È un po' come andare in bici. Se noi dovessimo studiare come si sta in equilibrio su una bicicletta, lasceremmo tutti perdere. Però se superiamo la paura e pedaliamo magicamente ci muoviamo.

Invito tutti quanti a fare un giro sulla bicicletta, provare le comunità energetiche che sono, quando si usano, molto più semplici della teoria. Per questo Legacoop si è tanto impegnata sul tema. Anche per contrastare quello che giustamente ha detto ASviS rispetto all'Agenda 2030. Probabilmente, tra i tanti obiettivi che non saranno centrati, due sono relativi ai cambiamenti climatici: la quota di energia prodotta da fonti rinnovabili e la riduzione dei consumi.

Ognuno deve fare la sua parte. Come ha detto il Segretario generale delle Nazioni Unite: «Non possiamo creare un futuro adatto ai nostri nipoti con un sistema costruito dai nostri nonni». Ecco, le comunità energetiche sono esattamente questo: un modello nuovo che guarda all'energia in una maniera completamente diversa. Una storia che illumina il futuro. Un esempio concreto di come la cooperazione possa evolversi senza tradire le proprie radici è la Cooperativa Elettrica Peligna di Pratola Peligna. Il 25 giugno 1905, la cooperativa nasce con l'obiettivo di portare l'illuminazione elettrica nelle case dei pratolani, sostituendo le tradizionali lucerne a olio. Nel 1908 viene inaugurata la centrale idroelettrica sul fiume Villetta, segno tangibile dell'impegno della comunità per l'autosufficienza energetica. Nel 2024 la Cooperativa è diventata un CER, per costruire un futuro adatto ai nipoti, reiventando una Coop costruita dai nonni.

Nel corso del tempo, la cooperativa ha affrontato sfide e cambiamenti, ma ha sempre mantenuto viva la visione di un'energia condivisa e sostenibile. Nel

2024, decide di rinnovarsi costituendo una Comunità Energetica Rinnovabile, aderendo a Legacoop e portando avanti il sogno di indipendenza energetica con un approccio moderno e inclusivo.

Questa storia non è solo un ricordo del passato, ma una testimonianza vivente di come la cooperazione possa adattarsi, innovare e rispondere alle sfide del presente e del futuro. La Cooperativa Elettrica Peligna dimostra che, anche in un mondo in rapido cambiamento, è possibile rimanere fedeli ai principi di solidarietà, partecipazione e sostenibilità.

Guardando avanti, possiamo trarre ispirazione da questo esempio per costruire un futuro in cui le comunità siano protagoniste del cambiamento, dove l'energia non sia solo una risorsa, ma anche un mezzo per rafforzare i legami sociali e promuovere un benessere condiviso.

Implementazione sperimentale di una piattaforma *blockchain* per la gestione delle comunità energetiche e dei veicoli elettrici

Maria Luisa Di Silvestre, Salvatore Favuzza, Mariano Giuseppe Ippolito,
Salar Moradi, Eleonora Riva Sanseverino, Giuseppe Sciumè

SOMMARIO: 1. Introduzione. – 2. La tecnologia *blockchain*. – 3. La *blockchain* come strumento di monitoraggio, aggregazione e controllo. – 4. La *blockchain* come strumento gestione per le Comunità Energetiche Rinnovabili. – 5. Gestione dell'energia condivisa. – 6. Architettura del sistema sperimentale. – 7. Implementazione della piattaforma *blockchain*. – 8. Connessione prototipo-*blockchain*. – 9. Implementazione di programmi V2G all'interno di una CER. – 10. Conclusioni.

1. La transizione energetica in atto sta trasformando profondamente il modo in cui l'energia viene prodotta, distribuita e consumata. In particolare, la crescente diffusione di fonti rinnovabili non programmabili, come il solare-fotovoltaico e l'eolico, sta generando nuove sfide in termini di bilanciamento della rete, gestione della domanda e stabilità del sistema elettrico [1]. Queste fonti di energia, sebbene fondamentali per la decarbonizzazione, sono caratterizzate da una natura intermittente che richiede strategie innovative per assicurare un funzionamento sicuro ed efficiente del sistema elettrico.

In parallelo, stiamo assistendo ad un'espansione significativa delle cosiddette Comunità Energetiche Rinnovabili (CER), gruppi di utenti (cittadini, imprese o enti pubblici) che si associano per produrre, consumare, scambiare e gestire energia da fonti rinnovabili in modo condiviso e locale. Queste comunità rappresentano un modello emergente di organizzazione energetica decentralizzata, in cui gli utenti non sono più semplici consumatori passivi, ma diventano *prosumer*, cioè soggetti attivi che contribuiscono alla generazione ed all'ottimizzazione dell'energia all'interno del proprio contesto territoriale. Le comunità energetiche rinnovabili favoriscono l'autoconsumo collettivo, la riduzione delle

emissioni di gas serra e la resilienza locale, aprendo nuove opportunità per una transizione energetica partecipata e sostenibile [2].

Contemporaneamente, la crescente penetrazione dei veicoli elettrici (EV – *Electric Vehicles*) introduce sia sfide che opportunità aggiuntive nel sistema energetico. Se opportunamente integrati, gli EV possono diventare una risorsa preziosa per la rete elettrica grazie alla loro capacità di accumulo energetico ed alla flessibilità di gestione nella ricarica e nella scarica, fenomeno noto come “*Vehicle-to-Grid*” (V2G). Questa interazione bidirezionale permette di utilizzare le batterie degli EV per assorbire energia in eccesso o restituirla alla rete nei momenti di picco, contribuendo così alla stabilizzazione della domanda ed all’efficienza complessiva del sistema [3].

In questo scenario complesso e dinamico, la tecnologia *blockchain* emerge come uno strumento potenzialmente rivoluzionario per garantire la tracciabilità, l’affidabilità e la decentralizzazione delle informazioni e delle transazioni energetiche. La *blockchain*, essendo un registro digitale distribuito ed immutabile, consente di certificare in modo sicuro ogni scambio energetico tra gli utenti, riducendo la necessità di intermediari e aumentando la trasparenza [4]. L’integrazione della *blockchain* nei sistemi di gestione dell’energia, rendendo più sicure le operazioni di monitoraggio, aggregazione e controllo, può facilitare nuovi modelli organizzativi basati sulla cooperazione tra utenti, incentivare l’autoconsumo, supportare la nascita di mercati energetici locali ed abilitare servizi avanzati come il V2G.

Il presente capitolo descrive le attività svolte dall’unità di ricerca dell’Università degli Studi di Palermo per il progetto PRIN2022.0002708.30-03-2022 “*S.O.S. MOBILITY – Smart and/Or Sustainable Mobility: when is smart mobility sustainable for consumers and SMEs?*” all’interno del WP3, per l’implementazione sperimentale di una piattaforma *blockchain* ospitata su macchine virtuali a seguito dell’esperienza maturata durante il progetto di ricerca BloRIN [5]. L’obiettivo principale delle attività è stato quello di valutare come la tecnologia *blockchain* possa supportare le comunità energetiche rinnovabili nella gestione efficiente dei flussi energetici, garantendo tracciabilità, trasparenza e sicurezza nelle transazioni, sia in fase di consumo che di produzione.

Particolare attenzione è stata dedicata all’integrazione dei EV, con la possibilità di sviluppare e testare servizi avanzati come il V2G, in cui i veicoli non solo consumano energia per la ricarica, ma possono anche restituirla alla rete in modo intelligente. In questo contesto, la *blockchain* è stata usata come strumento di coordinamento e certificazione degli scambi energetici, sia tra i membri della comunità che tra la comunità e la rete elettrica nazionale.

Le attività sperimentali sono state svolte nel laboratorio *Smart&MicroGrids Lab* (SMGLab) dell’Università degli Studi di Palermo, dove è installato un

prototipo di *prosumer* intelligente [6]. Tale sistema comprende generazione da fonte rinnovabile simulata (fotovoltaico), carichi attivi e passivi, sistemi di accumulo e dispositivi di controllo. Tutti i flussi energetici sono monitorati da un sistema di gestione in grado di controllare i dispositivi e gestire l'interfacciamento con la *blockchain*.

L'obiettivo principale di questo capitolo è di descrivere la piattaforma *blockchain* sviluppata in ambiente virtuale e testata all'interno dell'SMGLab in grado di:

- garantire la tracciabilità e la verifica dei flussi energetici di una CER;
- permettere la gestione ed il coordinamento delle attività di ricarica dei veicoli elettrici, specialmente in scenari V2G;
- sostenere l'interazione tra *prosumer* (scambio di servizi energetici);
- implementare modelli di *business* energetico decentralizzati basati su *smart contract*.

Il capitolo è strutturato come segue: nella Sezione 2 è descritta la tecnologia *blockchain* e le sue caratteristiche; la Sezione 3 analizza l'uso della *blockchain* come strumento di monitoraggio delle CER e di integrazione di infrastrutture di ricarica per veicoli elettrici; la Sezione 4 descrive l'architettura del sistema sperimentale sviluppato presso lo SMGLab, includendo il prototipo, l'implementazione della piattaforma *blockchain*, la connessione tra prototipo e *blockchain*, e i casi d'uso V2G modellati tramite *smart contract* dedicati. Infine, nella Sezione 5 sono presentate le conclusioni.

2. Dal 2008, anno in cui è stata creata la prima e più famosa applicazione *blockchain* per le transazioni in *Bitcoin*, molte aziende hanno cercato di utilizzare questa tecnologia per applicazioni in vari settori, quali: finanza, voto elettronico (*e-voting*), gestione dei diritti d'autore e dei brevetti, contratti intelligenti, tracciamento delle merci (*supply chain*) e mercato dell'energia.

Blockchain non è, infatti, il sinonimo di *Bitcoin*, ma una tecnologia basata sulla *Distributed Ledger Technology* (DLT), quindi caratterizzata da un registro distribuito.

Bitcoin è la prima e più famosa criptovaluta al mondo, nata nel 2008 con l'obiettivo di creare un sistema di pagamento elettronico che permettesse a due parti di negoziare direttamente tra loro senza la necessità di una terza parte di fiducia.

Il sistema di *e-commerce* tradizionale si affida alle istituzioni finanziarie, che fungono da mezzo per l'elaborazione dei pagamenti elettronici.

Questo sistema soffre delle debolezze intrinseche di un modello basato sulla fiducia di utenti sconosciuti verso una terza parte che funge da garante per en-

trambi, con un conseguente costo di intermediazione che aumenta il costo della transazione, limitando la dimensione minima delle transazioni che possono essere effettuate ed escludendo la possibilità di piccole transazioni.

La *blockchain* consente di registrare eventi ordinati nel tempo e garantisce che gli eventi registrati siano difficili da cancellare o modificare anche se utenti malintenzionati cercano di farlo, poiché ogni modifica richiede molte risorse e/o l'approvazione della maggior parte dei nodi della rete e non di una singola autorità come nel caso dei classici sistemi centralizzati. Pertanto, gli utenti non devono fare affidamento su terze parti, che spesso prendono decisioni per i propri interessi. Per questo motivo, è particolarmente utile nei casi in cui due soggetti vogliono concludere un accordo, ma non si fidano l'uno dell'altro [7].

Prima dell'avvento della *blockchain*, le transazioni di qualsiasi bene venivano registrate in un *database* centralizzato gestito da un'istituzione, che teoricamente poteva fare qualsiasi operazione sui dati, e quindi doveva essere affidabile per evitare comportamenti scorretti sui dati. Nel campo finanziario, questo ruolo centrale è gestito dalla banca, mentre nel mondo dell'energia elettrica il ruolo centrale è svolto da entità diverse a seconda del tipo di transazione. Un operatore terzo gestisce tutte le transazioni finanziarie ed energetiche nel mercato all'ingrosso dell'energia (GME in Italia, CRE in Francia, ecc.), mentre il *Transmission System Operator* (TSO) gestisce tutte le transazioni finanziarie ed energetiche nel mercato di bilanciamento (Terna in Italia, RTE in Francia, ecc.) verificando la fattibilità tecnica di ciascuna di esse.

Queste transazioni (finanziarie o di energia elettrica) sono in ogni caso registrate in un *database*. La novità introdotta dalla *blockchain* è la distribuzione dei dati e la fiducia nella rete, superando i problemi che affliggono i sistemi decentralizzati. Nei sistemi distribuiti, ogni nodo ha le stesse capacità e lo stesso livello di accesso a informazioni complete.

Ciò costituisce una solida base per la fiducia, in quanto democratizza l'intero sistema. Inoltre, poiché i dati sono memorizzati su tutti i nodi del sistema, in caso di attacco informatico non c'è un singolo punto di guasto; quindi, il sistema può continuare a funzionare. D'altra parte, in un sistema tradizionale centralizzato (*database*), ci si affida a un'unica autorità centrale che controlla "chi può fare cosa" nel sistema. Quest'ultimo tipo di sistema è più vulnerabile in caso di attacco informatico, ma è positivo quando la parte che controlla il sistema è affidabile e si comporta onestamente.

La *blockchain* è una DLT, in cui il libro mastro è strutturato in blocchi, condivisi e gestiti dai nodi della rete. Essa può essere pubblica o privata a seconda dell'accesso al libro mastro, mentre è denominata *permissioned* o *permissionless* a seconda di chi è autorizzato a mantenere il libro mastro [8].

In poche parole, una *blockchain* è una catena di blocchi, ogni blocco contiene diverse transazioni e l'intera informazione è condivisa tra tutti i nodi che partecipano alla *blockchain*. Ogni nodo può vedere tutte le transazioni, creando così una rete che permette la tracciabilità di tutte le transazioni. In questo modo, qualunque sia il loro ruolo (consumatori, aziende, autorità di certificazione, operatori...) i partecipanti alla rete sono pienamente responsabili delle loro azioni e dei loro contratti reciproci. Ogni blocco è collegato al precedente e al successivo attraverso l'uso di funzioni crittografiche chiamate "funzioni *Hash*". Le funzioni *Hash* permettono di convertire un messaggio di qualsiasi lunghezza, in questo caso i dati relativi a un blocco, in un messaggio di lunghezza fissa (un *digest* chiamato *hash* che lo identifica in modo univoco).

Inoltre, non è facile trovare due messaggi che abbiano lo stesso *hash*; tale proprietà è chiamata resistenza alle collisioni.

In altre parole, funzioni *Hash* creano una stringa associata ai dati del blocco di riferimento per la quale, una volta applicata la funzione, non è più possibile tornare ai dati originali.

La tecnologia *blockchain* sfrutta queste funzioni per creare la catena di blocchi: su ogni blocco è presente un *hash* calcolato utilizzando i dati della transazione contenuti nel blocco stesso più l'*hash* del blocco precedente.

In questo modo, ogni blocco memorizza le informazioni (*hash* del blocco precedente) di tutte le transazioni presenti su tutti i nodi della rete e, grazie al sistema di concatenamento, non è modificabile (se non modificando tutti i blocchi), vedi Fig. 1.

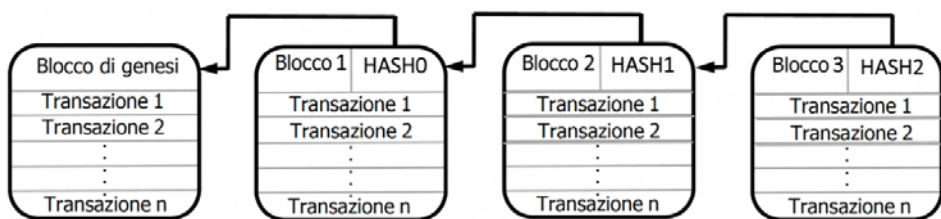


Fig. 1. Implementazione blocchi *blockchain*.

La *blockchain* va oltre le funzioni di un *database* distribuito, cioè un *database* che non si trova fisicamente su un singolo *server* (computer), ma si trova invece su più computer contemporaneamente, tutti perfettamente sincronizzati sugli stessi documenti. Infatti, a differenza di un *database*, le transazioni della *blockchain* vengono convalidate prima di entrare a far parte di nuovi blocchi, richiedendo l'approvazione della maggior parte dei nodi che partecipano alla rete e, una volta confermate, diventano difficili da alterare in quanto richiedono a

loro volta una potenza di calcolo incredibilmente elevata o l'approvazione della maggior parte dei nodi della rete.

Il processo di inserimento di una nuova transazione nella *blockchain* può essere suddiviso in sei fasi successive:

1. richiesta di transazione;
2. la nuova richiesta della transazione viene inviata alla rete;
3. la transazione viene inviata ai nodi responsabili della convalida delle transazioni;
4. se la transazione è valida, il nodo validatore inserisce la nuova transazione in un nuovo blocco contenente altre transazioni valide e compete per la convalida del blocco (processo di consenso);
5. dopo la convalida del nuovo blocco, il validatore che ha avuto successo può inserire il nuovo blocco nella catena;
6. una volta che il nuovo blocco fa parte della catena, tutti i partecipanti potranno vederne il contenuto.

Inoltre, grazie alla decentralizzazione, è possibile prevenire gli abusi di mercato attraverso i monopoli e ridurre i costi e la supervisione normativa. I nodi che provvedono alla convalida delle transazioni e dei blocchi sono chiamati *validatori* o "*miners*". La convalida della transazione può essere effettuata utilizzando algoritmi specifici chiamati "algoritmi di consenso" [9] o eseguendo alcuni codici condivisi sulla *blockchain* chiamati "*Smart Contract*" (SC) [10]. Questa caratteristica fornisce la validazione autorevole che in un sistema centralizzato è garantita dall'autorità fidata o più in generale dal gestore del sistema.

L'utilizzo della tecnologia *blockchain* permette quindi di ottenere:

- Trasparenza (nella *blockchain* pubblica), perché ogni blocco aggiunto alla *blockchain* è accessibile a tutti i partecipanti ed è nell'archivio di tutti i partecipanti;
- Fiducia, basata su funzioni crittografiche, che permette alla *blockchain* di funzionare in ambienti distribuiti ed inaffidabili;
- Immutabilità, poiché un blocco, grazie all'uso di funzioni *hash*, una volta aggiunto, può essere modificato solo disponendo di una potenza di calcolo estremamente elevata nel caso di *blockchain permissionless* (superiore a quella utilizzata per la convalida del singolo blocco) o con l'approvazione della maggior parte dei partecipanti alla rete nel caso di *blockchain permissioned*;
- *Confidence*, poiché esiste una lettura condivisa tra tutti i partecipanti;
- Efficienza (da valutare caso per caso), poiché non può richiedere intermediari rispetto al classico sistema di gestione delle transazioni, semplificando così i processi, le infrastrutture ed aumentando l'efficienza operativa;
- Controllo e Sicurezza, poiché consente l'uso della crittografia permettendo una maggiore protezione dei dati e un minor rischio di frode.

La *blockchain* è dunque un paradigma digitale che permette di garantire la sicurezza e l'immutabilità dei dati condivisi, in quanto si tratta di una serie di registrazioni immutabili e temporizzate di dati distribuiti e gestiti da *cluster* di computer. Grazie ai vantaggi che offre rispetto ai classici *database* centralizzati, oggi questa tecnologia è usata per sviluppare e testare numerose applicazioni in diversi settori.

Nel paragrafo successivo è analizzato l'uso della *blockchain* nel settore energetico con focus sulle CER.

3. Il funzionamento stabile e sicuro della rete elettrica richiede una conoscenza precisa e in tempo reale del suo stato. In particolare, eventuali squilibri tra la potenza generata e la potenza assorbita (domanda-offerta) possono produrre variazioni indesiderate della frequenza (ad es. deviazioni dal valore nominale di 50 Hz) e della tensione di rete, entrambi parametri critici che devono mantenersi entro tolleranze molto strette per non compromettere la qualità del servizio e la sicurezza degli apparati elettrici. Questo problema si aggrava con l'integrazione crescente di generazione distribuita, in particolare da fonti rinnovabili non programmabili (solare, eolico), che rendono il sistema più dinamico ma anche più vulnerabile agli sbilanciamenti locali ed istantanei. Per questo motivo, il monitoraggio continuo e diffuso dello stato della rete, sia lato produzione che lato consumo, è diventato un elemento imprescindibile. La funzione del monitoraggio della rete è quindi la più importante, ed è grazie al continuo monitoraggio che riusciamo, oggi, a mantenere in equilibrio il sistema elettrico.

Tuttavia, i modelli attuali sono centralizzati e si basano su una forte intermediazione dell'uomo, che riceve i dati, li elabora e li trasforma in azioni. Ciò introduce latenza, rigidità e un potenziale collo di bottiglia. La tecnologia *blockchain*, se opportunamente integrata con dispositivi di misura e controllo (*smart meter*, sensori IoT, inverter intelligenti), può costituire una soluzione per decentralizzare, automatizzare e garantire l'integrità del processo di monitoraggio [11]. In particolare, la *blockchain* può:

- registrare in tempo reale i dati di misura raccolti dai dispositivi sul campo in forma crittograficamente sicura;
- rendere disponibili questi dati in forma immutabile e trasparente a tutti i nodi autorizzati della rete;
- abilitare il trattamento automatico dei dati tramite l'impiego di *smart contract* che eseguono logiche predefinite al verificarsi di determinati eventi.

Inoltre, una delle funzioni chiave della *blockchain* è la capacità di aggregare in modo sicuro e strutturato un'enorme quantità di informazioni eterogenee [12]. Ogni blocco all'interno della *blockchain* contiene un insieme di transazioni

(dati), un riferimento al blocco precedente e un *hash* crittografico che rappresenta l'intero contenuto del blocco corrente. Questo meccanismo garantisce che qualsiasi modifica al contenuto invalidi l'intera catena, offrendo garanzia di integrità. Nel contesto energetico, le transazioni non si limitano a rappresentare meri scambi economici, ma assumono un significato più ampio, identificando eventi energetici veri e propri. Ogni immissione di energia da parte di un impianto di generazione, ogni prelievo legato a un carico controllato, così come l'attivazione di un servizio ancillare, può essere interpretato come una transazione energetica registrabile. Gli *smart meter* installati presso gli utenti svolgono un ruolo fondamentale in questo processo, poiché rilevano e trasmettono questi eventi a una *blockchain*, che può essere *permissionless* o *permissioned* a seconda dell'architettura adottata. Una volta registrati, i dati vengono aggregati non soltanto secondo criteri temporali, ad esempio su base oraria, ma anche in funzione della loro distribuzione spaziale, come nel caso di aree geografiche o nodi di rete specifici, e secondo parametri funzionali, ad esempio distinguendo tra diverse categorie di utenti o tipologie di carico.

L'aggregazione eseguita tramite la *blockchain* va ben oltre la semplice somma di valori numerici. Essa consente infatti di generare rappresentazioni strutturate dei flussi energetici, validate e condivise in modo sicuro tra tutti gli attori coinvolti: produttori, consumatori e gestori di rete. Queste rappresentazioni non solo favoriscono una maggiore comprensione aumentando la capacità di monitorare il sistema, ma costituiscono anche una base certificata per il riconoscimento dei contributi individuali all'interno di *performance* collettive come le CER, dove la quantità di energia condivisa deve essere tracciata e ripartita in modo equo e trasparente tra i partecipanti.

Il terzo elemento chiave riguarda il controllo attivo della rete [13], ovvero la capacità di intervenire in maniera automatica, tempestiva e distribuita sul comportamento di produzione e consumo dell'energia. Nelle reti elettriche tradizionali, i sistemi di controllo sono concentrati principalmente sul lato della produzione e affidati a grandi impianti centralizzati, che si occupano, ad esempio, della regolazione primaria e secondaria della frequenza. Tuttavia, con l'evoluzione verso un sistema energetico distribuito, diventa essenziale il coinvolgimento attivo anche della domanda. Ciò significa integrare carichi flessibili, sistemi di accumulo e veicoli elettrici all'interno delle logiche di controllo della rete. L'innovazione proposta in questo ambito prevede di delegare alla *blockchain* la funzione di orchestrazione del controllo, rendendo il sistema capace di coordinare in maniera decentralizzata le risposte alle sollecitazioni della rete. Questo risultato è ottenibile grazie all'impiego di SC, ossia programmi che risiedono direttamente sulla *blockchain* e che si attivano automaticamente quando si verificano

condizioni prefissate, come il superamento di soglie di tensione o frequenza, l'accumulo di potenza oltre determinati limiti o l'arrivo di previsioni meteorologiche sfavorevoli. Affinché questi contratti intelligenti possano operare in modo corretto, è necessario un flusso continuo ed affidabile di dati reali provenienti dal campo. A tal fine intervengono gli *smart meter*, componenti fondamentali che fungono da interfaccia tra il mondo fisico e la *blockchain*, trasmettendo dati di misura aggiornati e garantiti, così che le decisioni prese dai contratti si basino su informazioni veritiere.

Infine, per assicurare che le azioni di controllo vengano validate in modo sicuro, coordinato e privo di conflitti, entrano in gioco le logiche di consenso tipiche della *blockchain*. In ambienti *permissioned*, ad esempio, si può adottare un meccanismo come la *Proof of Authority*, che consente di approvare rapidamente le operazioni, mantenendo al tempo stesso un alto livello di affidabilità e resistenza a comportamenti fraudolenti. In questo modo, la *blockchain* non si limita a registrare dati o gestire transazioni, ma diventa il cuore decisionale ed operativo di un sistema energetico realmente intelligente e distribuito.

In questo modello, le risorse distribuite sul territorio non vengono più controllate manualmente o da sistemi centralizzati, ma reagiscono autonomamente a segnali elaborati dalla *blockchain*, consentendo ad esempio di:

- ridurre o spostare i consumi di un utente in risposta a uno squilibrio rilevato;
- immettere energia in rete in caso di necessità;
- partecipare in modo programmato o automatico a mercati locali dell'energia o dei servizi di rete.

In questo contesto, la *blockchain* evolve da semplice sistema di registrazione delle transazioni a vera e propria infrastruttura decisionale distribuita, capace di coordinare in modo autonomo e sicuro l'interazione tra una moltitudine di utenti [14]. Grazie alla sua architettura decentralizzata, la *blockchain* consente l'elaborazione di decisioni collettive senza la necessità di un'autorità centrale, garantendo tempi di risposta più rapidi, maggiore resilienza agli errori o agli attacchi e una completa tracciabilità delle operazioni. Le logiche distribuite, supportate da SC e algoritmi di consenso, permettono alla rete di adattarsi dinamicamente alle condizioni operative, assicurando un elevato grado di affidabilità, sicurezza e trasparenza, fondamentali per il funzionamento delle moderne infrastrutture energetiche decentralizzate.

Queste caratteristiche rendono la *blockchain* particolarmente adatta a supportare modelli energetici innovativi basati sulla collaborazione tra utenti, come le comunità energetiche rinnovabili. In tali contesti, la capacità di aggregare utenti, di registrare e validare in modo sicuro e trasparente i flussi energetici, di automatizzare la gestione delle transazioni e di distribuire in maniera equa

benefici e responsabilità tra i partecipanti rappresenta un elemento chiave per garantire l'efficienza operativa e l'accettabilità sociale del sistema.

Il prossimo paragrafo approfondisce proprio come la *blockchain* possa abilitare e rafforzare le dinamiche cooperative ed il funzionamento tecnico delle CER, offrendo strumenti concreti per la condivisione dell'energia, la remunerazione dei contributi individuali ed il rispetto delle normative vigenti.

4. Grazie all'entrata in vigore del Decreto CACER (Decreto del MASE n. 414/2023) [15], l'Italia ha compiuto un passo decisivo verso la promozione e la diffusione delle CER, conformemente alla Direttiva Europea RED II (2018/2001/UE). Le CER sono oggi riconosciute come associazioni tra cittadini, piccole e medie imprese, enti locali o attività commerciali i cui punti di connessione (*Point of Delivery* – POD) sottendono alla stessa cabina primaria (AT/MT), che decidono di cooperare per produrre, condividere e autoconsumare energia da fonti rinnovabili, con l'obiettivo di massimizzare i benefici ambientali, sociali ed economici a livello locale. L'architettura tipo è mostrata in Fig. 2.

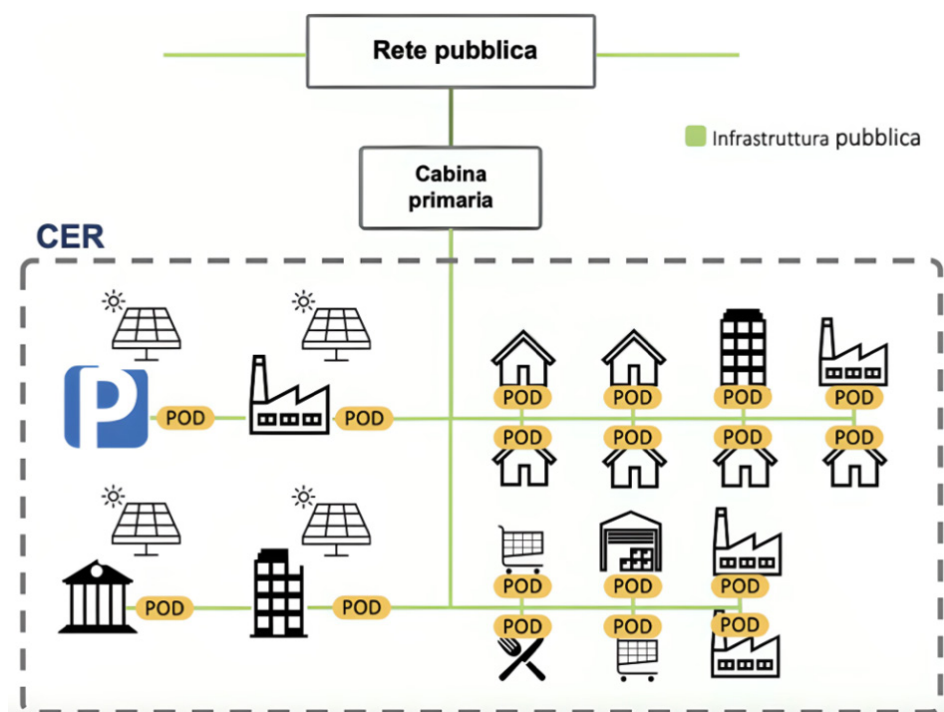


Fig. 2. Struttura Comunità Energetica Rinnovabile (fonte immagine [15]).

Il Decreto CACER, che supera il precedente d.lgs. n. 199/2021, attribuisce piena dignità giuridica alle CER e introduce misure incentivanti concrete per la condivisione dell'energia.

Nello specifico, è previsto un incentivo sotto forma di tariffa premio applicata all'energia condivisa tra i membri della comunità.

Tale tariffa è composta da due termini: un termine fisso funzione della taglia dell'impianto di generazione rinnovabile (80 €/MWh per potenze nominali inferiori a 200 kWp; 70 €/MWh per potenze nominali comprese tra 200 e 600 kWp; 60 €/MWh per potenze nominali superiori o uguali a 600 kWp), e un termine variabile (tra 0 e 40 €/MWh) che varia di ora in ora in base al prezzo zonale dell'energia elettrica.

L'energia condivisa è, invece, definita come il minimo, ora per ora, tra l'energia generata e immessa in rete dagli impianti a energia rinnovabile e l'energia consumata dagli utenti appartenenti alla CER.

Le comunità energetiche hanno lo scopo di favorire lo sviluppo sociale e la salvaguardia ambientale, che si traduce in una gestione dell'energia condivisa e una riduzione degli sprechi e delle perdite. Questi sono gli obiettivi principali, che vengono posti al di sopra di eventuali guadagni economico-finanziari.

Rispetto alla situazione preesistente, in cui non era consentito che un impianto condiviso fornisse energia a più utenze, la normativa attuale consente ai membri della comunità di continuare a scegliere liberamente il proprio fornitore e di nominare un amministratore responsabile della gestione energetica, dei flussi informativi e delle remunerazioni legate all'energia prodotta e condivisa.

Un'importante novità del Decreto CACER e del Testo Integrato per l'Autoconsumo Diffuso (TIAD) di ARERA (Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente) riguarda il riconoscimento normativo del ruolo delle infrastrutture di ricarica per EV all'interno delle CER [17]. Le stazioni di ricarica condivise possono infatti essere inserite tra i punti di prelievo abilitati alla partecipazione alla CER, rendendo possibile una gestione integrata tra produzione rinnovabile e mobilità sostenibile. In tal modo, i veicoli elettrici non sono più soltanto utenti passivi dell'energia prodotta, ma diventano elementi attivi del sistema, in grado di contribuire all'autoconsumo collettivo e, in prospettiva, di restituire energia alla rete attraverso tecnologie come il V2G.

Grazie alla condivisione locale dell'energia a livello locale viene ridotta progressivamente la dipendenza dai grandi produttori centralizzati, favorendo un modello distribuito e resiliente.

Le CER e le infrastrutture di ricarica condivise rappresentano quindi un'opportunità concreta per l'autonomia energetica e la decarbonizzazione.

Di conseguenza con questo provvedimento, cittadini, imprese ed enti pubblici godranno di molteplici vantaggi in termini sia economici che di sostenibilità. Prendendo a riferimento il contesto di una piccola rete, ma ciò ha valenza anche nelle aree elettricamente interconnesse, sarà possibile:

- produrre e consumare collettivamente energia pulita a livello locale;
- alleggerire la piccola rete evitando congestioni in periodi di sovraffollamento;
- ridurre i costi dei consumi elettrici;
- abbattere le emissioni inquinanti e i conseguenti impatti ambientali;
- contribuire ad uno sviluppo economico sostenibile.

All'interno di una CER gli attori protagonisti sono in primo luogo gli utenti finali che costituiscono la comunità e, in secondo luogo, l'amministratore che ne prende parte come soggetto giuridico. In tale contesto è necessario l'utilizzo di una piattaforma che offra servizi di gestione e monitoraggio dei flussi a tutti gli attori e che sia più possibile chiara e trasparente, per permettere facile comprensione di tutta l'architettura e la gestione dei flussi energetici anche agli utenti più profani. Dal momento che tutti gli utenti finali partecipano alla comunità condividendo uno o più impianti di produzione e/o accumulo di energia elettrica, è necessario che la piattaforma di monitoraggio usata sia più evoluta rispetto al monitoraggio e attuazione che manualmente effettua il singolo utente. Tale monitoraggio risulta fondamentale perché la ottimizzazione sui flussi energetici ha influenze sugli aspetti economici.

Attraverso un adeguato monitoraggio l'utente avrebbe contezza delle logiche di ottimizzazione di tipo tecnico che si stanno adoperando in quel preciso istante di tempo, avendo anche un segnale utile riguardo le remunerazioni economiche legate ai flussi.

Riguardo alle ottimizzazioni tecniche risulta necessario predisporre di algoritmi che prevedano la massimizzazione dell'autoconsumo fornendo all'utente informazioni sui suoi consumi e in quali fasce orarie convenga concentrarli. Va da sé che tali informazioni possono seguire logiche di attuazione automatica svincolando dunque l'utente nel caso questo non si trovi nella sua abitazione o sia impossibilitato ad attivare eventuali dispositivi.

L'utente finale è, in questa ottica, parte attiva della comunità ed è necessario che abbia percezione di tutti i flussi energetici all'interno della comunità stessa in modo che questo possa modificare e adattare le proprie abitudini in base alle valutazioni di ottimizzazione energetica fornite dalla piattaforma stessa. Senza una piattaforma di gestione adeguata l'utente puro consumatore non avrebbe percezione di cosa avviene nella CER e, fattore principale, non si sentirebbe di far parte della comunità.

Come già detto i soggetti all'interno di una CER sono gli utenti misti puri consumatori o *prosumer* e la persona fisica che ha il ruolo di amministratore della comunità. In quanto responsabile della comunità, questo ha necessità di avere informazioni su:

- quanti sono i membri della comunità;
- quali membri sono passivi o sono *prosumer*;
- dati relativi ai flussi energetici della comunità per effettuare la rendicontazione.

In merito all'ultimo punto, una piattaforma basata su tecnologia *blockchain*, sulla base dei modelli di remunerazione stabiliti da tutti gli utenti facenti parte della comunità, sarebbe in grado di eseguire i calcoli automaticamente, fornendo agli utenti tutti i dati relativi alla rendicontazione, garantendo allo stesso tempo la *privacy*.

5. Come già anticipato la massimizzazione dell'energia condivisa è determinante per perseguire gli obiettivi della CER. Da un punto di vista puramente teorico massimizzare l'energia condivisa vuol dire consumare nella stessa ora l'energia elettrica generata all'interno della comunità stessa.

La massimizzazione dell'energia condivisa prevede che all'interno di una comunità ci siano impianti di generazione di energia rinnovabile non programmabile (FRNP) come ad esempio impianti fotovoltaici. La massimizzazione dell'autoconsumo individuale può essere effettuata nel singolo impianto dall'inverter stesso, mentre per la massimizzazione dell'autoconsumo collettivo è necessario che vi sia una piattaforma di monitoraggio.

Iniziando dal caso più generale di auto consumatore senza sistema di accumulo e senza alcuna logica di ottimizzazione si ha quanto riportato in Fig. 3:

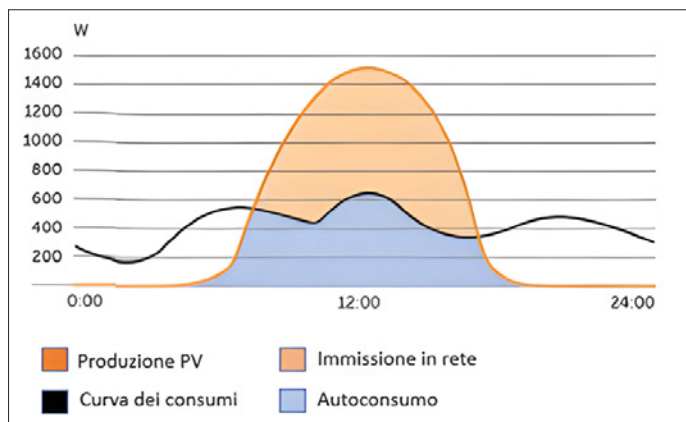


Fig. 3. Esempio tipico di produzione e consumo senza controllo.

La tipica curva di produzione fotovoltaica è caratterizzata da un picco nelle fasi centrali della giornata, mentre i consumi domestici sono distribuiti in modo più uniforme nell'arco delle 24 ore. Senza un sistema di accumulo, si è costretti a prelevare l'energia dalla rete pubblica nelle fasce in cui l'impianto fotovoltaico non produce, non riuscendo quindi a consumare tutta l'energia generata durante il giorno, che deve essere immessa in rete.

La massimizzazione in tal caso può essere raggiunta in diversi modi:

- sincronizzando il consumo con la produzione;
- accumulando l'esubero per un successivo utilizzo;
- una commistione dei precedenti due modi.

In merito al primo punto, la sincronizzazione può essere raggiunta manualmente dall'utente che modifica il suo profilo di consumi spostando i carichi nelle ore della giornata in cui vi è la produzione, come mostrato in Fig. 4:

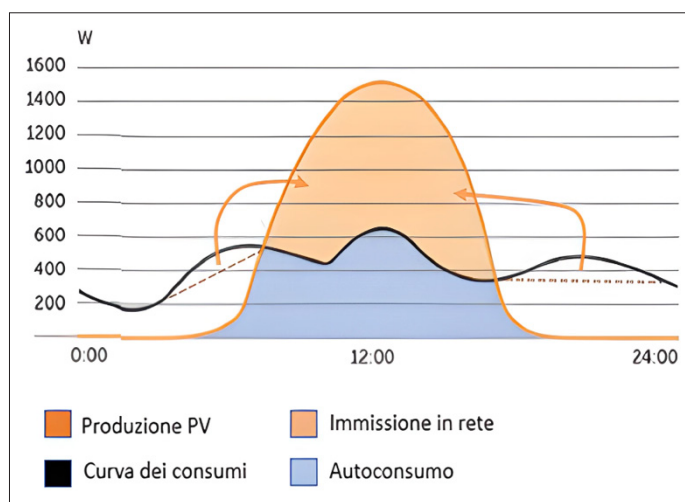


Fig. 4. Controllo del consumo per massimizzare l'autoconsumo.

La sincronizzazione può anche essere raggiunta tramite attuazione automatica da parte di una piattaforma che istante per istante monitora i flussi e invia segnali agli utenti che “devono” modificare il proprio comportamento. Queste due logiche possono essere entrambe presenti.

Se ad esempio in un condominio, dotato di un impianto centralizzato che sta producendo nelle fasce orarie diurne, in quell'arco temporale non vi sono consumi, si invia un segnale di accensione delle pompe di calore comandabili. La piattaforma, dunque, in automatico effettua l'ottimizzazione delle pompe di calore in tempi brevi rispetto al comportamento della persona che proprio in quel momento non si trova a casa.

Se continuassimo ancora ad avere un esubero della potenza prodotta, la piattaforma invierebbe segnali agli *smartphone* degli utenti per informarli sulla possibilità di attivare altri dispositivi di consumo nelle loro abitazioni.

In merito al secondo punto, la possibilità di accumulare l'energia in esubero consentirebbe il consumo nelle fasce orarie in cui non vi è produzione, come mostrato in Fig. 5:

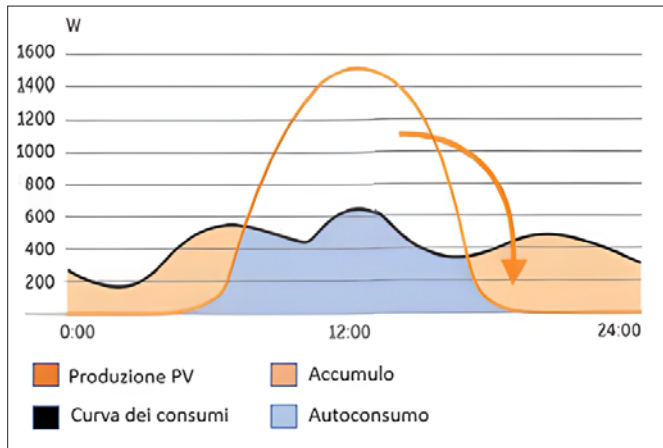


Fig. 5. Massimizzazione dell'autoconsumo usando un sistema di accumulo.

In tal caso, garantendo una quota consistente di autoconsumo, un impianto fotovoltaico con accumulo permette di diventare energeticamente più indipendenti, in modo da essere meno soggetti alle variazioni di prezzo praticate dai fornitori di energia elettrica. Infine, l'utente ha la gratificazione di diventare protagonista della transizione energetica, sapendo che i propri consumi elettrici incideranno solo in minima parte sulle emissioni climalteranti.

Un utente con impianto di produzione proprio o di comunità è dunque più consapevole dei benefici economici (e ambientali) nell'utilizzare l'energia da rinnovabili. Per far questo ha la necessità di avere dei segnali chiari e trasparenti sui flussi energetici a lui associati.

L'avvento dell'elettrificazione delle auto rappresenta un'opportunità all'interno delle CER per la gestione ottimale dell'energia condivisa.

È vero che la ricarica dei veicoli elettrici può causare problemi di qualità dell'alimentazione, e se eseguita durante i picchi di carico può causare un aumento della domanda di energia e della capacità di generazione [18], ma è anche vero che questi problemi possono essere superati o almeno ridotti utilizzando la ricarica intelligente che è in grado di caricare i veicoli in modo da non avere un impatto negativo sulla rete [19].

Nel caso di fornitura di servizi come il V2G, sarebbe anche possibile fornire servizi per contribuire alla stabilità della rete elettrica.

La piattaforma *blockchain* proposta mira a sviluppare un sistema capace di fornire servizi energetici come il V2G con lo scopo di contribuire alla gestione della volatilità della domanda e soprattutto della produzione di FER, ma anche all'ottimizzazione dell'energia condivisa.

Infatti, le applicazioni V2G permettono di avere a disposizione una “batteria diffusa” in grado di assorbire l'energia in eccesso prodotta dagli impianti rinnovabili durante le ore diurne e di restituirla alla rete o agli altri membri della comunità nei momenti di maggiore richiesta.

A tal fine, il veicolo, immagazzinando energia nei momenti di minor consumo e restituendo eventuali quantità in eccesso, potrebbe fornire servizi ancillari di regolazione della frequenza (primaria, secondaria, terziaria) e bilanciamento in tempo reale al sistema elettrico, quando questi sono richiesti [20].

La disponibilità di questa risorsa, oggi inevitabilmente limitata, ma in prospettiva di grande capacità, crea una nuova offerta di servizi che, nel meccanismo di mercato che regola i servizi ancillari, tende a ridurre i prezzi, e quindi a ridurre i costi dell'energia elettrica per i clienti.

Nel prossimo paragrafo è descritta l'architettura del sistema sperimentale costituito da una rete *blockchain* virtuale implementata all'interno dell'SMGLab per testare la fornitura, la tracciabilità e la certificazione sia del V2G che dei flussi energetici all'interno di una CER.

6. Le attività sperimentali sono state condotte presso lo SMGLab dell'Università degli Studi di Palermo, un ambiente strumentato dedicato allo studio ed alla sperimentazione di sistemi di microreti intelligenti.

Il sistema sperimentale è progettato per emulare in modo realistico un *prosumer*, ovvero un utente che sia al tempo stesso produttore e consumatore di energia, capace di interagire con uno o più nodi di una piattaforma *blockchain*.

La seguente Fig. 6 mostra il prototipo installato all'interno dei locali del laboratorio:



Fig. 6. Prototipo di smart prosumer all'interno dell'SMGLab.

La configurazione comprende:

1. resistenze commutabili: per la simulazione di carichi passivi;
2. motore elettrico controllabile: per la simulazione di carichi attivi;
3. sistema di produzione di energia: per la simulazione di produzione da un impianto fotovoltaico;
4. sistema di *storage*: per simulare lo scambio di energia con la rete;
5. un sistema di gestione dell'energia: per il controllo coordinato di tutti i componenti;
6. sistema di monitoraggio e misurazione intelligente: per il monitoraggio, la misurazione dei profili di carico e di generazione e le comunicazioni con la *blockchain*;
7. quadro elettrico e trasformatore di isolamento.

Il consumo o la produzione dell'intero sistema e di tutti i suoi componenti è monitorato attraverso contatori di energia. Il sistema di produzione di energia ha invece lo scopo di simulare la presenza di un impianto a fonte rinnovabile, in questo caso fotovoltaico, che scambia energia con il sistema di accumulo e con i carichi, rappresentati a loro volta dalle resistenze commutabili (carichi passivi) e dal motore elettrico (carico attivo). La corretta gestione dell'inverter, dello *storage* e dei carichi permette di ottenere i profili di carico o generazione tipici di un *prosumer* facente parte di una CER. Mentre, il controllo dell'inverter e del

sistema di *storage* consente l'emulazione di un EV che viene caricato dalla rete o dall'impianto fotovoltaico o che si scarica sulla rete per fornire servizi V2G.

Tutti i flussi energetici in gioco sono poi registrati dai contatori i quali, attraverso interfaccia Modbus RS485, comunicano con un sistema di controllo composto da un *Energy Management Systems* (EMS) realizzato su Raspberry Pi 4, con processore ARM e 4 GB di memoria. L'EMS rappresenta il componente principale che rende “*smart*” il prototipo, consentendo il controllo di tutti i suoi componenti, del sistema di accumulo e interfacciando il prototipo alla *blockchain*.

In questo modo è possibile realizzare l'interazione tra *prosumer* e *blockchain*, registrare dati di carico/generazione di una CER ai fini di certificazione e contabilità o attuare logiche di controllo dei consumi e della generazione in base ai servizi energetici da fornire. Tali servizi sono implementati dalla *blockchain* attraverso SC dedicati.

Il prototipo di *smart prosumer* utilizzato per le sperimentazioni ha consentito quindi di testare l'efficacia degli SC, dell'interazione tra utente e *blockchain* e del sistema di controllo e monitoraggio dei consumi e/o produzione degli utenti di una CER.

7. Dopo l'analisi delle diverse piattaforme disponibili è stata scelta “*Hyperledger Fabric*”, un progetto concepito come base per lo sviluppo di applicazioni o soluzioni dotate di un'architettura modulare, il che permette ai partecipanti il consenso e ai servizi di appartenenza di essere *plug-and-play*. *Hyperledger Fabric* offre, inoltre, un approccio che consente prestazioni su vasta scala preservando la *privacy*. Una delle particolarità che ha portato all'utilizzo di *Hyperledger Fabric* per lo sviluppo di tale progetto rispetto agli altri sistemi *blockchain*, sta nella misura in cui i membri sono iscritti tramite un *Membership Service Provider* (MSP) di fiducia; pertanto, la convalida delle transazioni e la messa in sicurezza della rete non necessita di protocolli quali “*proof of work*”, a differenza dei sistemi aperti *permissionless* che permettono a identità sconosciute di partecipare alla rete stessa. Un'altra particolarità di tale progetto è quella di offrire svariate opzioni innestabili tra di loro: per tale motivo i dati del *ledger* possono essere immagazzinati in molteplici formati, i meccanismi di consenso possono essere sostituiti, e sono supportati vari MSP. Inoltre, la piattaforma è utilizzata in molti settori e, grazie alla sua architettura modulare, è considerata la prima piattaforma di contabilità distribuita che presenta una enorme flessibilità anche in termini di sviluppo degli SC che possono essere scritti in svariati linguaggi di programmazione di uso comune come Java, Go e Node.js, piuttosto che in linguaggi specifici, come ad esempio di *Ethereum* che ha l'opportunità di utiliz-

zare esclusivamente *Solidity*. I partecipanti alla rete, inoltre, vengono esposti gli uni agli altri, quindi non essendo considerati anonimi, tali utenti devono essere completamente fidati. Per tale motivo, la rete funziona secondo un modello di *governance* costruito in modo tale che la fiducia tra i partecipanti sia garantita da un certificato. Uno degli elementi più significativi che differenzia tale piattaforma dalle altre è il supporto di protocolli di consenso collegabili che rendono possibile la personalizzazione. Quindi, a differenza dei protocolli di consenso premiati dal *mining* su *blockchain* pubbliche, è possibile sfruttare i protocolli di consenso che non richiedono una criptovaluta sottostante, altrimenti sfruttata per l'esecuzione degli SC.

Evitare la criptovaluta riduce i rischi e gli attacchi e, senza operazioni di cripto *mining*, è possibile distribuire la piattaforma quasi allo stesso costo operativo di altri sistemi.

Uno SC è un codice che implementa una logica condivisa che supporta le transazioni e gestisce l'accesso e le modifiche a un insieme di coppie chiave-valore nel “*current ledger state*”. Questa importante caratteristica rende la *blockchain* uno strumento facile da usare per un'ampia varietà di applicazioni distribuite. In questo lavoro è stato utilizzato il linguaggio Go per lo sviluppo degli SC. La *blockchain Hyperledger Fabric* si basa su una particolare architettura modulare che organizza logicamente i componenti del nodo, e quindi della rete, in diversi contenitori. La Fig. 7 mostra i principali componenti modulari della rete *Hyperledger Fabric*:

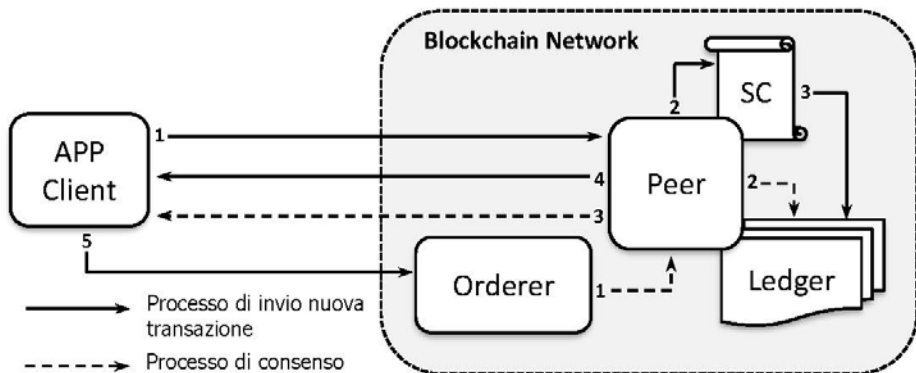


Fig. 7. Componenti principali nodo *Hyperledger Fabric*.

Come mostrato nella Fig. 7, la rete elementare è costituita da cinque componenti: un *Peer*, uno SC, una copia del libro mastro (*Ledger*), un *App client* e un *Orderer*.

Il *peer* è l'elemento fondamentale della rete, in quanto è l'entità che mantiene la copia del libro mastro e ospita ed esegue lo SC per eseguire operazioni di lettura/scrittura sul libro mastro.

I *peer* sono posseduti e mantenuti dai membri della rete *blockchain*.

L'*App client*, esterna alla rete *blockchain*, è l'elemento necessario per comunicare con il *peer* e mostrare ai membri (utente finale o rete di amministratori) i risultati a seguito di una *query* o di una "proposta di transazione".

Le frecce a linea continua della Fig. 7 mostrano il processo di esecuzione e diffusione di una transazione. Il membro della rete, attraverso l'*App client*, firma la "proposta di transazione" e la invia (1) a tutti i *peer* che partecipano alla *blockchain*.

Ogni *peer* riceve la proposta di transazione firmata e invoca lo SC (2) richiamando una funzione che interroga il libro mastro (3) e genera una "proposta di risposta".

La risposta alla proposta, firmata da tutti i *peer*, viene inviata all'*App Client* dell'utente che ha presentato la proposta di transazione (4), che controlla le firme di tutti i *peer* e confronta le risposte della proposta per determinare se sono uguali. Se sono uguali, si può procedere alla fase successiva. Se la proposta di transazione è una semplice *query*, non viene inviata all'*Orderer*, ma visualizzata direttamente dall'*App Client* dell'utente che ha presentato la proposta di transazione.

Se la proposta di transazione implica invece una modifica dello stato del libro mastro, dopo aver confrontato la corrispondenza di tutte le risposte ottenute dai *peer*, l'*App Client* invia la risposta all'interno di un "messaggio di transazione" all'*Orderer* (5) che è il componente responsabile del processo di consenso.

Il messaggio di transazione conterrà i dati della transazione e le firme dei *peer*.

L'*Orderer* non ha bisogno di ispezionare l'intero contenuto di una transazione per eseguire le sue operazioni, ma semplicemente riceve le transazioni, le ordina cronologicamente e crea blocchi di transazioni.

Le transazioni devono essere scritte sul *Ledger* nell'ordine in cui si verificano, anche se riguardano gruppi diversi di partecipanti alla rete.

Affinché ciò avvenga, è necessario stabilire l'ordine delle transazioni e creare un metodo per rifiutare le transazioni errate che sono state inserite nel libro mastro per errore (o per dolo).

Questo compito in *Hyperledger Fabric* è affidato all'*Orderer*.

Le frecce tratteggiate della Fig. 7 mostrano il processo di aggiornamento del *Ledger* dopo il processo di consenso eseguito dall'ordinatore.

Una volta stabilito l'ordine delle transazioni, le nuove transazioni vengono inviate ai *peer* in blocchi (1), i *peer* aggiornano il *Ledger* con il nuovo blocco di

transazioni (2) e, per concludere, i *peer* inviano all'*App Client* un messaggio (3) per comunicare l'aggiornamento del libro mastro.

Per quanto riguarda la *privacy* all'interno della rete *blockchain*, *Hyperledger Fabric* permette di scegliere tre diverse soluzioni.

La prima consiste nell'uso di meccanismi di comunicazione, chiamati "canali", che consentono l'isolamento e la riservatezza dei dati e con i quali i *peer* possono comunicare tra loro.

Su un canale specifico, il libro mastro è condiviso tra i *peer* che partecipano a quel canale e le parti che effettuano transazioni devono essere adeguatamente autenticate a un canale per poter interagire con esso.

Hyperledger Fabric offre la possibilità di creare canali diversi sulla stessa rete, consentendo a un gruppo di partecipanti di creare un libro mastro separato per le transazioni.

Se due partecipanti formano un canale, questi due partecipanti, e nessun altro, hanno copie del *ledger* per quel canale, preservando la *privacy* e la riservatezza di entrambi.

La Fig. 8 mostra una rete a doppio canale in cui il *Peer 1* e il *Peer 3* hanno accesso a un solo *ledger*, mentre il *Peer 2* ha accesso a entrambi i *ledger*.

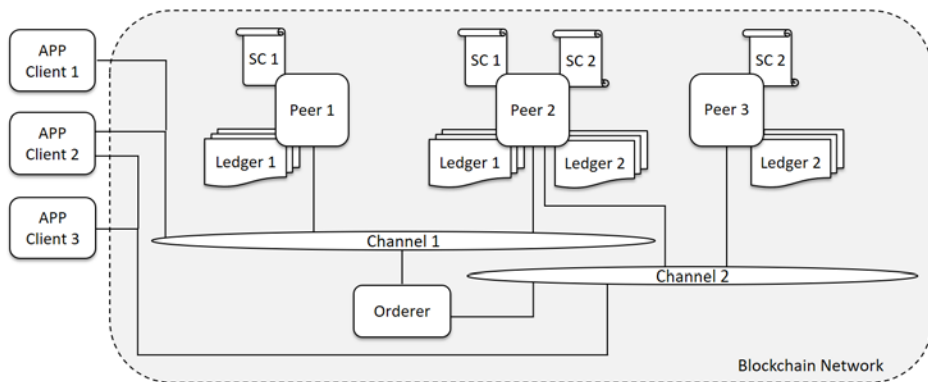


Fig. 8. Rete Hyperledger a due canali.

Nel contesto di questa sperimentazione, non disponendo di risorse *hardware* distribuite o di una rete fisica dedicata, si è deciso di implementare l'intera infrastruttura *Hyperledger Fabric* su un insieme di macchine virtuali, utilizzando *VirtualBox* come ambiente di virtualizzazione. Questa scelta ha consentito di simulare una rete *permissioned* distribuita, composta da più nodi, nello specifico n. 4 nodi, mantenendo il controllo centralizzato delle risorse e facilitando le attività di *debugging*, monitoraggio e riconfigurazione della rete. Ogni macchi-

na virtuale è stata configurata per rappresentare uno specifico attore della rete *blockchain*, come ad esempio un *prosumer* (*peer*), un nodo *Orderer*, o un nodo CA (*Certificate Authority*).

Le macchine sono state predisposte con un sistema operativo Linux sul quale sono stati installati *Docker*, *Docker Compose* e le dipendenze necessarie al funzionamento di *Hyperledger Fabric*, inclusi i file binari *peer*, *orderer*, *configtxgen* e *cryptogen*.

Una volta definite le macchine virtuali, è stato necessario configurare la rete locale virtuale per consentire la comunicazione tra i nodi. A questo scopo, è stata impostata una rete interna (o una rete *host-only*) in *VirtualBox*, assegnando a ciascuna macchina un indirizzo IP statico. Questa configurazione consente agli *host* di comunicare direttamente tra loro simulando un ambiente distribuito realistico.

La configurazione della rete *Hyperledger* vera e propria è poi proseguita con la definizione dei file di configurazione *YAML* necessari per creare i canali, generare i certificati, definire le organizzazioni e avviare i *container Docker* relativi a ciascun nodo della rete. Il processo ha incluso la generazione del file *genesis.block* per il canale dell'*ordering service*, la creazione dei blocchi di configurazione del canale (*channel transaction*) e l'avvio coordinato dei *peer* e degli *orderer* mediante *Docker Compose*.

L'approccio su macchine virtuali ha consentito di osservare con precisione il comportamento della rete, monitorare i *log* di ciascun nodo, testare gli SC in ambienti separati e validare la resilienza della rete a eventuali errori o disconnessioni.

L'utilizzo di *VirtualBox* per l'emulazione di una rete *Hyperledger Fabric* ha costituito un compromesso efficace per scopi di ricerca, formazione e prototipazione. Pur non replicando in pieno le condizioni di latenza e *fault-tolerance* di una rete fisica distribuita, è stato possibile creare un ambiente controllato, ripetibile e sufficientemente realistico per comprendere a fondo le dinamiche interne della piattaforma *blockchain* sviluppata.

8. All'interno del prototipo di *smart prosumer*, un ruolo centrale è affidato all'EMS, che svolge anche la funzione di nodo *client* della rete *blockchain Hyperledger Fabric*.

L'EMS implementato su *Raspberry Pi*, grazie alla sua architettura compatta e al basso consumo energetico, è particolarmente adatto per l'integrazione in scenari *edge*, ovvero in prossimità della sorgente fisica dei dati energetici. All'interno del prototipo, l'EMS è collegato ai *meter* che misurano i consumi ed allo stesso tempo al sistema di produzione di energia che emula la generazione da

impianto fotovoltaico e al sistema di accumulo. Questi componenti producono un flusso costante di dati rilevanti per il funzionamento del sistema, come la potenza istantanea, lo stato di carica della batteria, o la sequenza di accensione e spegnimento dei dispositivi. L'EMS raccoglie e pre-elabora tali dati in tempo reale, svolgendo un primo livello di controllo e analisi locale. Inoltre, attraverso delle API specifiche è possibile comandare l'inverter e il sistema di *storage* in modo da emulare la presenza di un EV.

Parallelamente, il dispositivo è stato configurato per interfacciarsi con la rete *blockchain* come *App Client*. Questo significa che, pur non partecipando al meccanismo di consenso né conservando l'intero *ledger* distribuito, l'EMS ha la capacità di interagire attivamente con gli SC installati sulla *blockchain*, invocando funzioni, eseguendo transazioni, e leggendo lo stato condiviso della *blockchain*. Per realizzare questa interazione, è stato installato sull'EMS un ambiente *software* basato su *Node.js*, insieme al *Software Development Kit* (SDK) *Hyperledger Fabric* specifico per *JavaScript*, che consente di sviluppare applicazioni in grado di comunicare con i *peer* della rete tramite canali sicuri (TLS/HTTPS) e protocolli standard.

Ogni azione dell'EMS è autenticata attraverso un sistema di identità digitali, basato su certificati X.509 rilasciati dall'MSP della rete. Questo garantisce che le transazioni inviate dal *client* siano firmate crittograficamente, tracciabili e verificabili da tutti gli attori della *blockchain*. L'uso di questo schema di identità è essenziale per assicurare la fiducia in un ambiente *permissioned*, in cui solo i nodi autorizzati possono accedere e operare.

Nel flusso operativo, l'EMS riceve i dati dal prototipo fisico e, ogni qualvolta viene rilevato un evento significativo – come un eccesso di produzione, un cambio di stato di un carico, o una soglia critica nel livello di accumulo – esso genera una transazione *blockchain*, che viene inviata tramite l'SDK al *peer* di riferimento della rete. La transazione viene quindi elaborata secondo la logica dello SC, che può includere regole di compensazione, notifiche verso altri nodi, aggiornamento di bilanci energetici, o gestione di incentivi virtuali per la comunità. L'intera procedura avviene in modo automatico, trasparente e immutabile, e ogni modifica allo stato è visibile a tutti gli utenti autorizzati.

Per permettere la comunicazione tra l'EMS e la *blockchain* è stato sviluppato un *APIServer* in *javascript* con la funzionalità di interrogare e scrivere all'interno del *Ledger*. Questo ha permesso di leggere i dati provenienti dai *meter* del prototipo i quali, sfruttando i comandi di *GET* e *POST*, interrogano il *server* sulla *blockchain* e ricevono azioni di controllo in relazione alla logica implementata negli SC.

La seguente Fig. 9 mostra un codice *JavaScript* per registrare, ad esempio, la produzione di energia fotovoltaica sulla rete virtuale implementata. Utilizzan-

do il pacchetto *fabric-network*, l'applicazione si connette a un canale della rete, accede a uno SC chiamato “*energyContract*”, e invia una transazione che associa una quantità di energia prodotta in un’ora (espressa in kW come potenza media in quell’ora) a un *prosumer* identificato.

```

1  const { Gateway, Wallets } = require('fabric-network');
2  const path = require('path');
3  const fs = require('fs');
4
5  async function main() {
6    try {
7      const ccpPath = path.resolve(__dirname, 'connection-org1.json'); // connessione al peer
8      const ccp = JSON.parse(fs.readFileSync(ccpPath, 'utf8'));
9
10     const walletPath = path.join(process.cwd(), 'wallet');
11     const wallet = await Wallets.newFileSystemWallet(walletPath);
12
13     const identity = await wallet.get('appUser');
14     if (!identity) {
15       console.log('Identità non trovata nel wallet');
16       return;
17     }
18
19     const gateway = new Gateway();
20     await gateway.connect(ccp, {
21       wallet,
22       identity: 'appUser',
23       discovery: { enabled: true, asLocalhost: true }
24     });
25
26     const network = await gateway.getNetwork('mychannel');
27     const contract = network.getContract('energyContract');
28
29     const power = 2.4; // produzione fotovoltaica in kW
30     await contract.submitTransaction('registerProduction', 'prosumer1', power.toString());
31
32     console.log('Produzione registrata: ${power} kW');
33     await gateway.disconnect();
34
35   } catch (error) {
36     console.error(`Errore: ${error}`);
37     process.exit(1);
38   }
39 }
40 main()
41 ;

```

Fig. 9. Codice per la registrazione sulla blockchain della produzione da fotovoltaico.

Questa configurazione ha permesso di dimostrare, attraverso un esperimento pratico, che è possibile gestire l'energia in modo distribuito, in cui ogni singolo *prosumer*, anche con risorse limitate, può contribuire direttamente al controllo e al miglioramento della rete locale.

L'EMS non è più un semplice controllore *embedded*, ma diventa un nodo attivo dell'ecosistema energetico, capace di dialogare con la *blockchain* per se-

gnalare comportamenti, contribuire alla sincronizzazione collettiva, o persino attivare risposte automatiche in funzione di condizioni prestabilite.

Dal punto di vista tecnico, questo approccio rappresenta una soluzione scalabile e replicabile, in cui ogni *prosumer* reale potrebbe disporre di un EMS autonomo in grado di raccogliere dati, agire in locale, e contribuire in tempo reale alla rete *blockchain*. Ciò abilita una gestione *peer-to-peer* della comunità energetica, con vantaggi evidenti in termini di resilienza (nessun singolo punto di guasto), trasparenza (registro distribuito), adattamento (risposta rapida agli eventi) e inclusività (anche piccoli utenti possono avere un ruolo attivo).

In conclusione, l'EMS ha la funzione di ponte tecnologico tra il mondo fisico dell'energia e il mondo digitale della *blockchain*. Questo tipo di implementazione ha permesso quindi di testare la comunicazione e l'interazione tra l'architettura informatica e quella fisica.

9. L'implementazione dei programmi V2G è stata sviluppata a partire da un'analisi mirata alle esigenze, *in primis*, degli utenti ma anche degli operatori di sistema. Sono stati identificati e sviluppati n. 4 scenari distinti per ognuno dei quali è stato sviluppato uno SC specifico.

Il primo scenario considera il caso in cui il proprietario di un EV desideri mantenere un livello di carica sufficiente per poter utilizzare il veicolo in qualsiasi momento della giornata.

Una seconda possibilità contempla l'interesse del conducente a ricaricare il veicolo in corrispondenza di condizioni economiche favorevoli. In questo contesto, grazie al monitoraggio costante dello stato del veicolo e delle stazioni di ricarica disponibili, lo SC valuta parametri quali l'autonomia residua e il tempo stimato per il completamento della ricarica. Sulla base di queste informazioni, viene determinato se procedere con la ricarica in funzione di opportunità temporali e logistiche, come tariffe vantaggiose o la vicinanza della stazione. Il conducente è così in grado di scegliere tra diverse opzioni, dinamicamente influenzate da variabili quali i costi, la potenza delle stazioni e la distanza da percorrere.

La logica implementata in questo scenario è illustrata nel diagramma di flusso in Fig. 10.

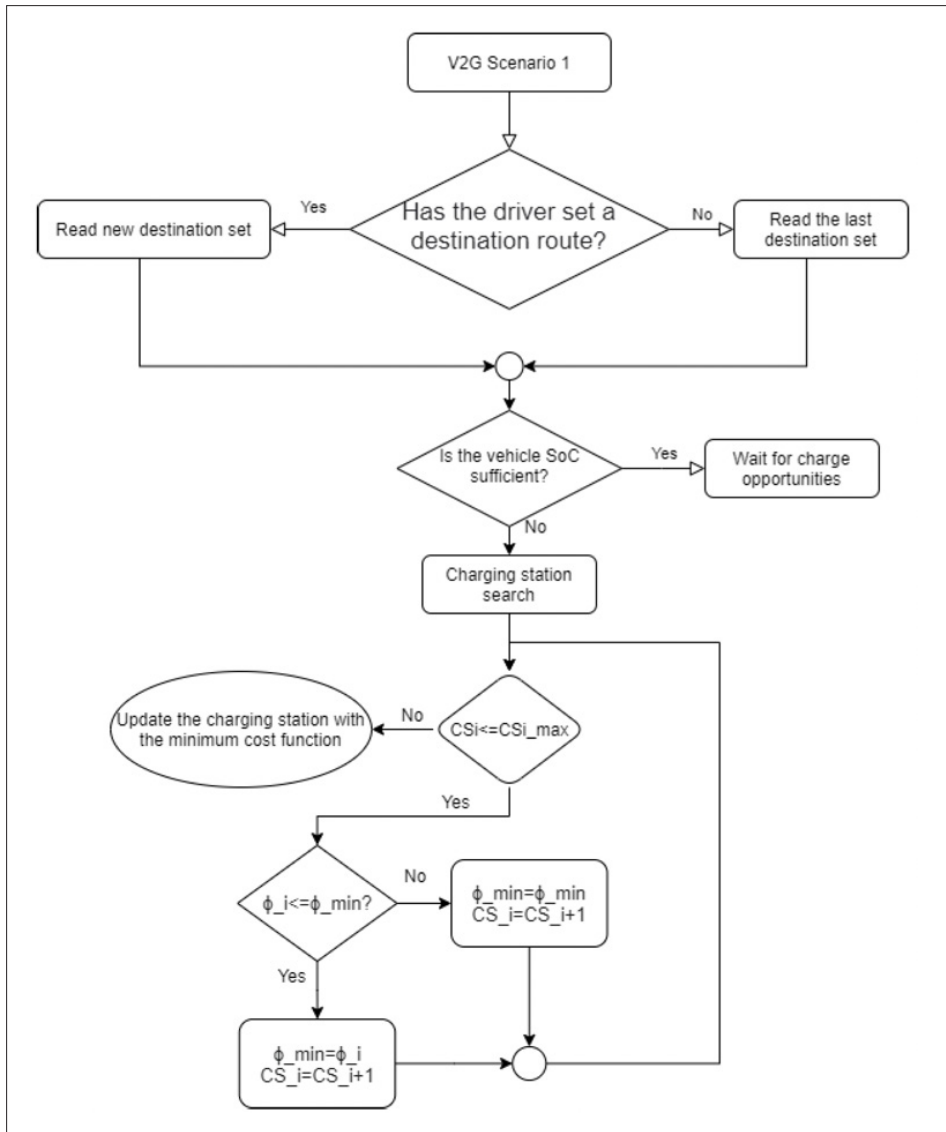


Fig. 10. Diagramma di flusso SC scenario 1.

Lo SC interroga regolarmente un attributo che si trova all'interno della *blockchain*, fornito dal proprietario del veicolo che stabilisce la destinazione del viaggio successivo. Una volta registrata la destinazione e aggiornato lo stato sulla *blockchain*, è possibile calcolare se la carica della batteria è sufficiente per coprire la distanza prevista. Se la carica risulta adeguata, lo SC entra in modalità *standby* in attesa di un'opportunità favorevole di ricarica (ad esempio un costo contenuto o una stazione nelle vicinanze).

Se invece la carica non è sufficiente, il sistema avvia la ricerca della stazione di ricarica più conveniente, ottimizzando i costi per l'utente.

Nel secondo scenario, si prende in considerazione un meccanismo di gestione della rete elettrica che si basa sulla variazione dinamica delle tariffe di erogazione dell'energia in funzione del grado di congestione rilevato. L'idea di fondo è semplice ma efficace: modulare il costo dell'energia per incentivare o disincentivare l'uso di una determinata stazione di ricarica, a seconda delle condizioni della rete in quel preciso momento.

Il processo parte da un controllo periodico del *throughput*, ovvero della quantità di energia che transita attraverso una determinata linea elettrica. A intervalli regolari, un sistema automatizzato, implementato ad esempio tramite SC, verifica se ci sono stati cambiamenti nel livello di congestione, cioè se l'afflusso di energia nella rete locale ha subito variazioni significative. Il diagramma di flusso è mostrato in Fig. 11.

Se il grado di congestione è rimasto invariato, il sistema non interviene e la tariffa applicata resta la stessa. Se invece viene rilevata una variazione, si attiva un meccanismo di ricalcolo del prezzo. A questo punto, il sistema valuta il nuovo stato della rete: se il grado di congestione è basso, quindi la rete è scarica o poco utilizzata, si applicano tariffe vantaggiose per incentivare la ricarica in quella zona. Al contrario, se la rete risulta molto congestionata, viene proposta una tariffa meno favorevole per scoraggiare temporaneamente il consumo energetico in quella specifica area. Se la congestione è in uno stato intermedio, cioè né troppo alta né troppo bassa, non si interviene sulla tariffa, mantenendo il prezzo dell'energia invariato.

Questo tipo di approccio ha diversi vantaggi. Innanzitutto, consente di gestire in modo più equilibrato la domanda di energia, evitando sovraccarichi che potrebbero compromettere la stabilità della rete. Inoltre, grazie all'introduzione di meccanismi tariffari flessibili, si favorisce una distribuzione più omogenea dei flussi energetici tra le diverse stazioni di ricarica, migliorando l'efficienza del sistema.

Un altro aspetto interessante è l'interazione tra il sistema elettrico e l'utente finale. In presenza di tariffe variabili, gli utenti sono naturalmente portati a modificare il proprio comportamento di ricarica, scegliendo magari di posticipare o anticipare l'operazione in base al costo dell'energia in quel momento. In questo modo, l'utente diventa parte attiva nella gestione della rete, contribuendo indirettamente a mantenerla stabile ed efficiente.

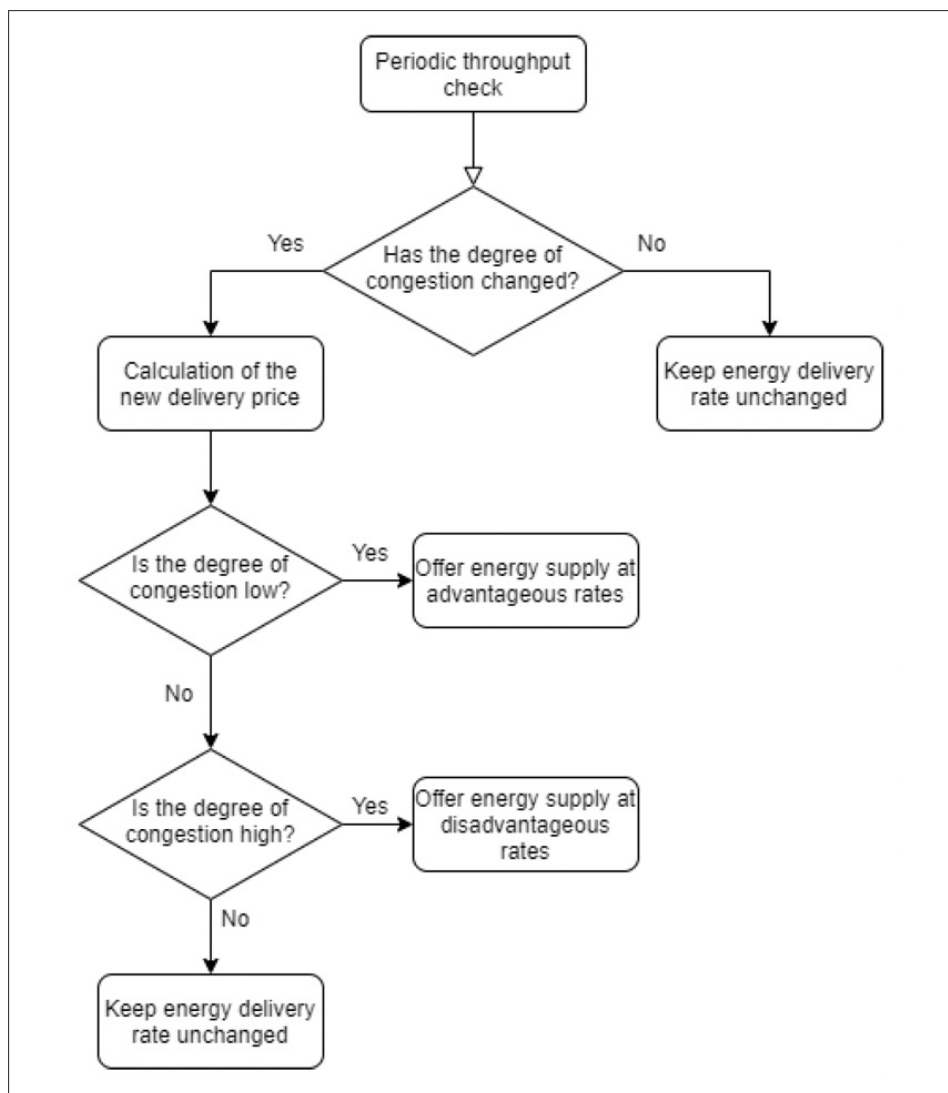


Fig. 11. Diagramma di flusso SC scenario 2.

Il terzo scenario affronta un tema cruciale per la diffusione dei servizi V2G: la salvaguardia della batteria dei veicoli elettrici. Uno dei principali timori degli utenti riguarda infatti il possibile accelerato degrado delle batterie agli ioni di litio dovuto all'utilizzo del veicolo come risorsa energetica per la rete. Per questo motivo, si prevede l'introduzione di un sistema che consenta all'utente di monitorare in tempo reale lo stato di salute della propria batteria. Attraverso interfacce intuitive e strumenti di diagnostica avanzata, l'utente potrà visualizzare parametri come la capacità residua, il numero di cicli effettuati e le condizioni di

utilizzo recenti, valutando così in modo trasparente l'impatto del servizio V2G sul proprio veicolo. In questo modo, si punta a rafforzare la fiducia dei consumatori e a promuovere un utilizzo consapevole e sostenibile della tecnologia V2G.

I processi che determinano l'invecchiamento sono piccoli cambiamenti non reversibili e possono essere classificati in due categorie principali: il degrado graduale dovuto all'invecchiamento e che può essere normalmente monitorato e quelli dovuti a un uso errato del veicolo e a un'errata esecuzione dei cicli di carica e scarica. Questi ultimi comportano rapidi cambiamenti delle caratteristiche della batteria.

Per far fronte a questa necessità, si è deciso di creare due canali diversi che monitorano indipendentemente il normale invecchiamento della batteria e gli eventi che influenzano in modo più evidente lo stato di salute della stessa.

I fattori di invecchiamento più significativi sono:

- la temperatura ambiente; maggiore è la temperatura e maggiore è il degrado, soprattutto quando le alte temperature sono associate ad alti valori di stato di carica;
- la velocità di carica/ricarica; maggiore velocità comporta maggiore degrado;
- la carica oltre un determinato livello o la scarica sotto una determinata soglia (profondità di scarica).

Considerando questi fattori, è stato sviluppato lo SC mostrato in Fig. 12.

Sono state quindi implementate funzioni che consentono di aggiornare parametri quali la tensione di uscita, lo stato del veicolo, la temperatura ambiente, la temperatura interna e lo stato di carica.

Successivamente, sfruttando l'aggiornamento di questi parametri è stato possibile eseguire il calcolo delle variazioni dello stato di carica e monitorare la temperatura esterna del veicolo e registrare il superamento della soglia in un canale di avviso. Riassumendo, lo scenario considerato consente di:

- monitorare lo stato della batteria del veicolo elettrico (*State of Health*, SoH);
- verificare se il veicolo è in stato V2G o G2V;
- storicizzare un cattivo utilizzo del veicolo elettrico in un canale di avviso;
- calcolare la durata di permanenza del veicolo in un determinato stato.

In prospettiva, questo sistema consente di correlare in maniera accurata l'evoluzione del degrado della batteria con la cronologia degli eventi e degli stati operativi del veicolo, offrendo una base preziosa per analisi predittive, strategie di manutenzione e modelli di incentivazione dinamici.

per regolare la frequenza viene misurata localmente dalla stazione, e il relativo evento viene registrato automaticamente sulla *blockchain* attraverso l'invocazione dello SC dedicato.

Questo meccanismo consente di costruire uno storico affidabile delle risposte fornite, utile per la rendicontazione dei servizi prestati, la stima del degrado della batteria, l'analisi delle prestazioni e la determinazione di compensazioni economiche da parte di operatori di mercato, comunità energetiche o enti regolatori. Dal punto di vista architetturale, ogni evento FFR genera una transazione *blockchain* firmata dal nodo associato alla stazione di ricarica. La transazione viene propagata ai *peer* della rete, validata secondo le regole dello SC e infine inserita in un blocco attraverso il servizio di *ordering*. In questo modo si garantisce che ogni risposta alla variazione di frequenza sia certificata, immutabile e verificabile in ogni momento, anche *a posteriori*.

10. Le attività descritte in questo capitolo hanno consentito di analizzare le potenzialità della tecnologia *blockchain*, con particolare riferimento alla sua integrazione nei contesti delle CER e dei sistemi di ricarica dei VE, inclusi gli scenari avanzati di tipo V2G.

L'implementazione di una rete *permissioned* basata su *Hyperledger Fabric*, ospitata su un'infrastruttura virtualizzata, ha dimostrato la fattibilità tecnica di un modello distribuito per la registrazione, il monitoraggio e la certificazione dei flussi energetici tra *prosumer*.

La piattaforma si è rivelata flessibile ed efficace nel gestire i requisiti di sicurezza, trasparenza ed immutabilità, grazie alla possibilità di implementare SC per scenari specifici, mantenendo al contempo un elevato livello di performance e controllo sui dati sensibili.

Dal punto di vista operativo, i test condotti all'interno dello SMGLab dell'Università degli Studi di Palermo hanno permesso di validare un sistema sperimentale realistico, capace di replicare le dinamiche tipiche di un *prosumer* integrato in una CER. Il prototipo, dotato di componenti fisici (carichi attivi e passivi, sistema di accumulo, inverter, contatori) e interfacciato alla rete *blockchain* tramite un EMS, ha consentito la verifica sul campo delle logiche di monitoraggio, controllo e di fornitura di servizi energetici.

I risultati più rilevanti comprendono:

- la tracciabilità dei flussi energetici tra membri della comunità, con possibilità di associare ogni evento di consumo, produzione o accumulo a un'identità digitale certificata, garantendo così la trasparenza e l'*accountability* del sistema;
- la gestione decentralizzata di scenari V2G, in cui l'energia immagazzinata nei veicoli è restituita alla rete in modo coordinato, sulla base di condizioni

tecniche, economiche o di emergenza. In particolare, gli SC sviluppati per scenari V2G hanno mostrato la possibilità di:

- modulare la ricarica in funzione delle tariffe energetiche dinamiche e dello stato della rete;
- garantire la disponibilità del veicolo secondo le preferenze dell'utente;
- salvaguardare lo stato di salute della batteria, con logiche di controllo atte a prevenire comportamenti di ricarica/scarica potenzialmente dannosi;
- fornire servizi ancillari di *Fast Frequency Regulation* con risposta automatica a variazioni di frequenza, registrando l'intervento sulla *blockchain* per fini certificativi e contabili.

Dal punto di vista architetturale, l'adozione di una rete *permissioned* ha garantito un compromesso ottimale tra sicurezza, scalabilità e controllo degli accessi, evitando l'uso di criptovalute e algoritmi ad alta intensità computazionale (come la *Proof of Work*), ma mantenendo l'efficienza e l'affidabilità necessarie per un'implementazione reale.

Il contributo principale di questo lavoro risiede dunque nell'aver dimostrato, tramite prototipazione concreta, che la *blockchain* può evolvere da semplice strumento di registrazione ad infrastruttura decisionale distribuita per la gestione dell'energia. Essa può coordinare, in modo sicuro e autonomo, le interazioni tra gli attori di una CER, favorendo la partecipazione attiva degli utenti, l'equità nei meccanismi di remunerazione e la resilienza operativa del sistema.

In conclusione, i risultati ottenuti forniscono una base solida per future evoluzioni del sistema verso scenari reali, dove ogni *prosumer* potrebbe disporre di un proprio EMS collegato a una rete *blockchain*, partecipando direttamente a mercati locali dell'energia ed alla fornitura di servizi alla rete. L'approccio presentato rappresenta quindi una direzione promettente per la costruzione di comunità energetiche più intelligenti, inclusive ed orientate alla sostenibilità.

Bibliografia

- [1] TERNA S.p.A. (2023), *Piano di Sviluppo 2023. Overview*, marzo 2023, https://download.terna.it/terna/Terna_Piano_Sviluppo_2023_Overview_8db25484d720abe.pdf.
- [2] GSE (2023), *Comunità energetiche rinnovabili e autoconsumo collettivo*, <https://www.gse.it/servizi-per-te/comunita-energetiche>.
- [3] SUN, XIAOJIE (2025), *A Review of Vehicle – to – Grid (V2G) Technology with Low Power – grid Impact*, in *Academic Journal of Science and Technology*, 15. 269-274. 10.54097/spvbz820.
- [4] DORRI A., KANHERE S., JURDAK R. (2016), *Blockchain in Internet of Things: Challenges and Solutions*, arxiv. 10.48550/arXiv.1608.05187.

- [5] BLORIN CONSORTIUM (2020), *BloRin: Blockchain per la gestione decentralizzata delle rinnovabili*, <https://www.blorin.energy>.
- [6] GALLO P. et al. (2022), *A Test Bench for a Blockchain-based Management of Smart Prosumers' Flexibility*, AEIT International Annual Conference (AEIT), Rome, Italy, 2022, pp. 1-6, doi: 10.23919/AEIT56783.2022.9951781.
- [7] NAKAMOTO S. (2008), *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*, <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>.
- [8] SOLAT S., CALVEZ P., NAÏT-ABDESSELAM F. (2020), *Permissioned vs. Permissionless Blockchain: How and Why There Is Only One Right Choice*, in *Journal of Software*, 16. 95-106. 10.17706/jsw.16.3.95-106.
- [9] AZBEG K., OUCHETTO O., JAI ANDALOUSSI S., FETJAH L. (2020), *An Overview of Blockchain Consensus Algorithms: Comparison, Challenges and Future Directions*, 10.1007/978-981-15-6048-4_31.
- [10] MOHANTA B., PANDA S., JENA D. (2018), *An Overview of Smart Contract and Use Cases in Blockchain Technology*, 9th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies, 10.1109/ICCCNT.2018.8494045.
- [11] GERARDI M., FALLUCCHI F., ORECCHINI F. (2023), *Blockchain Technology for Monitoring Energy Production for Reliable and Secure Big Data*, in *Electronics*, 10.3390/electronics12224660.
- [12] DI SILVESTRE M.L., GALLO P., RIVA SANSEVERINO E., SCIUMÈ G., ZIZZO G. (2020), *Aggregation and Remuneration in Demand Response with a Blockchain-Based Framework*, in *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 56, no. 4, pp. 4248-4257, July-Aug. 2020, 10.1109/TIA.2020.2992958.
- [13] DI SILVESTRE M.L., GALLO P., GUERRERO J.M., MUSCA R., RIVA SANSEVERINO E., SCIUMÈ G., VÁSQUEZ J.C., ZIZZO G. (2020), *Blockchain for power systems: Current trends and future applications*, in *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 119, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109585>.
- [14] ANDONI M. et al. (2019), *Blockchain technology in the energy sector: A systematic review of challenges and opportunities*, in *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 100, pp. 143-174, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.10.014>.
- [15] MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA SICUREZZA ENERGETICA (2024), *Decreto Ministeriale 7 dicembre 2023, n. 414 – Regolamento per la concessione di incentivi alle configurazioni di autoconsumo per la condivisione dell'energia rinnovabile (CACER) e alle comunità energetiche rinnovabili*, in *Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana*, Serie Generale n. 31, 7 febbraio 2024, https://www.gazzettaufficiale.it/atto/serie_generale/caricaDettaglioAtto/originario?atto.

codiceRedazionale=24A00671&atto.dataPubblicazioneGazzetta=2024-02-07&elenco30giorni=false.

- [16] POLO TECNOLOGICO ALTO ADRIATICO (2023), *Il futuro dell'energia è qui: le Comunità Energetiche Rinnovabili e l'autoconsumo diffuso*, <https://www.polotecnologicoaltoadriatico.it/news/il-futuro-dellenergia-e-qui-le-comunita-energetiche-rinnovabili-e-lautoconsumo-diffuso/> [accessed: 04-Jul-2025].
- [17] AUTORITÀ DI REGOLAZIONE PER ENERGIA RETI E AMBIENTE (ARE-RA) (2022), Testo Integrato dell'Autoconsumo Diffuso (TIAD), Allegato A alla deliberazione 727/2022/R/eel, 27 dicembre 2022, <https://www.arera.it/fileadmin/allegati/docs/22/727-22TIAD.pdf> [accessed: 4-Jul-2025].
- [18] KAMANA-WILLIAMS B., BISHOP D., HOOPER G., CHASE J. (2024), *Driving change: Electric vehicle charging behavior and peak loading*, in *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 189, p. 113953, 2024, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113953>.
- [19] SADEGHIAN O., OSHNOEI A., MOHAMMADI-IVATLOO B., VAHIDINASAB V., ANVARI-MOGHADDAM A. (2022), *A comprehensive review on electric vehicles smart charging: Solutions, strategies, technologies, and challenges*, in *Journal of Energy Storage*, vol. 54, p. 105241, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.est.2022.105241>.
- [20] SEVDARI K., CALEARO L., BACH ANDERSEN P., MARINELLI M. (2022), *Ancillary services and electric vehicles: An overview from charging clusters and chargers technology perspectives*, in *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 167, 2022, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112666>.

Il ruolo delle comunità energetiche nella transizione sostenibile delle città

Alberto Borghetti, Carlo Alberto Nucci

SOMMARIO: 1. Introduzione. – 2. La Missione UE *Climate Neutral and Smart Cities* “100 città intelligenti e a impatto climatico zero entro il 2030”. – 3. Perché le città. – 4. Ruolo dell’elettificazione. – 5. Le reti e i sistemi energia metfici integrati. – 6. Quadro concetto quale delle Comunità energetica. – 7. Procedura di ottimizzazione giornaliera e attribuzione dei prezzi alle transazioni interne fra i partecipanti alla comunità. – 8. Caso di studio di comunità di utenti connessi alla rete di distribuzione in media tensione alimentata da una cabina primaria urbana. – 9. Conclusioni.

1. Di fronte all’urgenza crescente di contrastare il cambiamento climatico, l’Unione europea ha avviato iniziative strategiche ambiziose in materia di decarbonizzazione, tra cui la missione ‘*Climate Neutral and Smart Cities*’ – 100 città intelligenti e a impatto climatico zero entro il 2030. La transizione energetica richiesta dal perseguimento di questi obiettivi implica il ricorso a una pluralità di fonti e tecnologie: nessuna, da sola, è sufficiente a realizzarla. In questo contesto, le comunità energetiche si configurano come strumenti rilevanti, in grado di favorire la partecipazione attiva dei cittadini e una gestione più efficiente e sostenibile dell’energia a livello locale. Esse rappresentano una delle molteplici soluzioni necessarie per raggiungere la neutralità climatica e offrono un esempio emblematico di transizione sistemica, basata sul contributo coordinato di molteplici attori: nessuno risolutivo di per sé, ma tutti indispensabili nel loro insieme.

Il lavoro inizia con una panoramica della Missione europea per le città intelligenti e *carbon neutral*, evidenziando il ruolo centrale delle città nei consumi energetici e nelle emissioni. Segue un’analisi dell’elettificazione come leva

per la decarbonizzazione, sottolineando il contributo delle reti intelligenti e della generazione distribuita. La trattazione si concentra poi sui sistemi energetici integrati e sulla logica della partecipazione attiva dei cittadini attraverso le comunità energetiche. Le comunità energetiche, per quanto promettenti, costituiscono solo una delle molteplici soluzioni necessarie al raggiungimento della neutralità climatica. Il presente studio ne analizza il ruolo all'interno della transizione energetica urbana, mettendo in luce i benefici economici, tecnici e ambientali derivanti dalla loro integrazione nei sistemi elettrici urbani e proponendo un modello di ottimizzazione per la loro gestione. Viene presentato un modello concettuale delle comunità, accompagnato da una descrizione dettagliata dei meccanismi di mercato, delle transazioni interne, e delle modalità di valorizzazione dell'energia condivisa. Attraverso un *case study* basato sulla rete di distribuzione urbana di Modena, il lavoro quantifica i benefici economici delle comunità e analizza scenari con e senza sistemi di accumulo, includendo una valutazione dell'impatto della produzione fotovoltaica e della frammentazione del sistema in più comunità. I risultati mostrano come un'adeguata gestione delle comunità possa contribuire significativamente alla riduzione dei costi energetici e all'efficienza del sistema elettrico urbano.

2. Avviata dalla Commissione Europea nel 2021, la Missione dell'Unione Europea "100 città intelligenti e a impatto climatico zero entro il 2030" punta ad accelerare la transizione climatica a livello locale. L'iniziativa propone un approccio integrato alla neutralità climatica, valorizzando il ruolo delle amministrazioni locali nel coordinare diversi livelli di governo e soggetti del territorio, per allineare politiche, risorse e interventi verso l'obiettivo della neutralità climatica entro il 2030. Essa fa parte delle cinque Missioni dell'UE (Cancro, Adattamento al Cambiamento Climatico, Ripristino degli Oceani e delle Acque, Suolo, oltre alla Missione di cui qui si tratta), strumenti introdotti con Horizon Europe, il Programma quadro europeo per la ricerca e l'innovazione 2021–2027¹. Hanno obiettivi chiari e promuovono il contributo della ricerca, nuove forme di *governance* e il coinvolgimento diretto della popolazione.

La Missione coinvolge enti locali, cittadini, università, centri di ricerca, imprese, investitori e istituzioni regionali e nazionali, con due scopi principali: creare 100 città intelligenti e a impatto climatico zero entro il 2030; fare in modo che queste città diventino luoghi di sperimentazione e innovazione, da cui possano trarre esempio anche le altre città europee entro il 2050. L'approccio adottato è trasversale e punta a creare collegamenti tra iniziative già attive, te-

¹ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/it/ip_21_4747.

nendo conto delle esigenze attuali delle città, e a coinvolgere nuovi partner. Una visualizzazione schematica di esso è rappresentata in Fig. 1. In questo contesto, è previsto che i cittadini abbiano un ruolo centrale, coerentemente con l'approccio *Bottom-Up* previsto dalla Missione.

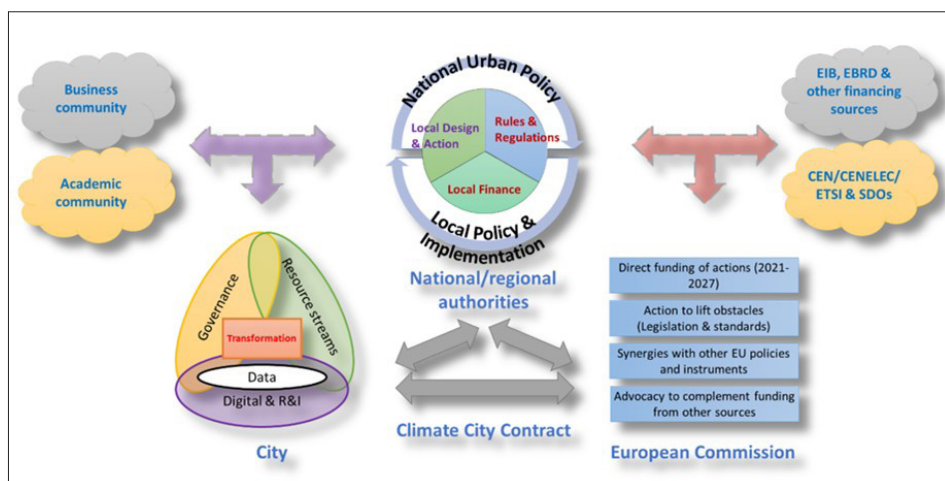


Fig. 1. Il “Mission Climate Neutral and Smart Cities framework”.

Nove città italiane – Bergamo, Bologna, Firenze, Milano, Padova, Parma, Prato, Roma e Torino – sono state selezionate il 28 aprile 2022 dall’UE per partecipare alla Missione dell’UE “100 città a impatto climatico zero e intelligenti entro il 2030”. La selezione è avvenuta a seguito di una call chiusa il 31 gennaio 2022, alla quale hanno partecipato numerose città italiane, 37 delle quali risultate eleggibili. Ogni città ha in seguito elaborato un *Climate City Contract* (CCC), uno strumento che definisce gli impegni per raggiungere la neutralità climatica, di cui l’*action plan* e l’*investment plan* costituiscono le parti fondamentali. Tutte le nove città hanno presentato il CCC, e otto su nove³ hanno ottenuto dell’EU la *Mission Label*, un riconoscimento ufficiale della Commissione Europea che attesta la qualità dei piani verso la neutralità climatica entro il 2030, e che ha lo scopo di facilitare l’accesso a risorse finanziarie pubbliche e private. Questo risultato rappresenta un traguardo per le città coinvolte e un segnale per il percorso nazionale verso la neutralità climatica.

² EUROPEAN COMMISSION-DIRECTORATE-GENERAL FOR RESEARCH AND INNOVATION, GRONKIEWICZ-WALTZ H., LARSSON A., BONI A. *et al.* (2020), *100 climate-neutral cities by 2030 – by and for the citizens: report of the mission board for climate-neutral and smart cities*, Publications Office, <https://data.europa.eu/doi/10.2777/46063>.

³ Al momento della redazione di questo articolo.

È un compito che prevede competenze multidisciplinari, un approccio bottom-up, e interazioni tra cittadini, *governance*, *player* e *stakeholder*. La scelta delle politiche di investimento tecnologico e di regolamentazione richiede quindi una valutazione multidisciplinare dei possibili impatti ambientali, sociali ed economici delle diverse opzioni, di tutt'altro che semplice effettuazione. La "sperimentazione" che l'Europa ha pianificato per le 100 città, ed i risultati che ne dovrebbero conseguire, avranno pertanto un grande valore generale.

3. Le città occupano circa il 3% della superficie terrestre mondiale, ma assorbono oltre il 65% dell'energia e generano più del 70% delle emissioni globali di gas serra. In Europa, pur coprendo solo il 4% della superficie, ospitano il 75% della popolazione, percentuale che si prevede salirà all'85% entro il 2050 [1].

La Fig. 2 mostra le emissioni di CO₂ pro-capite per Regione (ad esclusione di quelle derivanti dal cambiamento dell'uso del suolo) nell'anno 2023, di cui oltre il 70% è prodotto nelle città.

Si noti inoltre che se da un lato l'Asia è responsabile di oltre il 60% delle emissioni globali, va anche considerato che essa ospita all'incirca la stessa percentuale della popolazione mondiale. L'Europa, con poco più del 9% della popolazione mondiale, è responsabile del 13,6% delle emissioni: un dato che spiega il forte interesse europeo per il problema climatico. Interessante poi notare che il Nord America, con circa il 7,5% della popolazione globale, produca quasi il 17% delle emissioni totali, quindi più del doppio pro-capite, dato che nonostante la sua rilevanza, pare ora ricevere minore attenzione nel contesto nordamericano.

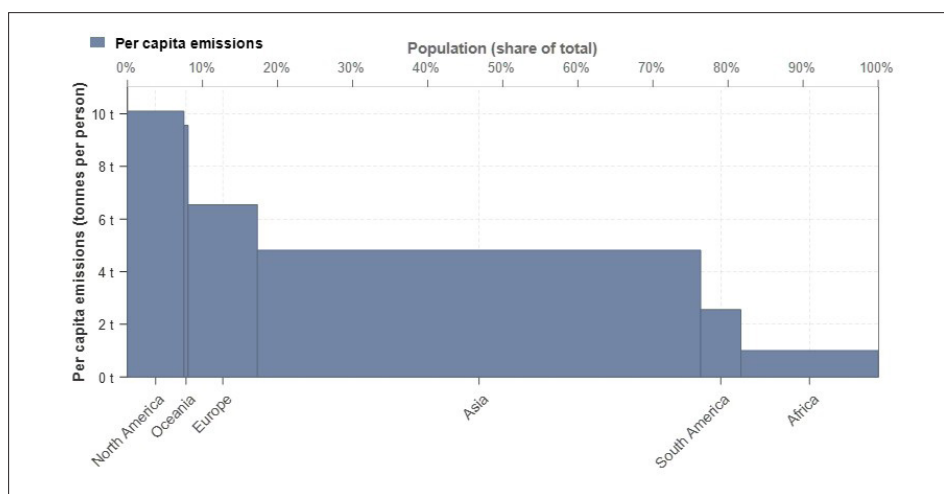


Fig. 2. Emissioni di CO₂ pro-capite per Regione (<https://ourworldindata.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions#all-charts>).

Le città sono quindi il contesto sistemico in cui convergono e si integrano le azioni per ridurre le emissioni nei settori dell'energia, dei trasporti, degli edifici, dell'industria e dell'agricoltura. Poiché molte delle azioni legate alla mitigazione del cambiamento climatico si svolgono nelle aree urbane, è necessario sostenere le città nel percorso di trasformazione ambientale e digitale, garantendo l'inclusione di tutti i soggetti coinvolti. La concentrazione di infrastrutture e la loro interconnessione favoriscono una gestione integrata, anche grazie a tecnologie come le reti intelligenti. Queste reti sono considerate strumenti centrali per applicare il concetto di città intelligente, la cui diffusione ha ricevuto un impulso anche durante la pandemia da Covid-19.

In Italia, la varietà climatica legata alla conformazione geografica del Paese, unita alla struttura storica dei centri urbani – spesso nati intorno a nuclei medievali o rinascimentali e con la presenza di beni culturali, anche di epoca romana e greca – rende più articolata la progettazione di infrastrutture energetiche e di mobilità. A ciò si aggiunge che permangono differenze nei redditi medi tra le regioni, che si riflettono nelle caratteristiche delle 14 aree metropolitane. Questa varietà rappresenta una sfida nella sperimentazione di soluzioni affidabili, sia sul piano tecnologico che su quello sociale. Va considerata anche l'esposizione del Paese a eventi naturali (sismi, eruzioni, alluvioni), che influiscono sulla pianificazione e richiedono sistemi resilienti.

In questo contesto, è infine importante coinvolgere anche città con redditi bassi o situazioni sociali complesse, per evitare che la transizione climatica e il concetto di città intelligente vengano percepiti come temi riservati a una parte della popolazione. La Missione prevede in tal senso anche delle operazioni di gemellaggio tra le città selezionate e non.

4. Dal 2008, con l'introduzione dell'obiettivo europeo "20-20-20", il settore elettrico italiano ha registrato progressi significativi. Nel 2019, il 39,4% della produzione elettrica totale è avvenuto tramite fonti rinnovabili. Al 31 dicembre 2021, secondo i dati di Terna, queste fonti rappresentavano il 48,4% della capacità di generazione [2].

I settori termico e dei trasporti restano fortemente legati ai combustibili fossili. La loro elettrificazione, più volte indicata come necessaria, non potrà avvenire in tempi brevissimi. Tuttavia, si prevede un'espansione continua e su larga scala della rete elettrica, in risposta al crescente fabbisogno di energia, anche in ottemperanza agli obiettivi previsti dal Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC), che prevede come obiettivi nazionali aggiornati per il 2030: la riduzione dei gas serra di $\approx 44\%$ (rispetto ai livelli del 2005), e per gli impianti soggetti all'EU ETS il raggiungimento del 65% come quota FER nell'e-

nergia elettrica, e una capacità totale di eolico e solare installati di ≈ 108 GW. Nel trasporto terrestre – escludendo quello ferroviario – la diffusione dei veicoli elettrici è destinata ad aumentare, in linea con l'obiettivo della *EU Sustainable and Smart Mobility Strategy*, che prevede 30 milioni di veicoli a emissioni zero in circolazione entro il 2030⁴.

Nel settore termico, in particolare nel riscaldamento, le pompe di calore alimentate da elettricità da fonte rinnovabile stanno guadagnando spazio, anche grazie agli incentivi introdotti negli ultimi anni. Un'ulteriore spinta all'elettrificazione arriva dall'idrogeno verde (e, in parte, da quello blu), impiegabile nei settori difficili da decarbonizzare o nei processi che richiedono alte temperature. La sua produzione, basata sull'elettrolisi, necessita di energia elettrica. Rispetto alle batterie, l'idrogeno offre una maggiore capacità di accumulo su lungo periodo e può essere prodotto nei momenti in cui la rete non riesce ad assorbire tutta l'energia rinnovabile disponibile (es. in caso di riduzione della produzione da impianti eolici).

L'aumento della produzione da fonti rinnovabili impone una gestione più avanzata della rete. Queste fonti sono variabili e, nel caso del fotovoltaico e di molti impianti eolici, immettono energia tramite inverter. Gli inverter, a differenza degli alternatori delle centrali convenzionali, non possiedono inerzia meccanica. Questa inerzia è utile per contrastare gli sbilanciamenti tra domanda e offerta nella rete elettrica. Per compensare, è necessario integrare gli inverter con sistemi di controllo che forniscano una risposta al tasso di variazione della frequenza nel tempo (capacità spesso indicata come inerzia sintetica), anche con l'uso di accumulatori o supercondensatori.

La crescente complessità della gestione della rete elettrica richiede poi l'ampliamento delle infrastrutture informatiche, di comunicazione e controllo, da cui deriva la diffusione del termine "reti intelligenti". In futuro, queste reti dovranno affrontare non solo problemi tecnici già noti e la necessità di aumentare l'efficienza, ma anche una domanda crescente di energia legata alla transizione elettrica di altri settori, rallentata solo temporaneamente dall'emergenza sanitaria.

Il contesto è reso ancora più complesso dalla diffusione della generazione distribuita da fonti rinnovabili nelle reti di distribuzione, cioè quelle più vicine agli utenti finali. Questi ultimi non sono più semplici consumatori, ma sempre più spesso anche produttori di energia, trasformandosi così in "produttori-consumatori".

⁴ https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/mobility-strategy_en.

Le infrastrutture digitali e di comunicazione, un tempo prerogativa della rete di trasmissione e subtrasmissione, si stanno quindi ora estendendo capillarmente anche nella rete di distribuzione, fino agli utenti a bassa tensione.

È prevedibile una diffusione crescente delle unità di accumulo di energia, utili a rendere più flessibile la gestione della generazione distribuita. Questo è favorito dalla riduzione del costo dei sistemi di accumulo elettrochimici, che stanno assumendo un ruolo sempre più rilevante accanto all'accumulo idroelettrico tradizionale.

Infine, la diffusione dei veicoli elettrici, se da un lato comporta un aumento del carico sulla rete, dall'altro offre nuove opportunità. Le batterie a bordo possono infatti fornire energia alla rete quando connesse tramite sistemi di ricarica bidirezionale, soprattutto se alimentate da fonti rinnovabili.

5. Il quadro descritto finora supporta la convinzione che la rete elettrica intelligente (cioè una rete modernizzata e digitalizzata) rappresenti lo strumento fondamentale per realizzare la transizione energetica nelle città. Grazie alle tecnologie dell'informazione e della comunicazione, le reti dell'elettricità, del gas e del calore possono essere gestite in modo coordinato per sfruttarne le sinergie. Si tratta di una delle sfide tecniche più stimolanti per le città del futuro, che richiede una collaborazione stretta tra studiosi di settori diversi ma complementari.

La rete intelligente diventa così l'elemento centrale per la creazione di sistemi energetici integrati, cioè sistemi che pianificano e gestiscono in modo congiunto tutte le fonti e gli usi dell'energia. È questa integrazione, realizzata con una visione unitaria e coordinata, a rendere possibile la decarbonizzazione dell'economia, in linea con l'accordo di Parigi sul clima (COP 21 del 2016) e con gli obiettivi di sviluppo sostenibile fissati dall'Agenda 2030 delle Nazioni Unite⁵. Tali obiettivi, sono stati poi in seguito resi ancora più ambiziosi dal programma *RepowerEU*⁶, a seguito della crisi russo-ucraina.

Secondo la strategia europea per l'integrazione del sistema energetico, l'evoluzione del settore dovrebbe avvenire seguendo tre indirizzi complementari:

- Maggiore circolarità ed efficienza: dare priorità alle soluzioni che consumano meno energia, recuperare l'energia contenuta nei rifiuti inevitabili, e creare collegamenti tra settori diversi per sfruttare tutte le possibilità di risparmio.
- Elettrificazione diretta degli usi finali: ad esempio impiegare, come già menzionato, pompe di calore per il riscaldamento degli edifici o per processi in-

⁵ <https://sdgs.un.org/2030agenda>.

⁶ https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repower-eu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_en.

dustriali a bassa temperatura, utilizzare veicoli alimentati a energia elettrica nei trasporti o forni elettrici nell'industria.

- Uso di fonti rinnovabili e a basse emissioni di carbonio: comprese le forme di idrogeno (verde o blu) e i loro derivati, per quelle applicazioni dove l'elettricità non può essere impiegata direttamente o non risulta conveniente.

Un sistema energetico moderno dovrà anche permettere ai cittadini di partecipare attivamente alla produzione e alla gestione dell'energia. In questo modo, gli utenti finali non saranno più solo consumatori, ma anche produttori-consumatori (cioè soggetti che consumano l'energia che producono, e possono anche immetterne in rete), singolarmente o come membri di Comunità energetiche rinnovabili.

Allo stesso tempo, occorre ottimizzare l'efficienza di tutte le reti energetiche collegate tra loro e delle singole reti locali. Per rendere possibile tutto questo, servono alcune condizioni fondamentali:

- applicare in modo sistematico il principio del risparmio e dell'efficienza energetica in ogni parte del sistema;
- utilizzare fonti locali di energia negli edifici e nelle comunità (ad esempio recuperare calore dai siti industriali, dai centri di elaborazione dati o da altre fonti);
- valorizzare le potenzialità energetiche spesso non sfruttate di acque reflue, residui organici e rifiuti biologici per produrre energia da biomassa.

Inoltre, per integrare il sistema energetico in modo efficace, è necessario migliorare i collegamenti fisici tra le diverse fonti e modalità di trasporto dell'energia (come elettricità, gas e calore), per evitare di dipendere troppo da una singola risorsa. Serve quindi un nuovo approccio completo alla pianificazione delle infrastrutture, sia a livello nazionale che locale, che tenga conto anche della protezione e della resilienza delle strutture critiche. Tale pianificazione deve favorire l'integrazione dei diversi vettori energetici, valutando se costruire nuove infrastrutture o riconvertire quelle esistenti, e considerando anche soluzioni basate sul controllo della domanda e sui sistemi di accumulo.

Nel settore industriale, oltre il 60% dell'energia viene utilizzato sotto forma di calore. Le pompe di calore industriali possono dunque offrire un contributo importante alla riduzione delle emissioni di gas serra, specialmente se combinate con il recupero del calore residuo.

Infine, la rete digitale, potenziata dalla diffusione delle fonti rinnovabili nella rete di distribuzione, dall'elettrificazione progressiva di diversi settori, dalla disponibilità di dispositivi intelligenti (come elettrodomestici connessi) da parte di utenti e piccoli produttori, e dalla rapida diffusione di applicazioni che collegano questi dispositivi con le infrastrutture energetiche, può essere utilizzata in

modo efficace per la gestione integrata della città. Un esempio molto attuale e concreto di tutto questo è rappresentato dallo sviluppo delle Comunità energetiche, che passano giocare un ruolo, pur non risolutivo, certamente significativo e non trascurabile nel quadro della transizione energetica verso la neutralità climatica.

6. Il mercato elettrico all'ingrosso giornaliero è basato, per ogni intervallo in cui è suddivisa la giornata (nel passato l'ora, dal corrente anno il quarto d'ora) sull'incontro della curva aggregata delle offerte di acquisto a prezzi decrescenti con la quantità (potenza media durante l'intervallo) e quella aggregata delle offerte di vendita a prezzi crescenti. Le offerte di acquisto sono tipicamente quelle dei rivenditori di energia elettrica e di alcuni grandi consumatori. Le offerte di vendita sono tipicamente quelle dei produttori. Il punto di incontro separa le offerte accettate (a sinistra del punto di incontro) da quelle non accettate e fissa il prezzo dell'energia elettrica nell'intervallo. I tipici motivi di inefficienza di questo tipo di asta consistono nella limitata elasticità della curva aggregata di domanda che appare piuttosto verticale, dato che solo una parte della domanda di energia elettrica a breve termine è sensibile al prezzo, e dal fatto che l'offerta dei produttori dovrebbe essere legata al costo incrementale supposto crescente con il livello di produzione. Tuttavia, una quota di impianti di produzione (che include gli impianti solari, eolici, e idroelettrici ad acqua fluente) è caratterizzata da costi non significativamente variabili con il livello di produzione. I produttori che usano questi impianti tipicamente offrono al mercato a prezzo zero, con la garanzia di veder accettata la loro offerta e confidando che il prezzo sia fissato da un impianto con costo marginale sufficientemente elevato da coprire anche i loro costi fissi e le aspettative di remunerazione. Tuttavia, la quota di questi impianti privi di costi variabili tende ad aumentare e in alcuni casi si sono avute condizioni di prezzo dell'energia nulla dato quando la produzione di questi impianti è in grado di soddisfare autonomamente la domanda prevista. La progressiva riduzione del numero di impianti di produzione che fissano il prezzo, lo rende maggiormente volatile e sensibile a strategie di sfruttamento del potere di mercato da parte di alcuni operatori.

Il continuo e significativo aumento di impianti di produzione di piccola taglia, connessi alle reti di distribuzione in media e bassa tensione, giustifica pertanto i tentativi di maggiore coinvolgimento degli utenti finali nel mercato elettrico con l'organizzazione di mercati locali che consentano transazioni dirette tra consumatori finali. Per transazioni dirette si intendono le compensazioni monetarie per gli scambi di energia tra consumatori finali, senza acquisti e vendite a un'entità terza, ossia un rivenditore con accesso al mercato all'ingrosso dell'energia elettri-

ca. Gli scambi diretti possono essere un'alternativa vantaggiosa quando c'è una differenza significativa tra il prezzo che l'utente finale paga al rivenditore per l'acquisto dell'energia e il prezzo di vendita dell'energia ceduta in rete, spesso pari al prezzo del mercato all'ingrosso. La differenza tra i due prezzi (acquisto e cessione dell'energia), al netto delle imposte e delle remunerazioni per le attività di gestione del sistema elettrico, rappresenta un ricavo per il rivenditore.

In un mercato locale che imitasse la borsa elettrica del mercato all'ingrosso, ogni utente sarebbe chiamato ad inviare un'offerta con la coppia prezzo-energia di vendita o acquisto. Tipicamente, nel caso di utenti finali, il ruolo di consumatore e produttore cambia durante la giornata. Inoltre, i rivenditori potrebbero intervenire nel mercato. La capacità dell'utente finale di partecipare a tale mercato con offerte accurate è problematica a causa della mancanza di tempo, interesse, informazioni e conoscenze.

L'altro tipico schema proposto sia per mercati all'ingrosso sia per quelli locali è basato su contrattazioni bilaterali (detti anche scambi *peer-to-peer*). Rispetto alle difficoltà descritte nel caso precedente, in questo schema c'è anche la necessità di abbinare le due parti, venditore e compratore.

Nel caso di una comunità energetica, le contrattazioni fra utenti finali sono sostituite dalla gestione della comunità sulla base delle informazioni specifiche sulle caratteristiche degli impianti e quelle ottenuti da sistemi di monitoraggio evoluti.

Nella comunità ogni partecipante ha un contratto con un rivenditore. In genere, ci sono diversi rivenditori che offrono contratti standard agli utenti finali, che non hanno la possibilità di discutere i dettagli, ma solo di scegliere tra alternative, spesso con informazioni incomplete e asimmetriche. La comunità non coinvolge i rivenditori, né interferisce con le scelte degli utenti. La comunità mira a ridurre gli scambi di ciascun membro della comunità con il proprio rivenditore. La comunità potrebbe svolgere altresì le funzioni di gruppo d'acquisto di energia, selezionando uno o più rivenditori e proponendole ai propri membri che possono stipulare il contratto di fornitura con il venditore alle condizioni stabilite con il gruppo.

Nell'ipotesi che sia ammesso che la quota di energia condivisa fra i partecipanti alla comunità sia scorporata a priori e non rientri fra le voci oggetto di fornitura da parte dei venditori terzi⁷, nella fase di liquidazione, cioè dopo il periodo in cui l'energia viene fisicamente consegnata e utilizzata, il gestore della comunità calcola la ripartizione dell'energia scambiata tra i membri della comu-

⁷ Come previsto nella Legge delega 22 aprile 2021, n. 53, articolo 5 lettera h, e dall'art. 5 del d.lgs. 7 gennaio 2026, n. 3.

nità in ogni intervallo di tempo (tipicamente un'ora o, più ragionevolmente, 15 minuti). Nel seguito, per comodità, indichiamo gli scambi di energia nella comunità come P_{LEC} , che indica il valor medio della potenza considerata costante e pari a tale valore durante l'intervallo di tempo considerato. Per ogni utente, P_{LEC} ha un segno diverso se viene consumato o prodotto come definito dal contatore e il valore assoluto non può superare quello registrato dal contatore. Ovviamente, la somma algebrica di tutti i valori di P_{LEC} dei membri della comunità deve essere nulla per ogni periodo. L'allocazione di P_{LEC} calcolata dal gestore della comunità viene sottratta dalla lettura del contatore di ciascun utente e il complemento al valore della lettura del contatore viene assegnato al rivenditore dell'utente. Per comodità nel seguito indichiamo questa quota con P_{grid} , sempre assumendo la potenza costante e pari al valore medio nel periodo. La partecipazione dell'utente alla comunità non modifica le caratteristiche del contratto o la scelta del rivenditore, ma influisce solo sul calcolo della bolletta nei confronti del rivenditore a partire dalla lettura del contatore.

Peraltro, la prima regolamentazione in Italia delle comunità offre un incentivo economico all'energia condivisa, ossia alla quota P_{LEC} , senza modificare sul ricavo dei rivenditori, ossia senza scorporare l'energia condivisa dalla lettura del contatore. Per ogni periodo, l'incentivo viene attribuito all'energia condivisa, cioè all'energia prodotta e consumata all'interno della comunità, valutata come minimo tra la produzione netta complessiva e il prelievo totale dei consumatori, durante ogni intervallo di tempo. Esistono regole che limitano l'incentivo solo all'energia bilanciata prodotta da unità specifiche (rinnovabili, senza altri incentivi), evitando l'uso di carica e scarica delle unità di accumulo per moltiplicare artificiosamente l'energia bilanciata in periodi diversi.

Dato che l'incentivo monetario alle comunità è finanziato dalle tasse pubbliche o dalle bollette elettriche di tutti gli utenti, lo schema incentivato può essere consentito fino al limite di consumo di risorse pubbliche ritenuto accettabile per la prima attivazione di questi accordi tra gli utenti finali del servizio elettrico.

Dal punto di vista del miglioramento dell'efficienza del servizio elettrico è importante che i membri della comunità siano connessi alla stessa rete di distribuzione, in modo da garantire un equilibrio locale fra produzione e consumo, riducendo l'uso dell'infrastruttura di trasmissione dell'energia elettrica. Nella regolamentazione italiana i benefici economici sono assegnati all'energia condivisa fra i partecipanti alla stessa comunità connessi alla rete di distribuzione alimentata dalla stessa sottostazione di trasformazione da alta a media tensione (detta cabina primaria).

Un problema tipico della comunità è la definizione del prezzo per le transazioni interne, cioè i prezzi degli scambi P_{LEC} . Questo problema è presente *de*

facto anche nella versione semplificata della comunità, che riceve un incentivo monetario per l'energia condivisa. Infatti, è necessario definire una regola che permetta di distribuire l'incentivo tra i membri, in modo che tutti ricevano un beneficio dalla partecipazione.

Per ottenere i risultati mostrati nel seguito, la regola di prezzo per le transazioni P_{LEC} è ottenuta direttamente dalla definizione di un problema giornaliero di ottimizzazione della comunità che minimizza il costo totale dell'acquisto di energia elettrica dai rivenditori. È ragionevole che il prezzo delle transazioni P_{LEC} tra gli utenti sia legato alle tariffe per il calcolo del costo per le transazioni P_{grid} che si ritengono note, in quanto definite dai contratti degli utenti con i loro rivenditori. Formulando l'ottimizzazione come un problema di programmazione lineare, i prezzi P_{LEC} sono calcolati come i prezzi ombra del vincolo che obbliga, per ogni utente, la somma di P_{LEC} e P_{grid} a essere uguale all'energia consumata o prodotta contabilizzata dal contatore. Questo approccio fornisce un beneficio, o almeno garantisce l'assenza di un danno economico, ai membri della comunità coinvolti in ogni singola transazione rispetto al caso in cui le transazioni P_{LEC} non siano consentite. Quindi anche gli utenti privi di impianti di produzione o accumulo di energia elettrica ricevono un beneficio dalla partecipazione alla comunità, essendo il prezzo di P_{LEC} sempre non superiore al prezzo del contratto con il loro rivenditore.

La formazione di comunità è favorita in contesti normativi in cui esiste un disaccoppiamento tra le attività del gestore della rete e quelle dei rivenditori di energia elettrica, come nel caso italiano. In questi contesti, esistono procedure già definite per garantire le risorse finanziarie adeguate a compensare le attività del gestore, la manutenzione e lo sviluppo della rete. La presenza delle comunità, inoltre, non cambia le regole di definizione degli oneri di utilizzo della rete di distribuzione. Migliorando l'utilizzazione delle unità di produzione e di accumulo locali, le comunità possono quindi ridurre la necessità di espansione della rete per sostenere la prevista crescita futura del consumo di elettricità, dovuta all'elettificazione degli impianti di riscaldamento e della mobilità privata. I vantaggi della partecipazione a una comunità per parcheggi dotati di numerosi sistemi di ricarica sono analizzati nel paragrafo 7 di questa memoria.

Il concetto di scambio diretto tra i membri della comunità può essere poi esteso al caso della potenza reattiva, consentendo transazioni, denominate Q_{LEC} . Uno dei problemi tipici della generazione distribuita è la diminuzione del fattore di potenza, se l'utente dotato di impianto di produzione non ha una sufficiente capacità di compensazione automatica della potenza reattiva. Ad esempio, se la maggior parte del consumo di energia attiva di un utente è compensato dalla produzione locale di un'unità fotovoltaica durante le ore diurne senza compen-

sazione della potenza reattiva, il fattore di potenza corrispondente sarà significativamente inferiore a quello di un sito analogo senza produzione fotovoltaica. In generale, i gestori delle reti di distribuzione impongono una penalità agli utenti non residenziali se operano con un fattore di potenza inferiore a una soglia predefinita. Tuttavia, per i gestori può essere accettabile e utile ricevere una compensazione di potenza reattiva da altri membri della stessa comunità, perché sono collegati alla stessa direttrice di alimentazione. Pertanto, consentendo le transazioni Q_{LEC} , alcuni membri possono evitare o ridurre le penali dovute al funzionamento a basso fattore di potenza mediante la compensazione fornita da impianti di altri utenti della stessa comunità.

In teoria, l'obiettivo della comunità può essere più ampio rispetto a quello di riduzione complessiva dei costi di fornitura, includendo ricavi per la potenziale capacità delle comunità a fornire servizi agli operatori di rete, analogamente al ruolo degli aggregatori, delle microreti e delle centrali elettriche virtuali.

Per sfruttare tutte le opportunità offerte, il gestore della comunità è incoraggiato a installare sistemi di monitoraggio evoluti del comportamento degli utenti, sistemi di controllo diretto per regolare la loro produzione e il loro consumo, e anche unità di accumulo dedicate.

I due paragrafi seguenti sono dedicati, il primo, alla descrizione del modello di ottimizzazione giornaliera che consente l'analisi della presenza di più comunità nella stessa rete di distribuzione, e, il secondo, ai vantaggi della partecipazione ad una comunità da parte del gestore di un parcheggio dotato di numerose stazioni di ricarica.

7. La procedura utilizzata per i risultati presentati in questo capitolo riguarda l'ottimizzazione per le 24 ore del giorno successivo, divise in 96 intervalli da 15 minuti ciascuno, basata sulle previsioni di produzione e di carico. L'ottimizzazione viene eseguita separatamente per ogni comunità e per l'insieme di utenti fuori dalle comunità, chiamato insieme noEC, con l'obiettivo di minimizzare i costi di approvvigionamento dell'energia elettrica. In questo modello non si tiene conto della fornitura di servizi alla rete né di scambi di potenza reattiva. Il modello è focalizzato sugli scambi di potenza attiva e sulla riduzione dei costi di fornitura.

Il modello è formalizzato in un problema di programmazione lineare intera mista. L'obiettivo è la minimizzazione di una funzione che rappresenta il costo complessivo per l'energia elettrica fornita dai rivenditori per ogni comunità c :

$$OF^c = \sum_{t \in T} \sum_{i \in \Omega_c} (C_{\text{grid},i,t}) \Delta t \quad (1)$$

dove Δt è la durata dell'intervallo (0,25 h), T è l'insieme dei 96 periodi che compongono la giornata e Ω_c è l'insieme degli utenti che partecipano alla comunità. Questa funzione include solo i costi/rendite C_{grid} degli scambi P_{grid} di ogni utente i con il suo rivenditore. Le variabili di controllo considerate sono gli scambi P_{LEC} fra gli utenti e la gestione degli impianti di accumulo. Per semplicità non sono inclusi impianti la cui produzione è inserita fra le variabili di controllo (cosiddetti impianti dispacciabili) e quindi i costi variabili di produzione degli impianti di generazione non sono inclusi nella funzione obiettivo. Il modello è stato sviluppato assumendo che la generazione distribuita sia costituita prevalentemente da impianti fotovoltaici.

Il valore di C_{grid} è vincolato da:

$$C_{\text{grid } i, t} \geq \pi_{\text{buy } i, t} P_{\text{grid } i, t} \text{ e } C_{\text{grid } i, t} \geq \pi_{\text{sell } i, t} P_{\text{grid } i, t} \quad (2)$$

In questo vincolo, $\pi_{\text{buy } i, t}$ e $\pi_{\text{sell } i, t}$ sono i prezzi di acquisto e di vendita dell'energia da parte dell'utente nel contratto con il rivenditore. Il valore di P_{grid} è positivo in acquisto e negativo in vendita. Il vincolo fornisce il valore corretto dato che il problema cerca il minimo di C_{grid} , nell'ipotesi che $\pi_{\text{buy } i, t}$ sia sempre maggiore di $\pi_{\text{sell } i, t}$.

In ogni intervallo t , la potenza netta dell'utente i deve bilanciare lo scambio con il rivenditore e con gli altri membri della comunità:

$$P_{\text{user } i, t} = P_{\text{grid } i, t} + P_{\text{LEC } i, t} : \mu_{\text{LEC } i, t} \quad (3)$$

Mediante l'introduzione di variabili binarie, il modello garantisce che i segni di P_{grid} e P_{LEC} siano uguali fra loro. In questo modo, si evita che l'energia acquistata dal rivenditore sia ceduta ad altri membri della comunità o viceversa.

I prezzi π_{LEC} (in €/kWh) delle transazioni fra i partecipanti alla stessa comunità sono calcolati come:

$$\pi_{\text{LEC } i, t} = 1/\Delta t \mu_{\text{LEC } i, t} \quad \forall i, t \text{ quando } P_{\text{LEC } i, t} \neq 0 \quad (4)$$

dove $\mu_{\text{LEC } i, t}$ indica il prezzo ombra associato al vincolo di uguaglianza. La somma delle potenze attive scambiate in ciascuna comunità è nulla:

$$\sum_{i \in \Omega_c} P_{\text{LEC } i, t} = 0 \quad (5)$$

La potenza netta P_{user} di ciascun utente è data dalla somma:

$$P_{\text{user } i, t} = P_{L, i, t} - P_{G, i, t} - P_{\text{BES } i, t} + \ell_{\text{BES } i, t} = \quad (6)$$

dove P_L è il consumo interno, P_G la generazione, P_{BES} la potenza fornita (positiva) o assorbita (negativa) dalla batteria di accumulo e ℓ_{BES} tiene conto delle perdite nelle operazioni di carica e scarica della batteria mediante i seguenti vincoli:

$$\ell_{\text{BES } i, t} = \begin{cases} (1 - \eta_{\text{discharge } i}) P_{\text{BES } i, t} & \text{se } P_{\text{BES } i, t} \geq 0 \\ (1 - 1/\eta_{\text{charge } i}) P_{\text{BES } i, t} & \text{se } P_{\text{BES } i, t} < 0 \end{cases} \quad (7)$$

dove $\eta_{\text{discharge}}$ e η_{charge} indicano le efficienze in scarica e carica considerate indipendenti dal punto di lavoro. La condizione sul segno di P_{BES} nel vincolo è gestita con una variabile binaria. P_{BES} è una delle variabili di controllo ed è limitata alla potenza massima del sistema di accumulo.

Il modello che rappresenta il livello di carica E nella batteria è:

$$\begin{aligned} E_{i, t} &= E_{i, t-1} - P_{\text{BES } i, t} \Delta t \quad \text{per } 1 < t < 96 \\ E_{i, 1} &= E_{\text{max}, i} - P_{\text{BES } i, 1} \Delta t \quad \text{e } E_{i, 96} = E_{\text{max}, i} \end{aligned} \quad (8)$$

Questo vincolo richiede che la batteria si trovi allo stesso livello di carica all'inizio e alla fine del giorno, per garantire un'ottimizzazione indipendente per ogni giornata. A scopo illustrativo, il livello scelto è quello massimo di accumulo E_{max} . In ogni periodo t , il livello di accumulo è vincolato superiormente da E_{max} e inferiormente dal livello minimo E_{min} (fissato pari al 20% di E_{max}).

Per gli utenti nel gruppo noEC, il modello è uguale a quello delle comunità ma con un vincolo aggiuntivo che impedisce le transazioni dirette tra utenti, cioè è imposto $P_{\text{LEC}} = 0$ sempre.

La procedura è stata implementata nell'ambiente di modellazione *Advanced Integrated Multidimensional Modeling Software* (AIMMS) *Developer*. Per ottenere i risultati è stato utilizzato il risolutore MIP Gurobi 9.5. Il tempo di calcolo per i casi considerati descritti nella sezione seguente è sempre limitato a poche decine di secondi quando eseguito su un computer dotato di processore Intel i7, 32 GB di RAM.

In una versione più estesa, il modello è stato integrato con la possibilità di scambi anche di potenza reattiva per limitare le penalità dovute al funzionamento a basso fattore di potenza. Il modello è stato anche integrato con un modello di ottimizzazione della rete di distribuzione per rappresentare la fornitura di

servizi di flessibilità al gestore della rete che li può usare, ad esempio, per migliorare i profili delle tensioni lungo le direttrici di alimentazione e ridurre le congestioni. Questi aspetti non sono descritti in questo capitolo, ma alcuni risultati sono presentati in [3].

8. Come caso di studio degli effetti della presenza di più comunità nella stessa rete di distribuzione in media tensione sono state considerate 10 direttrici di alimentazione collegate a una cabina primaria a 132/15 kV urbana della città di Modena dotata di tre trasformatori (uno da 50 MVA e gli altri due da 25 MVA) con variatori sotto carico del rapporto di trasformazione. In totale il sistema ha 346 nodi senza anelli.

Sono qui presentati i risultati che usano i dati reali di consumo e di produzione aggregati al nodo di media tensione per un giorno soleggiato estivo. L'analisi è stata anche estesa ad altri giorni sia estivi sia invernali e i relativi risultati sono descritti in [4].

Nel giorno considerato il consumo complessivo del sistema è 552,4 MWh; la generazione fotovoltaica è 46,1 MWh (pari al 8,4% del consumo); la generazione da alternatori direttamente connessi alla rete è pari a 11,5 MWh.

Per semplicità e a causa delle limitate informazioni sul profilo di consumo dei singoli utenti in bassa tensione, tutti gli utenti alimentati dallo stesso nodo della rete di distribuzione a media tensione sono stati raggruppati e trattati come utenti singoli. Questo approccio sottovaluta i vantaggi delle comunità perché le transazioni tra diversi utenti connessi allo stesso nodo in media tensione non vengono conteggiate, ma sono incluse nel bilancio energetico interno dell'utente aggregato.

Al sistema sono stati aggiunti 23 sistemi di accumulo (associati a utenti con significativa produzione fotovoltaica), con capacità unitaria nell'intervallo fra 50 e 400 kWh pari numericamente alla potenza massima di scarica e di carica. La capacità complessiva è 2,3 MWh (pari al 5% della produzione fotovoltaica nel giorno considerato).

Gli utenti sono stati casualmente assegnati a tre rivenditori (denominati nel seguito R1, R2 e R3) con profili di prezzo π_{buy} diversi durante la giornata: uno (con valori minimi e massimi pari a 0,13 €/kWh e 0,33 €/kWh, rispettivamente) segue il tipico comportamento dei prezzi del mercato all'ingrosso con due picchi al mattino (ore 9-11) e alla sera (ore 18-20), il secondo profilo (con gli stessi valori massimi e minimi) ha un prezzo basso durante la notte e un prezzo più alto durante il giorno, il terzo ha uno sconto del 10% rispetto al secondo rispetto. Il profilo dei prezzi π_{sell} riconosciuti all'energia ceduta segue il profilo del mercato elettrico all'ingrosso nel giorno considerato con minimo pari a 0,086 €/kWh e massimo 0,16 €/kWh.

Gli utenti sono anche stati casualmente assegnati, con distribuzione uniforme, a un tre diverse comunità (denominate EC1, EC2, e EC3) e ad un sotto insieme di utenti (noEC) che si assume non partecipi a nessuna comunità. La Tab. 1 mostra la ripartizione dei consumi, della produzione fotovoltaica, della produzione con alternatori e dei sistemi di accumulo fra i diversi gruppi.

Tab. 1. Ripartizione percentuale della domanda, produzione e capacità di accumulo fra le diverse comunità e il gruppo di utenti non appartenenti ad alcuna comunità.

Gruppo	Domanda	Produzione fotovoltaica	Produzione alternatori	Capacità accumulo
EC1	32,6%	37%	0%	47,3%
EC2	25,4%	21,1%	0%	15,1%
EC3	8%	17,7%	0%	18,3%
noEC	34%	24,2%	100%	19,3%

La Tab. 2 mostra costi (valori positivi) o ricavi (valori negativi) per gli scambi con i rivenditori (P_{grid}) e con gli altri partecipanti alla comunità (P_{LEC}) calcolati con il modello presentato nella sezione precedente. La tabella mostra i risultati per i diversi gruppi di utenti che partecipano alla stessa comunità e che hanno contratti con lo stesso rivenditore. Ovviamente, la somma dei valori corrispondenti agli scambi P_{LEC} si annulla per ogni comunità. I costi per gli utenti noEC (relativi solo agli scambi P_{grid}) ammontano complessivamente a 40,14 migliaia di euro.

Tab. 2. Costi/ricavi in migliaia of euro per i gruppi di utenti che partecipano alla stessa comunità e hanno un contratto con lo stesso rivenditore.

		EC1	EC2	EC3
R1	P_{grid}	15,42	7,09	3,20
	P_{LEC}	0,03	-0,11	-0,78
R2	P_{grid}	10,93	13,88	2,27
	P_{LEC}	1,8	0,26	0,79
R3	P_{grid}	8,48	9,46	2,16
	P_{LEC}	-1,83	-0,15	-0,01

Rispetto al caso in cui le transazioni PLEC non siano ammesse, le riduzioni dei costi per le tre comunità sono: 3,42% (EC1), 1,19% (EC2) e 7,51% (EC3). Applicando il metodo di attribuzione dei prezzi delle transazioni interne π_{LEC} basato sui prezzi ombra dei vincoli di bilancio, come descritto dalla equazione , i vantaggi percentuali per i vari gruppi di utenti appartenenti alla stessa comunità e con contratti con lo stesso rivenditore sono mostrati nella Tab. 3. I vantag-

gi, soprattutto per alcuni gruppi di utenti, sono significativi. Con la procedura adottata per calcolare i prezzi delle transazioni P_{LEC} , nessun utente subisce un danno dalla partecipazione alla comunità.

Come mostrato nella Tab. 3, i vantaggi della partecipazione alle comunità non sono uniformi. Nel caso qui considerato, la produzione interna è sempre inferiore al consumo e tutti i gruppi di utenti acquistano dai rivenditori in ogni periodo (il valore complessivo di P_{grid} è sempre positivo), come mostrato dalla Fig. 3. Il vantaggio è quindi limitato agli utenti con eccesso di produzione rispetto al carico locale che possono vendere, attraverso gli scambi P_{LEC} , agli utenti della stessa comunità con il contratto con il prezzo più elevato (ossia quello del rivenditore 2 per gran parte del giorno e del rivenditore 1 nelle ore serali), assai maggiore del prezzo del mercato all'ingrosso. Questo è confermato dalla Fig. 4 che mostra il confronto fra i prezzi π_{buy} , π_{sell} e π_{LEC} per le tre comunità.

Tab. 3. Riduzione percentuale dei costi complessivi di approvvigionamento (che includono gli importi degli scambi sia P_{grid} sia P_{LEC}) rispetto al caso nel quale le transazioni P_{LEC} siano proibite.

	EC1	EC2	EC3
R1	0,42	1,18	18,41
R2	0	1,47	2,2
R3	14,95	0,77	0,17

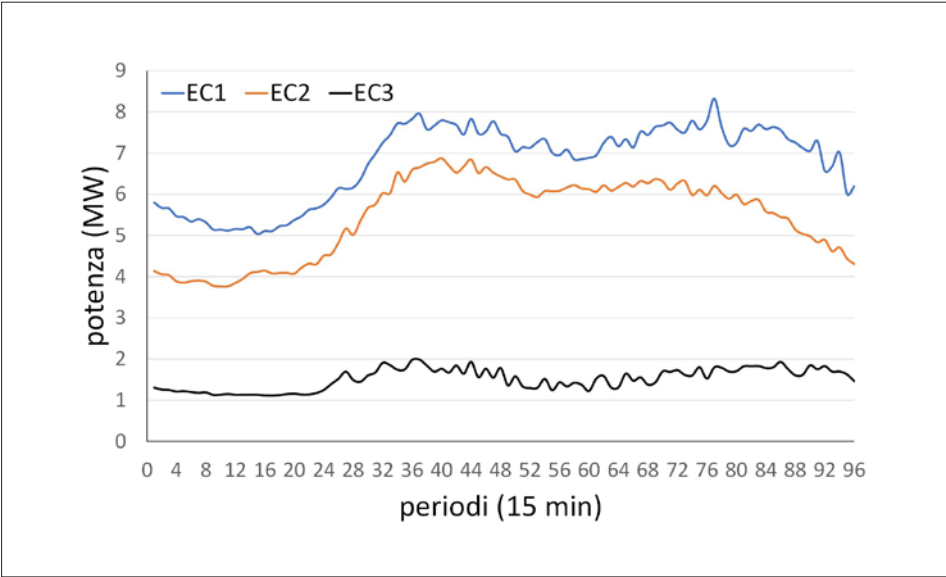


Fig. 3. Profili degli scambi di potenza fra gli utenti delle comunità e i loro rivenditori (P_{grid}).

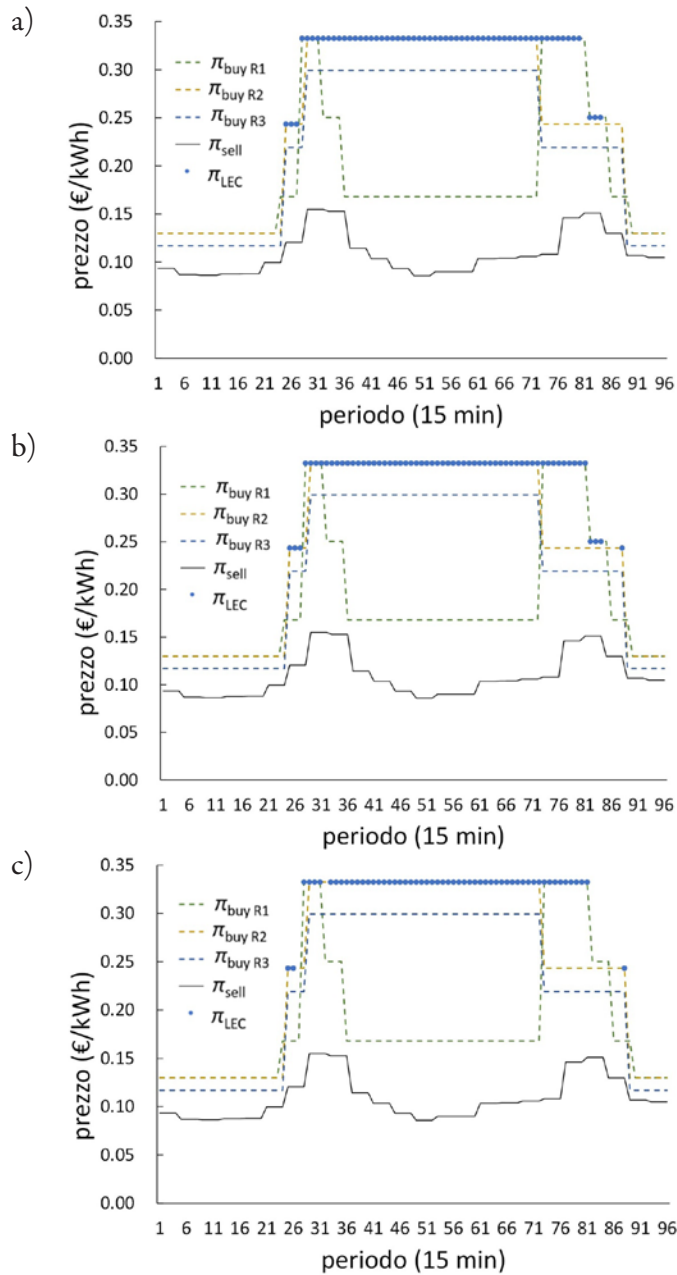


Fig. 4. Confronto fra i prezzi delle transazioni interne P_{LEC} e i prezzi contrattuali di acquisto dai diversi rivenditori e di vendita delle transazioni P_{grid} : a) EC1, b) EC2, c) EC3.

I calcoli sono stati ripetuti triplicando la produzione fotovoltaica per ciascun utente rispetto alle registrazioni reali del giorno considerato. In questo caso i

vantaggi della partecipazione a una comunità rispetto al caso corrispondente in cui le transazioni PLEC siano proibite sono più evidenti: 19,56% (EC1), 10,68% (EC2), 36,47% (EC3).

Migliora anche la ripartizione dei vantaggi fra i diversi gruppi di utenti che partecipano alla stessa comunità e hanno il contratto con lo stesso fornitore, come mostrato dalla Tab. 4.

Tab. 4. Riduzione percentuale dei costi complessivi di approvvigionamento nel caso con la produzione fotovoltaica triplicata rispetto al caso corrispondente nel quale però le transazioni P_{LEC} siano proibite.

	EC1	EC2	EC3
R1	2,30	9,75	40,66
R2	16,17	11,21	36,40
R3	69,36	10,60	32,16

La Fig. 5 mostra che gli utenti della comunità EC3 non trovano altri utenti nella comunità che assorbano la loro produzione nell’intervallo fra i periodi 46 e 65 (valori di P_{grid} negativa), e sono quindi costretti a cederla al prezzo del mercato all’ingrosso.

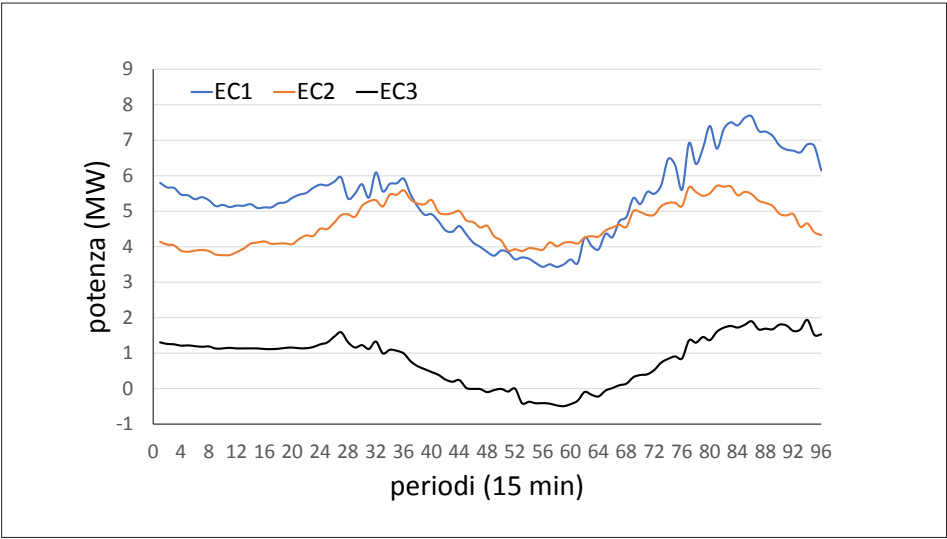


Fig. 5. Profili degli scambi di potenza fra gli utenti delle comunità e i loro rivenditori (P_{grid}) per il caso con produzione fotovoltaica triplicata.

La Fig. 6 mostra il confronto fra i prezzi relativi al caso con produzione fotovoltaica triplicata, per le comunità EC1 ed EC3 (per EC2 il risultato è analogo a quello di Fig. 4). Gli utenti con sovrapproduzione tendono a venderla agli

utenti con contratti con il rivenditore più caro. Nella parte centrale della giornata però, gli acquirenti con contratto con il rivenditore 2 (rivenditore più caro) sono completamente soddisfatti, e quindi gli utenti con sovrapproduzione forniscono potenza anche agli utenti con contratti con il rivenditore 3 il cui prezzo fissa quello delle transizioni interne. Quando anche gli utenti con contratti con il rivenditore 3 sono soddisfatti, allora gli utenti con sovrapproduzione forniscono potenza anche a quelli con contratti con il rivenditore 1 il cui prezzo fissa il prezzo delle transazioni interne. Quando anche questi utenti sono completamente soddisfatti (come accade in EC3 nell'intervallo 46-65) allora la sovrapproduzione è ceduta all'esterno e il prezzo di tutte le transazioni interne diventa pari a quello del mercato all'ingrosso.

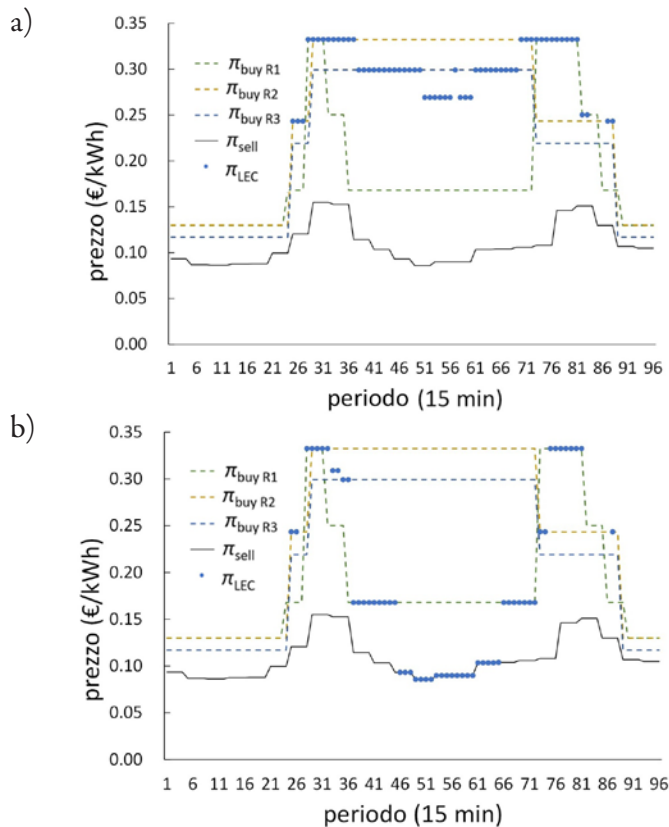


Fig. 6. Confronto fra i prezzi delle transazioni interne P_{LEC} e i prezzi contrattuali di acquisto dai diversi rivenditori e di vendita delle transazioni P_{grid} nel caso con produzione fotovoltaica triplicata: a) EC1, b) EC3.

La Fig. 6a mostra che negli intervalli 51-56 e 58-60, pur essendo soddisfatti tutti gli acquirenti con contratti con il rivenditore 3, il prezzo delle transazioni interne in EC1 non scende al prezzo dei contratti con il rivenditore 1. Analoga anomalia rispetto al prezzo marginale dei contratti con i rivenditori si ha in EC3 nell'intervallo 33-34 quando gli acquirenti con contratti con il rivenditore 2 sono soddisfatti, ma il prezzo non scende a quello del rivenditore 3, attestandosi a un valore intermedio fra quelli dei rivenditori 2 e 3.

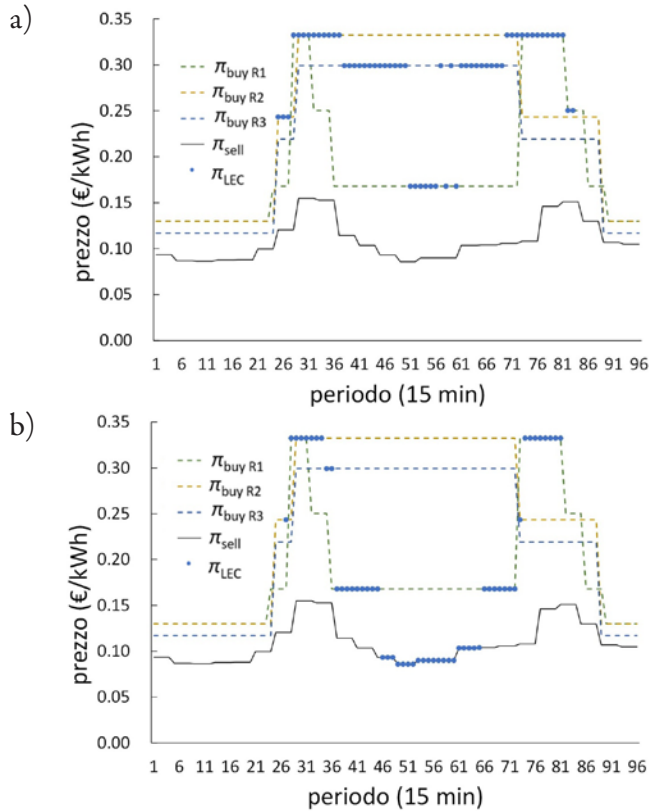


Fig. 7. Confronto fra i prezzi delle transazioni interne P_{LEC} e i prezzi contrattuali di acquisto dai diversi rivenditori e di vendita delle transazioni P_{grid} nel caso con produzione fotovoltaica triplicata e senza i sistemi di accumulo: a) EC1, b) EC3.

Queste anomalie sono attribuite alla presenza dei sistemi di accumulo, che, se coinvolti come utenti marginali nelle transazioni P_{LEC} , fissano un prezzo che tiene conto dei diversi prezzi dell'energia quando tali sistemi sono caricati e scaricati. Una conferma a questo è data dalla Fig. 7 che mostra il confronto fra i prezzi con la produzione fotovoltaica triplicata senza i sistemi di accumulo, per le comunità

EC1 e EC3 (il confronto per EC2 rimane analogo a quello mostrato in Fig. 4. La figura mostra l'allineamento dei prezzi delle transazioni P_{LEC} con il prezzo contrattuale del consumatore marginale e con il prezzo del mercato all'ingrosso per le transazioni della comunità EC3 nell'intervallo di esportazione 46-65.

Ovviamente i sistemi di accumulo sono utili e senza il loro inserimento i costi giornalieri di acquisto dell'energia elettrica dai rivenditori aumentano sia per gli utenti non appartenenti alle comunità (del 0,16%), sia per quelli nelle comunità (0,72% per EC1, 0,16% per EC2, e 2,65% per EC3), rispetto al caso corrispondente con produzione fotovoltaica triplicata che considera la presenza dei sistemi di accumulo.

La Tab. 5 mostra i dettagli per i gruppi di utenti delle comunità con contratti con gli stessi rivenditori. Gli utenti della comunità EC1 con contratti con R2 hanno un vantaggio senza i sistemi di accumulo in quanto pur pagando di più per l'energia fornita dal rivenditore, risultano complessivamente pagare di meno l'energia fornita tramite le transazioni P_{LEC} dagli altri partecipanti della comunità non più dotati di batterie, sfruttando la diminuzione di prezzo mostrata in Fig. 7a).

Tab. 5. Aumento percentuale dei costi complessivi di approvvigionamento nel caso con la produzione fotovoltaica triplicata e senza i sistemi di accumulo rispetto al caso corrispondente con i sistemi di accumulo.

	EC1	EC2	EC3
R1	0,58	0,18	5,27
R2	-1,64	0,09	1,58
R3	13,45	0,26	1,56

Lasciando inalterato l'insieme degli utenti che non partecipano a nessuna comunità e ripartendo gli altri utenti in un numero diverso di comunità si osserva che il costo complessivo di approvvigionamento aumenta all'aumentare del numero di comunità (a parte qualche oscillazione dovuta alla ripartizione casuale): raggruppando tutti gli utenti in una sola comunità si ha una diminuzione del costo del 0,02% rispetto al caso con tre comunità (senza triplicare la produzione fotovoltaica), con 10 comunità il costo aumenta del 0,07%, con 15 comunità l'aumento è del 0,15%, che diventa pari allo 0,52% con 20 comunità.

Questo risultato è ragionevole perché all'aumentare del numero delle comunità, diminuiscono le opportunità di scambio fra gli utenti all'interno della stessa comunità. Tuttavia, l'estensione della rete considerata è talmente ampia che un'apprezzabile diminuzione dei vantaggi per le comunità si verifica solo quando nella stessa rete sono presenti decine di comunità.

9. La Missione dell'Unione Europea "100 città intelligenti e a impatto climatico zero entro il 2030" riconosce nelle città il fulcro della trasformazione climatica e digitale. In questo contesto, le comunità energetiche si inseriscono come una delle strategie possibili per promuovere la partecipazione attiva dei cittadini, ottimizzare l'autoconsumo locale di energia da fonti rinnovabili e ridurre la dipendenza dalla rete di trasmissione. Le comunità energetiche, per quanto promettenti, rappresentano solo una delle molteplici soluzioni necessarie per raggiungere la neutralità climatica. La transizione energetica richiede infatti un approccio integrato e diversificato, fondato su una pluralità di tecnologie, vettori energetici, modelli di *governance* e strumenti regolatori. L'elettrificazione dei consumi, l'efficienza energetica, l'integrazione settoriale, l'uso di idrogeno verde e lo sviluppo di reti intelligenti sono tutti tasselli complementari di una trasformazione sistemica che va ben oltre la sola dimensione locale.

Attraverso l'analisi tecnico-economica delle comunità energetiche, supportata da modelli di ottimizzazione e casi di studio realistici, il capitolo mostra come queste possano contribuire efficacemente alla riduzione dei costi, all'incremento dell'efficienza e alla valorizzazione delle risorse energetiche distribuite. Ma il loro impatto sarà tanto più significativo quanto più saranno inserite in una strategia più ampia, capace di armonizzare politiche energetiche, pianificazione urbana e innovazione tecnologica su scala nazionale ed europea.

In particolare, nella parte del capitolo dedicata alle comunità energetiche, è descritta una procedura di programmazione per il giorno successivo per più comunità energetiche connesse alla stessa rete di distribuzione. Ogni utente è libero di unirsi a una comunità e scegliere il proprio rivenditore di elettricità. L'ottimizzazione calcola i prezzi delle transazioni interne usando i prezzi ombra dei vincoli di bilanciamento della potenza di ogni utente.

La procedura è applicata a un caso di studio basato su una rete reale di distribuzione a media tensione con 346 nodi, in un giorno estivo. I risultati mostrano che le transazioni interne riducono i costi di approvvigionamento rispetto ai casi senza di esse. Con più fornitori e diversi profili di prezzo, il modello assegna in modo ottimale la produzione interna per minimizzare i costi della comunità, in base alle condizioni di importazione ed esportazione. Il meccanismo di prezzo adottato garantisce che nessun utente sia svantaggiato e che i premi siano proporzionali al contributo dato alle transazioni interne. Quando il numero di comunità aumenta, i costi di approvvigionamento crescono perché diminuiscono le opportunità di scambio tra partecipanti.

In tutti i casi considerati, il tempo di calcolo resta contenuto a poche decine di secondi, il modello può essere usato in ottimizzazioni stocastiche per tenere conto dell'incertezza nella previsione della produzione e nel consumo.

Il modello può anche aiutare ad analizzare nuove installazioni di generazione e accumulo. Inoltre, può essere esteso per studiare i servizi di flessibilità per i gestori di rete. Le implicazioni socio-economiche non sono trattate in questo capitolo.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano Tohid Harighi per l'aiuto nello sviluppo del modello di ottimizzazione nell'ambito della collaborazione con INRETE DISTRIBUZIONE. Il lavoro presentato in questo capitolo è stato svolto nell'ambito del progetto PRIN 2022 "S.O.S. MOBILITY – Smart and/Or Sustainable Mobility: when is smart mobility sustainable for consumers and SMEs?" (CUP J53D23005210006) coordinato dalla professoressa Chiara Alvisi.

Bibliografia

- [1] TILCHE A., BASILE F.L., TORSELLO M. (a cura di) (2023), *Le città a impatto climatico zero. Strategie e politiche*, Il Mulino.
- [2] NUCCI C.A. (2023), *Neutralità climatica e transizione energetica: il ruolo delle città intelligenti e delle comunità energetiche* 119, Proceedings of the Academy of Sciences of Bologna, DOI: 10.30682/anphs2301.
- [3] BORGHETTI A., HARIGHI T., NUCCI C.A., GRADITI G., DI SOMMA M., CALIANO, M. (2024), *Integration of Multiple Energy Communities: Transaction Prices, Reactive Power Control, and Ancillary Services*, Book chapter in M. DI SOMMA, C. PAPADIMITRIOU, G. GRADITI, K. KOK (eds.), *Integrated Local Energy Communities*, Wiley, 2024 <https://doi.org/10.1002/9783527843282.ch9>.
- [4] BORGHETTI A., GRADITI G., HARIGHI T., LILLA S., NAPOLITANO F., NUCCI C.A., PREVEDI A., TOSSANI F. (2025), *How Can Energy Communities Be Part of the Urban Energy Transition?: A Focus on Electrical Perspectives*, in *IEEE Power and Energy Magazine*, vol. 23, n. 3, pp. 78-88, May-June 2025, doi: 10.1109/MPE.2025.3542755.

Verso le ADR del terzo millennio per i consumatori del mercato energetico? Alcuni spunti

Angela M. Felicetti

SOMMARIO: 1. Le CADR nel settore dell'energia tra Europa e Italia. – 2. I tre livelli nell'ordinamento italiano. – 3. Le CADR del (prossimo) futuro: l'integrazione dell'IA. – 4. Un'ipotesi di studio sulle negoziazioni paritetiche. – 5. Spunti conclusivi: orientare la rivoluzione delle CADR.

1. Tra le molteplici dimensioni giuridiche dell'ampio processo di transizione che investe il settore dell'energia, quella relativa ai meccanismi di risoluzione delle controversie tra imprese e utenti non gode della stessa notorietà di altre, che occupano invece il dibattito pubblico quotidiano. Tuttavia, la rivoluzione energetica, che incide sulla regolazione dei meccanismi di produzione, distribuzione e consumo dell'energia, sollecita forse un parallelo adeguamento degli strumenti di tutela degli utenti nell'ambito delle controversie con gli operatori¹, nonché una continua riflessione sull'effettività dei meccanismi di accesso alla giustizia offerti². In questa prospettiva, il presente contributo, muovendo dagli studi di diritto processuale sulle forme alternative di risoluzione delle controversie, si articola attorno al seguente quesito: come potranno adeguarsi i meccani-

¹ Per una panoramica dei meccanismi di tutela del consumatore energetico: L. RUGGERI, *La protezione del consumatore energetico nel quadro regolatorio italo-europeo*, in S. MONTICELLI, L. RUGGERI (a cura di), *La via italiana alle comunità energetiche*, Napoli, 2022, p. 11 ss.; M. GIOBBI, *Il consumatore energetico nel prisma del nuovo quadro regolatorio italo-eurounitario*, Napoli, 2021, *passim*; S. ZUCCARINO, *Il contratto "conformato" quale statuto normativo del mercato energetico*, Napoli, 2021, *passim*.

² Sull'accesso alla giustizia del consumatore energetico: N. CREUTZFELDT, C. GILL, M. CORNELIS, R. MCPHERSON (a cura di), *Access to Justice for Vulnerable and Energy-Poor Consumers: Just Energy?*, 2021, *passim* e spec. p. 30 ss.

smi stragiudiziali applicabili alle liti tra utenti e operatori del settore energetico al mutato contesto del terzo millennio?

L'acronimo CADR (*Consumer Alternative Dispute Resolution*) è correntemente impiegato per designare una varietà di metodi di composizione transattiva della lite basati sul consenso raggiunto tra professionista e consumatore³. Lo sviluppo delle CADR nel continente europeo è indissolubilmente legato alle iniziative dell'Unione europea, che ha promosso fin dagli anni Ottanta l'impiego di meccanismi stragiudiziali per la soluzione delle controversie dei consumatori⁴, nella prospettiva di favorire l'efficienza del mercato interno e la libera circolazione di merci e servizi. Con l'espansione del commercio transnazionale, l'interesse delle istituzioni europee per la composizione stragiudiziale delle liti si è progressivamente intensificato: già nella Raccomandazione 98/257/CE, la Commissione europea individuava le controversie tra consumatori e professionisti come particolarmente adatte a essere risolte fuori dalle aule giudiziarie, per ragioni di economicità, rapidità e proporzionalità del mezzo rispetto al valore della controversia⁵.

A latere delle pervasive iniziative di diritto sostanziale portate avanti dall'UE per la tutela dei consumatori⁶, il tema degli strumenti procedurali finalizzati alla

³ Rileva che nella materia consumeristica la regolamentazione e la diffusione degli strumenti di ADR ha seguito uno sviluppo a sé stante: G. GIOIA, *L'uniforme regolamentazione della risoluzione alternativa delle controversie con i consumatori*, in *Contratto e impresa*, 2016, p. 507 e analogamente: O. DESIATO, *Adr in materia di rapporti di consumo e l'opera di armonizzazione ancora a metà del guado*, in *Judicium*, 2023. Sul tema in prospettiva europea: C. HODGES, I. BENÖHR, N. CREUTZFELDT, *Consumer-to-business dispute resolution: The power of CADR*, in *ERA Forum*, 2012, p. 199 ss.; N. CREUTZFELDT, *The origins and evolution of consumer dispute resolution systems in Europe*, in C. HODGES, M. STADLER (a cura di), *Resolving Mass Disputes: ADR and Settlement of Mass Claims*, Cheltenham, 2013, pp. 223-245; S. WRBKA, *European Consumer Access to Justice Revisited*, Cambridge, 2014, *passim*; B. WARWAS, *Access to Privatized Consumer Justice: Arbitration, ADR, and the Future of Value-Oriented Justice in the EU*, in L. CADIET, B. HESS, M. REQUEJO ISIDRO (a cura di), *Privatizing Dispute Resolution*, Baden-Baden, 2019, p. 325 ss.

⁴ Per un commento alle prime iniziative comunitarie sul tema nella prospettiva della dottrina italiana: F. DANOVÌ, *Le ADR (Alternative Dispute Resolutions) e le iniziative dell'Unione europea*, in *Giurisprudenza italiana*, 1997, IV, p. 326 ss.; E. MINERVINI, *La proposta di direttiva comunitaria sulla conciliazione in materia civile e commerciale*, in *Contratto e impresa/Europa* 2005, p. 427 ss.; M.F. GHIRGA, *Conciliazione e mediazione alla luce della Proposta di Direttiva europea*, in *Rivista di diritto processuale civile*, 2006, p. 463 ss.; E. APPIANO, *I sistemi ADR nell'ottica del legislatore comunitario*, in *Contratto e impresa/Europa*, 2009, p. 59 ss.

⁵ Raccomandazione della Commissione 98/257/CE, del 30 marzo 1998, riguardante i principi applicabili agli organi responsabili per la risoluzione extragiudiziale delle controversie in materia di consumo, in GUCE, 17 aprile 1998, L 115/31, pp. 31-34. V. anche: Raccomandazione 2001/310/CE della Commissione del 4 aprile 2001 sui principi applicabili agli organi extragiudiziali che partecipano alla risoluzione consensuale delle controversie in materia di consumo, in GUCE, 19 aprile 2001, L 109/56, pp. 56-61 e Libro Verde della Commissione, *L'accesso dei consumatori alla giustizia e la risoluzione delle controversie in materia di consumo nell'ambito del mercato unico*, 16 novembre 1993, COM (93) 576.

⁶ Sul diritto dei consumatori di derivazione europea, si rinvia, senza pretesa di esaustività: P. PERLINGIERI, *La tutela del consumatore nella Costituzione e nel Trattato di Amsterdam*, in P. PERLINGIERI, E. CATERINI (a cura di), *Il diritto dei consumi*, Napoli, 2005, p. 18 ss.; G. ALPA, *Il diritto dei consumatori*, Bari,

risoluzione delle liti con i professionisti è stato a lungo trattato in maniera frammentaria, ossia attraverso disposizioni settoriali. Sono un esempio di questo approccio disorganico proprio le norme sulla composizione stragiudiziale delle controversie già contenute nelle Direttive del 2009 in tema di mercato interno dell'energia e del gas naturale⁷.

Solo con la Dir. 2013/11/EU il legislatore di Bruxelles perveniva a una disciplina organica e generalista delle CADR, che offre una cornice regolamentare comune a tutti gli Stati membri sulla qualità, l'indipendenza e l'accessibilità degli organismi che offrono procedure di risoluzione stragiudiziale delle liti di consumo⁸. La dottrina ha analizzato ampiamente le difficoltà sorte nell'implementazione della normativa a livello nazionale – sia in Italia che in molti altri Paesi dell'Unione⁹. In un simile quadro di difficoltosa attuazione, trascorso appena un decennio dall'emanazione della Dir. 2013/11/EU, la Commissione europea ne ha presentato una proposta di riforma¹⁰. La recentissima Dir. 2025/2647/

2002; G. ALPA, A. CATRICALÀ, *Il diritto dei consumatori*, Bologna, 2016; G. DE CRISTOFARO, *Commentario breve al diritto dei consumatori*, Padova, 2013; E. MINERVINI, *Dei contratti del consumatore in generale*, Torino, 2014; A.M. MANCALEONI, *I contratti con i consumatori tra diritto comunitario e diritto comune europeo*, Napoli, 2005; N. ZORZI GALGANO, *Il contratto di consumo e la libertà del consumatore*, in *Trattato di diritto commerciale e diritto pubblico dell'economia*, diretto da F. GALGANO, LXII, Padova, 2012. Per un excursus sull'evoluzione della normativa comprensivo degli ultimi sviluppi: S. PERUGINI, *La normativa comunitaria*, in G. CASSANO, M. DONA, R. TORINO, *Il diritto dei consumatori*, Milano, 2021, p. 27 ss.

⁷ Le CADR sono citate in varie disposizioni della Dir. 2009/72/CE del 13 luglio 2009, relativa a norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica in Gazz. Uff. Un. eur., 14.08.2008, L 211/55, e della Dir. 2009/73/CE del 13 luglio 2009, relativa a norme comuni per il mercato interno del gas naturale, in Gazz. Uff. Un. eur., L 211/94. In argomento N. SCANNICCHIO, *Accesso alla giustizia e attuazione dei diritti*, Torino, 2015, pp. 57-60.

⁸ Dir. 2013/11/UE del 21 maggio 2013 sulla risoluzione alternativa delle controversie dei consumatori, in Gazz. Uff. Un. eur., 18 giugno 2013, L 165/63, p. 63-79. Per un commento: M. STURNER, F. GASCÓN INCHAUSTI, R. CAPONI (a cura di), *The Role of Consumer ADR in the Administration of Justice: New Trends in Access to Justice under EU Directive 2013/11*, Berlino, 2015, *passim*.

⁹ In tema di implementazione, anche in prospettiva comparata: E. GABELLINI, *L'attuazione della direttiva relative alle ADR di consumo negli Stati europei: una breve panoramica*, in *Rivista dell'arbitrato*, 2018, p. 409 ss.; N. SCANNICCHIO, *La falsa attuazione della finta Direttiva per l'ADR di consumo in Italia. Un caso di studio sulla tutela di diritti individuali tramite poteri di regolazione*, in *Contratto e Impresa*, 2019, p. 971 ss.; J. MORAIS CARVALHO, C. NEMETH, *Implementation of the Consumer ADR Directive in the EU Member States*, in *Journal of European Consumer and Market Law*, 2018, p. 81 ss.; C. HODGES, *Consumer alternative dispute resolution*, in B. HESS, S. LAW (a cura di), *Implementing EU consumer rights by National Procedural Law*, cit., p. 177 ss. Più di recente, per una comparazione tra Francia, Belgio, Estonia, Inghilterra, Germania e Lussemburgo: S. LAW, V. RICHARD (a cura di), *Public and Private Enforcement of Consumer Law*, Oxford, 2021, *passim*.

¹⁰ La proposta di riforma è culminata con l'emanazione della Dir. 2025/2647/UE del 16 dicembre 2025 che modifica la direttiva 2013/11/UE, sulla risoluzione alternativa delle controversie dei consumatori, e che modifica le direttive (UE) 2015/2302, (UE) 2019/2161 e (UE) 2020/1828 a seguito della dismissione della piattaforma europea per la risoluzione delle controversie online, in Gazz. Uff. Un. eur., 30.12.2025, L 1/14. Il legislatore europeo aveva altresì deciso l'abrogazione del regolamento che istituisce la piattaforma

EU opera alcune modifiche alle regole europee per le CADR e mira a colmare le lacune riscontrate nella prassi applicativa: tra queste, in particolare, la scarsa conoscenza del sistema delle CADR da parte di consumatori e imprese, la bassa adesione alle procedure da parte degli operatori economici e la qualità disomogenea degli organismi preposti alla gestione delle liti nei vari Stati membri dell'UE e nei vari settori del consumo. Un'altra finalità del tentativo di riforma è aggiornare i meccanismi CADR al contesto odierno, caratterizzato dalla frequenza esponenziale di acquisti di beni o servizi *online*¹¹, nonché dalle nuove dinamiche dell'economia delle grandi piattaforme digitali¹². Tra le principali novità contenute nella proposta figurano, ad esempio, l'estensione del campo di applicazione materiale alle pratiche commerciali scorrette e il rafforzamento dell'accessibilità per i consumatori vulnerabili nei mercati digitali.

In attesa del recepimento nei singoli Stati membri della riforma, atteso entro marzo 2028, la disciplina di diritto euro-unitario della risoluzione extragiudiziale delle controversie dei consumatori nel settore dell'energia appare essa stessa in continua evoluzione¹³. Tra le disposizioni attualmente vigenti si segnalano: l'art. 26 della Dir. 2019/944 sul mercato dell'energia elettrica¹⁴; l'art. 25 della Dir. 2024/1788 sul mercato del gas¹⁵; l'art. 22, comma 8, della Dir.

ODR della Commissione EU, cfr. Reg. UE n. 3228/2024, che abroga il Reg. (UE) n. 524/2013 e modifica i regolamenti (UE) 2017/2394 e (UE) 2018/1724 per quanto riguarda la dismissione della piattaforma europea per la risoluzione delle controversie *online*, in Gazz. Uff. Un. eur., 30 dicembre 2024, L 1, 1-3. La piattaforma ODR non ha tuttavia mai raggiunto i risultati sperati in termini di numero di reclami trattati, così che il legislatore ne ha recentemente deciso la dismissione. In argomento S. DALLA BONTÀ, *Una giustizia "co-esistenziale" nello spazio giuridico europeo? Spunti critici sul pacchetto ADR-ODR per i consumatori*, in *Giustizia Consensuale*, 2021, p. 191 ss.; N. COLOMBO, *What we talk about when we talk about consumer odr: the EU odr Regulation and its preliminary lessons*, in *International Journal of Procedural Law*, 2021, p. 256 ss.

¹¹ L'art. 2 Dir. 2013/11/UE, come modificato, amplia l'ambito oggettivo di applicazione delle CADR, includendovi espressamente le controversie relative alla fornitura di contenuti e servizi digitali, anche quando i dati personali costituiscano la controprestazione, nonché le liti derivanti da obbligazioni precontrattuali nei rapporti tra consumatori e professionisti.

¹² La riforma incide altresì sull'ambito soggettivo di applicazione della direttiva, estendendo le CADR alle controversie tra consumatori residenti nell'UE e professionisti stabiliti in Paesi terzi che dirigano la propria attività verso uno Stato membro, ferma la facoltà degli ordinamenti nazionali di subordinare la partecipazione di tali professionisti al rispetto di condizioni specifiche, quali il consenso all'applicazione del diritto dello Stato di residenza del consumatore.

¹³ Di recente, in argomento: S. SUPINO, B. VOLTAGGIO, *Access to Justice for Vulnerable and Energy-Poor Consumers in Italy: Policy Measures and the Role of ADR*, in N. CREUTZFELDT, C. GILL, M. CORNELIS, R. MCPHERSON (a cura di), *Access to Justice for Vulnerable and Energy-Poor Consumers*, cit., p. 257 ss.

¹⁴ Direttiva (UE) 2019/944 del 5 giugno 2019 relativa a norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica e che modifica la Dir. 2012/27/UE (rifusione), in Gazz. Uff. Un. Eur., 14.6.2019, L 158/125.

¹⁵ Dir. (UE) 2024/1788 del 13 giugno 2024 relativa a norme comuni per i mercati interni del gas rinnovabile, del gas naturale e dell'idrogeno, che modifica la Dir. (UE) 2023/1791 e che abroga la Dir. 2009/73/CE, in Gazz. Uff. Un. Eur., 15 luglio 2024, L 107/1.

2023/1791 sull'efficienza energetica¹⁶. Un elemento comune alle norme citate è il rinvio agli standard di qualità previsti per le CADR dalla Dir. 2013/11/UE. Inoltre, tutte impongono la partecipazione obbligatoria delle imprese ai meccanismi CADR, salvo eccezioni debitamente giustificate nelle normative di attuazione dei singoli Stati membri. Le disposizioni mirano a garantire un'effettiva tutela dei diritti dei consumatori anche nei nuovi scenari di transizione energetica e digitalizzazione del mercato¹⁷. La loro attuazione è stata recentemente fotografata da un report dedicato ai meccanismi di risoluzione stragiudiziale delle liti nel settore dell'energia pubblicato dal *Bureau Européen des Unions de Consommateurs* (BEUC)¹⁸. La relazione rivela un quadro frammentato e spesso inadeguato rispetto agli obiettivi di accessibilità, efficacia e inclusività posti dalla normativa UE. Sebbene le citate Direttive prevedano l'istituzione di meccanismi di tutela stragiudiziale, la loro attuazione pratica è valutata spesso come parziale, con il risultato che molti consumatori restano privi di strumenti per risolvere controversie legate alla fornitura energetica. Il report segnala che, in molti casi, gli organismi esistenti, come gli *ombudsman* nazionali o le autorità di regolazione, hanno risorse limitate rispetto al numero di casi e non riescono a gestire efficacemente le controversie che coinvolgono fornitori minori o soggetti emergenti nel mercato dell'energia, quali gli aggregatori, le imprese che offrono servizi di comparazione prezzi o gli installatori di tecnologie rinnovabili.

2. Volgendo lo sguardo al panorama italiano delle CADR per le controversie in materia di energia, si osserva un sistema multilivello, esito dell'interazione tra le fonti europee, la preesistente disciplina nazionale e le prassi commerciali consolidate negli anni. L'architettura del sistema è rappresentato dall'obbligo di esperire un tentativo di conciliazione quale condizione di procedibilità dell'azione giudiziale relativa a controversie che rientrano nell'ambito di competenza dell'Autorità di Regolazione per Energia, Reti e Ambiente (ARERA, già AEEG)¹⁹. L'obbligo, originariamente introdotto dall'art. 2, comma 24, lett. b), della l. n. 481 del 1995, è stato successivamente ribadito e coordinato con la

¹⁶ Dir. (UE) 2023/1791 del 13 settembre 2023 sull'efficienza energetica e che modifica il Reg. (UE) 2023/955, in Gazz. Uff. Un. Eur., 20 settembre 2023, L 231/1.

¹⁷ V. CAPPELLI, *Il mercato dell'energia alla prova della "sharing economy"*, in *Nuova giurisprudenza civile commentata*, 2020, p. 1390 ss.

¹⁸ BEUC, *Consumers should always have access to ADR in energy*, 24.04.2023, disponibile presso: <https://www.beuc.eu/tools/consumers-should-always-have-access-alternative-dispute-resolution-energy-do-they>.

¹⁹ In argomento, diffusamente: M. RAMAJOLI, *Tutele differenziate nei settori regolati*, in *Rivista della Regolazione dei Mercati*, 2015, p. 6 ss. e spec. p. 32 ss.

disciplina della risoluzione stragiudiziale delle controversie di consumo all'interno dell'art. 141, comma 6, lett. c), cod. cons.²⁰.

Posta la propedeuticità del tentativo di risoluzione stragiudiziale per la proponibilità della domanda giudiziale²¹, i meccanismi CADR applicabili alle liti del settore energetico in Italia possono essere ricondotti a tre livelli funzionali, distinti ma tra loro complementari e coordinati²². Il primo livello, di stampo generalista, è costituito dagli enti CADR che operano ai sensi degli artt. 141 ss. cod. cons. Quando iscritti nell'elenco tenuto da ARERA, questi possono occuparsi anche di controversie nel settore dell'energia, assolvendo all'obbligo di conciliazione pre-processuale. Il secondo livello settoriale, in cui opera direttamente l'autorità di regolazione, è costituito dal Servizio Conciliazione di ARERA²³. Infine, il terzo livello è incentrato sulle negoziazioni paritetiche disciplinate da protocolli bilaterali tra imprese del mercato energetico e associazioni dei consumatori.

Il primo livello trova fondamento nella disciplina generalista delle CADR del Titolo II-*bis* della Parte V del Codice del consumo, che recepisce nell'ordinamento italiano la citata Dir. 2013/11/UE. Gli organismi CADR che operano in tutti gli ambiti delle liti di consumo possono richiedere l'iscrizione nell'elenco tenuto da ARERA. Tra i circa 40 enti attualmente iscritti figurano soprattutto organismi di mediazione civile e commerciale istituiti ai sensi del d.lgs. 28 del 2010, che offrono tariffari agevolati per i consumatori che attivano procedu-

²⁰ L'art. 141, comma 6, lett. c), cod. cons. fa salva l'obbligatorietà del tentativo di conciliazione nei settori in cui tale vincolo era già previsto per legge, incluso quello dell'energia.

²¹ Com'è noto questa impostazione ha ricevuto il *placet* della giurisprudenza europea in: Corte giust. UE, 18 marzo 2010, cause riunite C-317/08, C-318/08, C-319/08 e C-320/08, Alassini, con nota di C. BESSO, *Obbligatorietà del tentativo di conciliazione e diritto all'effettività della tutela giurisdizionale*, in *Giurisprudenza italiana*, 2010, p. 2585 ss.; J. DAVIES, E. SZYSZCZAK, *ADR: effective protection of consumer rights?*, in *European Law Review*, 2010, pp. 695-706. Il caso ha riguardato il recepimento in Italia della Dir. 2002/22/CE in materia di servizi di comunicazione elettronica e la previsione di un tentativo obbligatorio di conciliazione extragiudiziale quale condizione di procedibilità dei ricorsi giurisdizionali in talune controversie tra operatori e utilizzatori finali. La Corte ha affermato il significativo principio per cui nulla osta a una normativa nazionale che imponga anche al consumatore una procedura a.d.r. non aggiudicativa quale condizione per l'esperimento di future azioni giudiziali a condizione che tale procedura non comporti ritardi e costi ingenti, che sia accessibile anche con modalità diverse da quelle elettroniche e che comunque sia possibile ottenere provvedimenti anticipatori urgenti.

²² Propone questa lettura multilivello N. SCANNICCHIO, *Accesso alla giustizia e attuazione dei diritti*, cit., pp. 57-60; concorde anche M. FARINA, *Sub art. 141*, in E. CAPOBIANCO, L. MEZZASOMA, G. PERLINGIERI, *Codice del consumo annotato con la dottrina e la giurisprudenza*, Napoli, 2018, p. 800.

²³ Sul ruolo delle *authorities* già: P. PERLINGIERI (a cura di), *Authorities e tutela della persona*, Napoli, 1999, *passim*. In tema di *authorities* e ADR: M. RAMAJOLI, *ADR presso le autorità indipendenti*, in F. DANOVI, F. FERRARI (a cura di), *ADR. Una giustizia complementare*, Milano, 2018, p. 253 ss.; G. ZARRA, *Le decisioni delle autorità amministrative indipendenti nelle controversie tra utenti e imprese*, in D. MANTUCCI (a cura di), *Trattato di diritto dell'arbitrato*, vol. XIV, Napoli, 2020, pp. 347 ss. e spec. p. 355 ss.; G. CILIBERTI, *Le ADR delle autorità indipendenti: tra tutela effettiva dei consumatori e deflazione del contenzioso giudiziale*, Milano, 2023, *passim*.

re in materia di energia. Anche le Camere di Commercio, tramite un'apposita convenzione sottoscritta da ARERA e Unioncamere, sono abilitate a svolgere procedure CADR nel settore dell'energia. Il procedimento di CADR dinanzi alle Camere fa applicazione del Regolamento Unico Unioncamere con specificità previste dalla convenzione stessa, quali ad esempio un tariffario ridotto per i consumatori. Infine, sono iscritti all'elenco ARERA anche organismi di conciliazione connessi ad aziende erogatrici di servizi energetici, che operano secondo gli standard richiesti dal Codice del Consumo.

Il secondo livello del sistema nazionale delle CADR per l'energia, che attua le succitate disposizioni euro-unitarie, è gestito direttamente da ARERA. L'Autorità ha completato nel 2012 un complesso e lungo processo di implementazione del proprio Servizio Conciliazione²⁴, oggi disciplinato dalla Deliberazione 209/2016/E/com (Testo Integrato Conciliazione – TICO) e successive modifiche²⁵. La conciliazione presso ARERA è una procedura stragiudiziale gratuita, messa a disposizione dei clienti finali dei settori regolati dall'Autorità per la risoluzione delle controversie con le imprese fornitrici²⁶. Ai sensi del TICO, la procedura è obbligatoria per i gestori nei settori soggetti alla regolazione dell'Autorità. Ciò significa che il fornitore non può rifiutare di partecipare alla conciliazione se la controversia riguarda servizi o forniture coperti dalla regolazione ARERA. Per i consumatori, invece, l'adesione è facoltativa, fermo restando l'obbligo di assolvere la condizione di procedibilità per future domande giudiziali. La conciliazione può essere avviata dopo la presentazione di un reclamo da parte dell'utente al proprio fornitore e solo quando il primo ottiene un riscontro negativo sul reclamo o il secondo omette di rispondere entro 40 giorni. L'intero procedimento si svolge sulla piattaforma *online* messa a disposizione da ARERA, uno «spazio virtuale» dove le parti possono caricare documentazione, formulare proposte e partecipare a incontri telematici, gestiti da un conciliatore esperto e imparziale. Il conciliatore non decide la controversia né impone soluzioni, ma può formulare una proposta finalizzata a raggiungere un

²⁴ Istituzione della conciliazione ARERA, Deliberazione 21 giugno 2012, 260/2012/E/com integrata e modificata dalla deliberazione 15 novembre 2012, 475/2012/E/com, 7 marzo 2013, 93/2013/E/com, 11 dicembre 2014, 605/2014/E/com e 17 dicembre 2015, 620/2015/E/com.

²⁵ Ora Testo Integrato della Conciliazione (TICO) in vigore dal 1° gennaio 2017 e a più riprese modificato.

²⁶ L'ambito di applicazione del Servizio Conciliazione e lo spettro delle controversie di consumo ammissibile è in continua espansione. Negli anni recenti il Servizio ha cominciato a gestire controversie che coinvolgono *prosumer* e configurazioni di autoconsumo diffuso, come le comunità energetiche. Nel 2023 BEUC segnalava come l'implementazione in Italia di alcune norme europee avesse finito per restringere indebitamente l'ampiezza delle dispute gestite da ARERA. Venivano segnalate in particolare controversie relative alle informazioni pre-contrattuali rese disponibili al cliente dal fornitore di gas ed energia, nonché all'impiego di strumenti di comparazione dei prezzi nel mercato dell'energia.

accordo tra le parti. All'esito della procedura, l'accordo eventualmente raggiunto ha valore di titolo esecutivo e produce effetti obbligatori tra le parti. Se non si raggiunge una soluzione consensuale, il consumatore è libero di rivolgersi all'autorità giudiziaria o a un altro meccanismo ADR. I dati relativi all'attività del Servizio Conciliazione pubblicati dall'Autorità dimostrano che il numero di casi gestiti è in continuo aumento, con quasi 30.000 controversie relative al settore dell'energia nell'arco del 2024, di cui circa il 60% si è concluso positivamente²⁷.

Infine, il terzo livello del sistema italiano di CADR nell'energia è rappresentato dalle negoziazioni paritetiche²⁸, definite in passato anche «conciliazioni» paritetiche. Tali procedure, dopo la riforma del Titolo II-*bis*, sono state riconosciute e disciplinate dall'art. 141-*ter* cod. cons.²⁹. La negoziazione paritetica si basa su protocolli di intesa sottoscritti tra l'impresa e almeno un terzo delle associazioni dei consumatori iscritte all'elenco ministeriale previsto dall'art. 137 cod. cons. La gestione della controversia è affidata a una commissione composta da due rappresentanti paritetici, uno designato dall'impresa e l'altro dall'associazione dei consumatori alla quale il cliente ha aderito. Le parti non partecipano direttamente alla negoziazione: i loro interessi sono rappresentati dai due componenti della commissione, che si confrontano per individuare una soluzione condivisa. Il rappresentante sottoporà una proposta di accordo al consumatore, che è libero di accettare o meno. L'impresa, invece, è automaticamente vincolata all'accordo se il consumatore aderisce³⁰.

Come osservato in dottrina, è improprio parlare di «conciliazione» in senso stretto, poiché manca la figura del terzo neutrale e imparziale, caratteristica fondamentale della conciliazione secondo l'ordinamento italiano³¹. La procedura, pertanto, assume più propriamente le caratteristiche di una negoziazione strutturata, condotta da soggetti che non sono direttamente portatori degli

²⁷ ARERA, Relazione annuale della attività, anno 2024 – Servizio conciliazione, disponibile presso: <https://www.arera.it/fileadmin/allegati/consumatori/conciliazione/reconciliazione24.pdf>.

²⁸ In argomento si rinvia alla comprensiva analisi dell'istituto offerta da: E. MINERVINI, *Le negoziazioni paritetiche tra prassi e norme*, in *Le nuove leggi civili commentate*, 2018, p. 81 ss. Per dottrina più risalente: F.P. LUISO, *La conciliazione nel quadro della tutela dei diritti*, in *Riv. trim. dir. proc. civ.*, 2004, p. 1201; R. CAPONI, *La conciliazione stragiudiziale come metodo di ADR* (Alternative Dispute Resolution), in *Il Foro Italiano*, 2003, p. 169 ss.; G. ROMUALDI, *La conciliazione amministrata: esperienze e tendenze in Italia*, in *Il Foro Italiano*, 2005, p. 420 ss.; ID., *La conciliazione amministrata dalle Camere di Commercio*, in S. GIACOMELLI (a cura di), *La via della conciliazione*, Milano, 2003, p. 152 ss.

²⁹ Per un commento: A. MAGLIULO, *Sub art. 141-ter*, in V. CUFFARO, A. BARBA, A. BARENGHI, *Codice del consumo e norme collegate*, Milano, 2023, p. 1223; A. FACHECHI, *Sub art. 141-ter*, in E. CAPOBIANCO, L. MEZZASOMA, G. PERLINGIERI, *Codice del consumo annotato con la dottrina e la giurisprudenza*, Napoli, 2018, p. 739 ss.

³⁰ E. MINERVINI, *Le negoziazioni paritetiche tra prassi e norme*, cit., p. 90.

³¹ Così S. IANNICELLI, *La conciliazione stragiudiziale delle controversie*, in *Obbligazioni e contratti*, 2008, p. 147. Conformemente anche N. SCANNICCHIO, *Accesso alla giustizia e attuazione dei diritti*, cit., p. 78.

interessi in conflitto. Affinché una negoziazione paritetica possa essere riconosciuta come CADR, devono essere rispettati rigorosi requisiti di indipendenza e imparzialità: la nomina dei componenti della commissione deve avvenire con modalità trasparenti; l'incarico deve avere una durata non inferiore a tre anni; sono esclusi rapporti di lavoro o finanziamento reciproco tra rappresentanti delle parti; inoltre, è richiesta una chiara separazione giuridica, organizzativa e finanziaria tra l'organismo che gestisce la procedura e l'impresa coinvolta³². Tali caratteristiche, finalizzate a garantire l'autonomia e l'equilibrio del procedimento, giustificano l'inclusione di alcuni organismi che offrono negoziazioni paritetiche nell'elenco ufficiale delle CADR accreditate presso ARERA, in quanto enti che operano anch'essi ai sensi del Codice del Consumo.

I tre livelli di CADR del settore dell'energia appena descritti non si pongono in rapporto gerarchico, ma operano come alternative regolate. L'art. 3 del TICO prevede che il tentativo obbligatorio possa essere svolto anche presso organismi CADR accreditati diversi da ARERA, come le Camere di Commercio, gli organismi di mediazione o le strutture che gestiscono negoziazioni paritetiche. Tuttavia, solo per le procedure presso il Servizio Conciliazione ARERA è imposto alle imprese del settore l'obbligo di partecipazione³³.

3. Per svolgere alcune considerazioni in vista di possibili evoluzioni degli strumenti CADR nelle controversie dell'energia, occorre iniziare con una constatazione sulla prassi attuale. Le imprese del settore energetico, così come gli operatori di molti altri settori, fanno già ampio uso di intelligenza artificiale (di seguito anche "IA") nella gestione dei reclami provenienti dagli utenti. L'impiego di *chatbot*, sistemi di analisi automatica del linguaggio naturale, di modelli predittivi e di tecniche di classificazione automatizzata consente, alle imprese di intercettare rapidamente i problemi ricorrenti, formulare risposte standardizzate e, in alcuni casi, proporre soluzioni conciliative. Sebbene questi strumenti siano attualmente utilizzati in una fase di primo contatto diretto tra operatori e clienti (quindi precedente rispetto all'attivazione di una procedura CADR), essi dimostrano come il settore energetico sia già fortemente predisposto all'integrazione dell'IA.

³² Osserva che nella prospettiva di qualificare come CADR procedure come la negoziazione paritetica occorre verificare che la dipendenza economica dell'ente dalle imprese non può accompagnarsi anche a una dipendenza funzionale: F.P. LUISO, *La Direttiva 2013/11/UE, sulla risoluzione alternativa delle controversie dei consumatori*, in *Rivista trimestrale di diritto e procedura civile*, 2014, p. 1304.

³³ La Delibera ARERA 21 settembre 2017 639/2017/E/com prevede che in caso di mancata partecipazione di operatori e gestori, il cliente possa richiedere all'Autorità l'avvio di una procedura decisoria. In caso di accoglimento delle pretese del consumatore, la mancata ottemperanza dell'operatore o del gestore alla decisione entro il termine stabilito costituisce violazione sanzionabile ai sensi dell'art. 2, comma 20, lettera c), della l. 14 novembre 1995, n. 481.

In generale, la dottrina si sta interrogando da alcuni anni sulle potenzialità e sui limiti dell'utilizzo delle nuove tecnologie del *web* e dell'intelligenza artificiale nella risoluzione stragiudiziale delle controversie³⁴. La riflessione si sviluppa essenzialmente lungo due direttrici principali: da un lato, quella dell'impiego dell'IA come supporto nella ricerca di soluzioni negoziali della lite³⁵; dall'altro, l'ipotesi della creazione di nuovi strumenti di risoluzione automatizzata e decentralizzata delle controversie, come quelli fondati sulle tecnologie *blockchain* e sugli *smart contracts*. Il presente contributo si limiterà ad alcuni spunti attinenti al primo profilo. Per il secondo, di notevole interesse per il mercato energetico e, in particolare, per la composizione delle controversie interne alle comunità energetiche, si rinvia invece alle esaustive trattazioni già offerte dalla dottrina³⁶.

Nel settore energetico, caratterizzato da relazioni contrattuali standardizzate e da un'elevata ricorrenza di reclami tecnicamente omogenei, l'integrazione di *tool* di intelligenza artificiale nei meccanismi di risoluzione alternativa delle controversie non è una prospettiva futuribile, ma una possibilità già concretamente attuabile. Tuttavia, l'implementazione di simili innovazioni richiede una riflessione attenta sulle garanzie procedurali, in particolare con riferimento alla trasparenza e all'equità del procedimento, nonché all'effettività del controllo umano. A livello normativo, è noto come il Regolamento europeo sull'intelligenza artificiale del 2024 (di seguito anche "Regolamento IA")³⁷ abbia acceso i riflettori sull'utilizzo dei sistemi di IA nell'amministrazione della giustizia. Tali sistemi, insieme a molti altri, sono categorizzati come «ad alto rischio» e circondati da obblighi e garanzie rafforzate contro i potenziali effetti dannosi sulla

³⁴ Viene frequentemente impiegato il termine *online dispute resolution* (ODR) da questa letteratura. Di recente: A. SCHMITZ, *Evolution and Emerging Issues in Consumer Online Dispute Resolution (ODR)*, in N.S. ELVY, S.A. KIM (a cura di), *The Cambridge Handbook of Emerging Issues at the Intersection of Commercial Law and Technology*, Cambridge, 2025, p. 436 ss.; D.L. EVANS, S. GUILLON, R. LOSEY, V. WASHINGTON, L.G. YANCEY, *Dispute resolution enhanced: how arbitrators and mediators can harness generative AI*, in *Dispute Resolution Journal*, 2024, p. 57 ss.; C. PILIA, *L'intelligenza artificiale e la mediazione nei sistemi ADR/ODR*, in R. GIORDANO, A. PANZAROLA, A. POLICE, S. PREZIOSI, M. PROTO (a cura di), *Il diritto nell'era digitale: persona, mercato, amministrazione e giustizia*, Milano, 2022, p. 857 ss.; J. HIBAB, *The role of Artificial Intelligence in Online Dispute Resolution: A brief and critical overview*, in *Information & Communications Technology Law*, 2022, p. 319 ss.; O. RABINOVICH-EINY, E. KATSH, *Artificial Intelligence and the future of dispute resolution: the age of AI-DR*, in D. RAINEY, E. KATSH, M. ABDEL WAHAB (a cura di), *Online dispute resolution: theory and practice*, The Hague, 2021, p. 471 ss.

³⁵ In argomento, *ex multis*: J. ZELEZNIKOW, *Using Artificial Intelligence to provide Intelligent Dispute Resolution Support*, in *Group Decision and Negotiation*, 2021, p. 789 ss.

³⁶ Sul tema, per tutti: M. MAUGERI, *Smart contracts e disciplina dei contratti*, Bologna, 2021, p. 79 ss. che offre altresì un'articolata riflessione sui rimedi giudiziali e stragiudiziali delle controversie derivanti dai contratti *smart* dell'energia.

³⁷ Reg. UE n. 2024/1689, del 13 giugno 2024, che stabilisce regole armonizzate sull'intelligenza artificiale (regolamento sull'Intelligenza Artificiale) in Gazz. Uff. Un. Eur., 12 luglio 2024, L 1/144.

sicurezza degli individui e sulla tutela dei diritti fondamentali sanciti dalla Carta di Nizza. In particolare, l'Allegato III del Regolamento IA pone l'accento su quei sistemi che l'autorità giudiziaria impiega direttamente o indirettamente «nella ricerca e nell'interpretazione dei fatti e del diritto e nell'applicazione della legge a una serie concreta di fatti» e su quelli «utilizzati in modo analogo nella risoluzione alternativa delle controversie»³⁸. L'approccio adottato dal legislatore euro-unitario impone, quindi, di comprendere in quali casi l'integrazione dell'intelligenza artificiale in meccanismi deputati alla risoluzione delle liti di consumo possa dare origine a un sistema «ad alto rischio». Secondo l'interpretazione più accreditata dell'Allegato III del Regolamento IA, tale qualificazione ricorre sempre quando l'IA è impiegata per assistere un'autorità giudiziaria (o un organismo pubblico di ADR) nella ricerca di fatti e nell'applicazione del diritto, in vista della formulazione di una decisione che abbia effetti giuridici vincolanti per le parti³⁹. Le CADR classificate «ad alto rischio», per cui sono applicabili gli obblighi previsti dal Regolamento IA sulle modalità di sviluppo del sistema IA, sul monitoraggio e sulla trasparenza, dovranno poi essere distinte dalla CADR «a rischio inaccettabile». Sono tali quelle procedure, alla luce degli enunciati contenuti nel considerando n. 61 del Regolamento IA, in cui è delegata al sistema di IA la funzione di assumere una decisione che ha direttamente effetti giuridici sulle parti. Il considerando n. 61 chiarisce, infatti, che «[l]'utilizzo di strumenti di IA può fornire sostegno al potere decisionale dei giudici o all'indipendenza del potere giudiziario, ma non dovrebbe sostituirlo: il processo decisionale finale deve rimanere un'attività a guida umana». Ciò dovrà valere, in maniera speculare, per l'attività decisionale portata avanti nell'ambito della procedura CADR.

Fuori dal perimetro del «rischio inaccettabile», l'impiego dell'IA per la risoluzione delle controversie dei consumatori impone le cautele necessarie a mantenere inalterate le garanzie procedurali. Non si potranno infatti escludere scenari

³⁸ Allegato III, art. 8, lett. a, Reg. IA. In Italia, la recente disciplina nazionale in materia di IA omette, invece, qualsiasi riferimento all'impiego dell'intelligenza artificiale nella risoluzione alternativa delle controversie: cfr. legge del 23 settembre 2025, n. 132 e in particolare l'art. 15, rubricato «Impiego dei sistemi di intelligenza artificiale nell'attività giudiziaria».

³⁹ In argomento: P. VOIGT, N. HULLEN, *The EU AI Act*, Heidelberg, 2024, pp. 66-67; A.E. VILALTA NICUESA, G.I. SALDAÑA, *AI-driven alternative and online dispute resolution in the European Union: An analysis of the legal framework and a proposed categorization*, in *Computer Law & Security Review*, 2025, pp. 7-8; S. DALLA BONTÀ, *Dalle ODR alle AI-DR alla luce dell'EU AI Act. Le sfide di una mediazione 'a trazione artificiale': panacea o anatema?*, in *Giustizia consensuale*, 2025 in corso di pubblicazione e che per gentile concessione dell'a. si è avuto la possibilità di consultare in anteprima. R. ABBOTT, B. ELLIOTT, *Putting artificial intelligence in alternative dispute resolution. How AI rules will become ADR rules*, in *Amicus Curiae*, 2023, p. 685 ss. e spec. p. 695 ss.

di rischio, connessi all'opacità di funzionamento o a possibili distorsioni informative. Si pensi, ad esempio, a un *chatbot* che simuli l'esito di una controversia o suggerisca soluzioni standardizzate. Quali problemi si pongono se il suo utilizzo condiziona significativamente la formazione del consenso del consumatore, per esempio alterando la percezione della vantaggiosità del contenuto della proposta conciliativa, o se le proposte sono affette da *bias* sistematici? Pertanto, occorre immaginare soluzioni tecnologiche in cui consumatori e professionisti siano informati in modo chiaro e preventivo su natura, funzione e rischi potenziali dell'impiego dell'IA, di modo da poter prestare un consenso libero ed effettivo. In questo senso sembra militare la riforma di fine 2025 della Dir. 2013/11/EU che, all'art. 5, par. 2, lett. d), introduce, per gli enti CADR che impiegano mezzi automatizzati nel processo decisionale, specifici obblighi di trasparenza e di controllo umano, imponendo la previa informazione delle parti circa l'uso di tali strumenti e riconoscendo loro il diritto di ottenere il riesame dell'esito della procedura da parte di una persona fisica in possesso dei requisiti di indipendenza, imparzialità e competenza previsti dall'art. 6 della Dir. 2013/11/EU. L'intervento di riforma, per come formulato, non appare tuttavia pienamente soddisfacente, poiché non consente di escludere che l'impiego dell'IA possa sostituire integralmente il coinvolgimento di una persona fisica nello svolgimento della procedura, come invece prescrive il Regolamento IA. Qualora, infatti, l'intervento della persona in possesso dei requisiti prescritti risulti confinato alle ipotesi di esercizio del diritto di riesame dell'esito, nei restanti casi in cui tale diritto non venga esercitato verrebbe meno un controllo effettivo sul processo decisionale, con il rischio di ricadere in ipotesi di decisione interamente automatizzata riconducibili alle pratiche a «rischio inaccettabile».

Da un punto di vista pratico, alcuni autori hanno postulato che l'impatto positivo dell'IA nelle procedure di ADR dipenda in larga parte dalla loro natura⁴⁰: questo varia a seconda che il procedimento sia di tipo facilitativo o valutativo⁴¹. Le ADR facilitative, come la mediazione civile o le conciliazioni presso le Camere di commercio, si fondano sulla relazione interpersonale tra le parti e il mediatore, che stimola la comunicazione, aiuta a chiarire i bisogni e guida verso

⁴⁰ Di recente: A. TRIOLO, *Tra decisione algoritmica e mediazione robotica*, in *Giustizia Consensuale*, 2024, pp. 601 ss. e spec. p. 622 ss.

⁴¹ La distinzione tra modelli valutativi e facilitativi trova riscontro nella normativa sulle CADR: lo stesso art. 2 della Dir. 2013/11/UE, infatti, identifica tre funzioni diverse che l'organismo ADR può svolgere nel contesto della controversia: formulare una proposta, imporre una soluzione, oppure facilitare il raggiungimento di un accordo. In tema per tutti: E. SILVESTRI, *Risoluzione delle controversie e alternative al processo: un'introduzione teorica*, in Id. (a cura di), *Forme alternative di risoluzione delle controversie e strumenti di giustizia riparativa*, Torino, 2020, p. 7 ss.

una soluzione condivisa. In queste dinamiche, basate su empatia, ascolto attivo e negoziazione diretta, l'intervento di un algoritmo risulta poco funzionale e difficilmente compatibile con la dimensione relazionale della procedura⁴². Diversamente, le ADR valutative prevedono che il soggetto terzo analizzi i fatti, applichi norme o parametri tecnici e formuli una proposta di soluzione, che le parti sono libere di accettare. Secondo alcune recenti opinioni espresse in dottrina, questo modello è più adatto all'integrazione dell'IA⁴³, poiché il sistema potrebbe incidere positivamente sulla qualità della proposta e sulla sua uniformità rispetto ad accordi raggiunti in situazioni analoghe.

In Italia si rinvencono tra le ADR applicate alle liti dei consumatori nel settore energetico strumenti basati tanto sul modello facilitativo che su quello valutativo. L'insieme di enti che operano nel primo livello di CADR, tra cui gli organismi di mediazione e le Camere di Commercio, aderisce al modello più marcatamente facilitativo. Sebbene anche il mediatore civile e commerciale abbia la facoltà di avanzare una proposta di accordo, tale possibilità è concepita come residuale dalla normativa vigente⁴⁴ e nella prassi applicativa nazionale⁴⁵. Il secondo livello delle CADR dell'energia, rappresentato dal Servizio Conciliazione ARERA, è un modello ibrido che, pur nato come facilitativo, include una componente valutativa più significativa quando il conciliatore sottopone una proposta di accordo alle parti⁴⁶. Infine, il terzo livello, quello delle negoziazioni paritetiche, si fonda su una logica più valutativa, dove la proposta è elaborata

⁴² A. TRIOLO, *Tra decisione algoritmica e mediazione robotica*, cit., p. 622 ss.

⁴³ A. TRIOLO, o.u.c., pp. 624-625. L'a. sostiene che nel sistema italiano non esista una codificazione espressa delle ADR valutative e individua uno spazio di applicazione per l'intelligenza artificiale proprio in tali modelli: l'IA può fornire previsioni di sentenza e contribuire a disincentivare l'avvio di contenziosi con scarse possibilità di successo (p. 624). Nell'opinione di chi scrive, con specifico riguardo al settore dell'energia, non occorre ricorrere a nuove forme di CADR, ma potrebbe essere possibile valorizzare strumenti già esistenti, come la conciliazione amministrata e la negoziazione paritetica, adattando i protocolli (in particolare quelli approvati da ARERA) all'integrazione tecnologica.

⁴⁴ In argomento D. DALFINO, *Mediazione civile e commerciale*, in *Commentario Chiarloni al Codice di Procedura civile*, 2022², Bologna, p. 469 ss. L'a. rileva che il carattere residuale della proposta del mediatore emerge dal dato normativo dell'art. 11, comma 1, d.lgs. 28/2010, che richiede al mediatore di verificare che le parti non siano autonomamente riuscite a trovare un'intesa prima di avanzare una proposta di propria iniziativa. Di diverso avviso mi pare F.P. LUISO, *La "proposta" del mediatore*, in *Giustizia consensuale*, 2021, pp. 32-33 che distingue tra proposta formalizzata e non formalizzata.

⁴⁵ A. SANTI, *Sub art. 11*, in M. BOVE (a cura di), *La mediazione per la composizione delle controversie civili e commerciali*, Padova, 2011, p. 272 ss. e spec. pp. 284-285 per considerazioni sull'opportunità della proposta nel contesto della mediazione. V. anche: R. TISCINI, *La mediazione civile e commerciale: composizione della lite e processo nel D.lgs. n. 28/2010 e nei d.m. nn. 180/2010 e 145/2011*, Torino, 2011, p. 209 ss.

⁴⁶ R. CAPONI, *La conciliazione stragiudiziale*, cit., p. 165 ss., dove l'autore evidenzia che la conciliazione è da qualificarsi come valutativa quando l'intervento si estende alla formulazione strutturata di una proposta di accordo, come accade, ad esempio, nelle conciliazioni di controversie tra pubbliche amministrazioni e lavoratori ai sensi dell'art. 411 c.p.c. (p. 169).

congiuntamente dai membri della commissione, senza dar rilievo al dialogo tra i soggetti effettivamente coinvolti nella lite⁴⁷.

4. Un'ipotesi di studio che apre a prospettive interessanti sul potenziale impatto dell'integrazione dell'intelligenza artificiale nei meccanismi CADR può essere ritrovata nella negoziazione paritetica. Grazie alla natura pattizia e alla flessibilità offerta dai protocolli che regolano la procedura, è possibile immaginare la negoziazione paritetica come un contesto privilegiato per sperimentare forme di assistenza algoritmica, in grado di coniugare l'adattamento procedurale e un elevato controllo umano sull'impiego delle tecnologie. Si consideri, per esempio, un sistema di IA appositamente sviluppato, che possa assistere i conciliatori nella formulazione di proposte basate sulla consultazione automatizzata di un'ampia banca dati di precedenti, nella simulazione di esiti probabili di accordo, nella valutazione del danno e nella comparazione dell'effettività di varie soluzioni di accordo. Non di rado, infatti, i componenti della commissione paritetica basano il proprio lavoro su analisi comparative di dati e prassi ricorrenti⁴⁸, soprattutto quando si tratta di controversie ricorrenti e di valore facilmente quantificabile, come quelle tipiche del settore energetico (derivanti da contratti standard). Questa impostazione metodologica rende la negoziazione paritetica particolarmente adatta all'impiego dell'IA, che può svolgere una funzione valutativa, soprattutto in presenza di controversie seriali⁴⁹. Oltre a migliorare la prevedibilità degli esiti e la coerenza delle soluzioni proposte, l'IA potrebbe incidere anche su un altro aspetto critico della prassi attuale: il numero, non trascurabile, di casi in cui la commissione non riesce a formulare alcuna proposta conciliativa. In queste ipotesi si procede alla redazione di un verbale negativo⁵⁰ e i conciliatori non prospettano al consumatore alcuna ipotesi transattiva. L'intelligenza artificiale potrebbe in definitiva contribuire alla formulazione di proposte di accordo più coerenti e comparabili, grazie alla consultazione di un ampio repertorio di accordi e alla quantificazione di molteplici soluzioni⁵¹, tenendo conto delle specificità normative ed economiche del settore.

⁴⁷ Sull'appartenenza delle negoziazioni paritetiche al modello valutativo di ADR: P. BARTOLOMUCCI, *La nuova disciplina delle procedure di risoluzione alternativa delle controversie in materia di consumo: il d.lgs. n. 130/15 e le modifiche del codice del consumo*, in *Le nuove leggi civili commentate*, 2016, p. 520; E. MINERVINI, *Le negoziazioni paritetiche tra prassi e norme*, cit., pp. 89-90.

⁴⁸ S. IANNICELLI, *La conciliazione stragiudiziale delle controversie*, cit., p. 147.

⁴⁹ M.P. GASPERINI, *L'ADR di consumo in Italia dopo il d.lgs. 130/2015*, cit., pp. 40-48.

⁵⁰ E. MINERVINI, *Le negoziazioni paritetiche tra prassi e norme*, cit., p. 86.

⁵¹ C. RULE, *Online Dispute Resolution and the Future of Justice*, in *Annual Review of Law and Social Science*, 2020, p. 284; R. BERETTA, *Le procedure di negoziazione nell'era digitale*, in S. DALLA BONTÀ (a cura di), *Comunicare, negoziare e mediare in rete*, Trento, 2021, p. 92.

In una fase storica in cui il mercato energetico è sempre più interconnesso, digitalizzato e orientato alla gestione algoritmica dei dati, l'evoluzione tecnologica delle negoziazioni paritetiche potrebbe rappresentare non solo un fattore di maggiore efficienza operativa, ma anche un elemento di rafforzamento della fiducia degli utenti verso questa tipologia di procedura stragiudiziale. Questa evoluzione potrebbe essere collocata nella cornice del Regolamento IA: il supporto algoritmico alla negoziazione paritetica si inserisce in una procedura che non impone soluzioni vincolanti alle parti. L'intervento dell'IA, sotto controllo umano effettivo e con piena trasparenza verso le parti, può essere concepito come esclusivamente ausiliario alla funzione valutativa svolta dai conciliatori e compatibile con le garanzie di imparzialità ed autonomia richieste dalla Dir. 2013/11/EU.

Tuttavia, l'applicazione alle negoziazioni paritetiche del nuovo art. 5, comma 2, lett. d), della Dir. 2013/11/EU consente di cogliere alcune ambiguità in tema di impiego dell'intelligenza artificiale nelle CADR lasciate irrisolte dalla riforma del 2025. In procedure come le negoziazioni paritetiche, infatti, l'eventuale ricorso a sistemi automatizzati non si traduce nell'adozione di una decisione vincolante, ma incide in modo comunque significativo sul processo di formazione della proposta di accordo, attraverso attività di analisi comparativa, quantificazione e selezione delle soluzioni negoziali possibili. L'obbligo di informazione preventiva delle parti assume, in questo contesto, una funzione essenziale di garanzia dell'autodeterminazione del consumatore, imponendo che sia chiaramente esplicitata la natura meramente ausiliaria dell'IA e la persistente imputabilità umana dell'esito della procedura. Più problematico appare, invece, il coordinamento con il diritto al riesame umano dell'esito della CADR, che nelle negoziazioni paritetiche non può essere inteso in termini di controllo sull'accordo raggiunto, ma soltanto come possibilità di una rivalutazione umana piena e consapevole della proposta formulata dalla commissione al consumatore, svincolata dai suggerimenti proposti dal sistema di IA.

La normativa nazionale di recepimento avrà l'occasione di elaborare presidi adeguati per dare attuazione all'art. 5 della Dir. 2013/11/EU nel contesto di CADR come le negoziazioni paritetiche. *De iure condito*, in attesa di tale intervento, qualsiasi modello sperimentale integri sistemi di IA nella procedura di negoziazione paritetica è chiamato a rispettare, da un lato, i requisiti imposti da ARERA per l'iscrizione nel registro dell'Autorità e, dall'altro, le disposizioni del Codice del Consumo, in particolare l'art. 141-ter cod. cons.

Sotto il primo profilo, ARERA impone che le persone fisiche incaricate della risoluzione delle controversie nei settori regolati siano in possesso di una formazione specifica in materia energetica, comprovata da corsi di almeno 14 ore

e aggiornamenti biennali di almeno 10 ore, con contenuti e soggetti erogatori documentati. Tale requisito, lungi dal precludere l'uso dell'IA, presuppone anzi un suo impiego responsabile. L'obbligo formativo dovrebbe essere integrato da specifica formazione sull'impiego dell'IA e sulle modalità del *tool* messo a disposizione dei conciliatori, nel pieno rispetto del principio di controllo umano informato sullo strumento.

Dal punto di vista dell'art. 141-*ter* cod. cons., l'uso dell'IA può essere considerato ammissibile, innanzitutto, se non incide sull'equilibrio tra le parti e non compromette i requisiti di imparzialità e indipendenza richiesti per i rappresentanti della commissione. Le modalità di sviluppo e il monitoraggio del sistema di IA messo a disposizione dei negoziatori dovranno quindi essere dettagliatamente regolati nei protocolli di intesa, che definiranno anche ambiti e modalità di impiego. L'approvazione da parte di ARERA dei protocolli potrebbe garantire il rispetto delle finalità ultime di tutela del consumatore e il bilanciamento delle posizioni delle parti rispetto all'ausilio tecnologico immesso nella procedura.

5. Ad oggi, l'UE ha costruito una cornice normativa solida che riconosce alla risoluzione stragiudiziale delle controversie un ruolo essenziale nella tutela dei consumatori anche nei mercati dell'elettricità e del gas e in materia di efficienza energetica. Le recenti Direttive settoriali impongono agli Stati membri l'obbligo di assicurare accesso effettivo a meccanismi conformi a criteri di semplicità, imparzialità ed efficacia, rendendo in linea generale obbligatoria la partecipazione delle imprese alle procedure. Tuttavia, come segnalato dal BEUC, l'implementazione pratica di questi obiettivi è ancora parziale e disomogenea, specie nei confronti di nuovi soggetti e pratiche del mercato energetico (autoconsumo, comunità energetiche, operatori digitali). Anche in Italia, il sistema multilivello delle CADR nel settore dell'energia risponde solo parzialmente alle esigenze di composizione stragiudiziale delle controversie dei consumatori, che sono in continua evoluzione in termini sia di complessità, che di nuovi scenari aperti dall'avanzamento tecnologico.

Alla luce delle considerazioni svolte, è possibile tornare alla domanda iniziale: come potranno adeguarsi i meccanismi stragiudiziali applicabili alle liti tra utenti e operatori del settore energetico al mutato contesto del terzo millennio? La risposta è senz'altro articolata. Tra i vari strumenti CADR disponibili, il caso di studio proposto sulla negoziazione paritetica sembra indicare significativi margini di adattabilità tecnologica e giuridica. La struttura flessibile, pattizia e bilaterale della negoziazione paritetica la rende particolarmente idonea a percorsi di sperimentazione nell'ambito dell'IA applicata alla composizione delle liti, specie per la gestione di controversie ricorrenti. In definitiva, anche le CADR

dovranno senz'altro adeguarsi al mutato contesto della rivoluzione energetica e tecnologica che interessa la società contemporanea, ma occorre vigilare affinché la transizione sia guidata da un'integrazione consapevole e supervisionata delle nuove tecnologie, mirata all'effettiva attuazione degli obblighi derivanti dalla normativa europea. Solo un sistema di CADR aggiornato ma nel contempo dotato dei presidi di salvaguardia necessari a preservare i valori fondamentali di imparzialità, indipendenza ed equità degli strumenti, nonché orientato alla tutela del consumatore, potrà realmente affermarsi come portale di accesso alla giustizia nel nuovo mercato energetico italiano ed europeo che sta prendendo forma.

PARTE II

TRANSIZIONE ENERGETICA E MOBILITÀ SOSTENIBILE:
RICADUTE SULLA TUTELA DELLA PERSONA, SULLA RESPONSABILITÀ CIVILE
E SUI CONTRATTI PER LA FRUIZIONE DI SERVIZI
DI MOBILITÀ E DI TRASPORTO

Introduzione

Maria Enza La Torre

Ringrazio la Chiar.ma professoressa Chiara Alvisi per il graditissimo invito a presiedere questo importante Convegno, nella suggestiva cornice del Complesso di Santa Cristina della prestigiosa Università di Bologna.

Mi complimento innanzitutto per la scelta del tema, che ben si inserisce nel dialogo già aperto in precedenti incontri, vertenti su nuove tecnologie e ricadute ambientali¹, che si connota per la varietà dei temi e l'impostazione interdisciplinare; attuale anche per l'attenzione alle trasformazioni di un mercato sempre più complesso, che incidono su strutture politiche, sociali e giuridiche.

Non è inserita per caso nella locandina del Convegno – che coniuga rivoluzione energetica e mobilità nella visione del mercato e della società – l'immagine di Thomas Edison.

Edison è il simbolo di una rivoluzione energetica che ha cambiato il mondo.

Chi ha acceso la prima lampadina ha non solo inventato la luce elettrica, ma ha cambiato il modo di lavorare e relazionarsi col mondo esterno.

Edison è il simbolo di questa rivoluzione, che ha trasformato il «modo in cui viviamo». Anche se diamo per scontato tutto ciò, non va dimenticato che «senza accesso all'elettricità le persone rimangono prive di energia e di potere»².

Oggi siamo di fronte a un altro cambiamento epocale: la transizione verso fonti rinnovabili e la mobilità sostenibile. Ma mentre l'energia elettrica di Edi-

¹ *Tecnologie intelligenti, sostenibilità e tutele giudiziarie*, Parma, 17-18 ottobre 2024; *Automati computazionali e categorie del diritto civile*, Bologna, 13-14 ottobre 2023, i cui atti sono stati pubblicati per i tipi della ESI, Napoli.

² J. RIFKIN, *La terza rivoluzione industriale*, Milano, 2021, p. 76.

son liberava possibilità nuove, la transizione energetica di oggi deve bilanciare l'innovazione con libertà, diritti della persona, sostenibilità e crescita economica. Si tratta infatti di un passaggio verso tecnologie che non modificano un singolo settore, ma sono in grado di cambiare l'intera struttura della società.

La vera questione non è, quindi, se le nuove tecnologie aumenteranno la produttività e miglioreranno la qualità della vita in certi settori – lo faranno, inevitabilmente – ma quanto velocemente e in che modo e verso chi questi benefici si diffonderanno. Il rischio – paventato dagli economisti – è la creazione di un nuovo tipo di disuguaglianza globale: non tra ricchi e poveri, ma tra economie «ad alta produttività» e sistemi bloccati. La velocità di diffusione dell'innovazione, ancora una volta, diventa la variabile strategica del secolo, perché ogni transizione energetica è anche una transizione di potere³.

In Europa la transizione si è rivelata più complessa di quanto previsto. L'energia elettrica è una risorsa strategica (che incide sull'economia, sulle scelte politiche e sulla vita delle persone), ma il suo limite è la limitata capacità di immagazzinamento e la necessità di un sistema di reti centralizzato (servizio di dispacciamento) per la sua distribuzione.

Le politiche europee – pur animate da obiettivi ambiziosi come quelli fissati dall'Accordo di Parigi – stanno imponendo cambiamenti radicali nei trasporti, nell'edilizia, nell'agricoltura proponendo l'utilizzo di energie alternative come antidoto alle emergenze climatiche e ai danni ambientali (si pensi alle CER: Comunità Energetiche Rinnovabili)⁴.

³ V. A. POZZI, *Il Nuovo Disordine Globale: frammentazione di potere e corsa alla produttività* (2025), www.alessandropozzi.it.

⁴ La Dir. 2009/28/CE del 2009 e il successivo *Clean Energy for All Europeans Package* si inseriscono in un percorso normativo volto a favorire la transizione verso un'energia pulita e a riformare il mercato energetico europeo, con l'obiettivo di raggiungere gli obiettivi dell'UE per il 2030 in materia di energia e clima. Autorizza i consumatori a diventare produttori e la creazione di comunità per scambio energia (CER e CEC). Le CER, o Comunità Energetiche Rinnovabili, introdotte dalla Dir. n. 2001/2018 dell'UE (REDII), recepite in Italia con il d.lgs. n. 199/2021, aggiornata dalla dir. UE 2023/2413 (REDIII), sono un modello collaborativo in cui cittadini, piccole imprese ed enti locali si uniscono per produrre, consumare e condividere energia da fonti rinnovabili come il fotovoltaico. Partecipare a una CER consente di beneficiare di risparmi economici, promuovere l'indipendenza energetica e contribuire alla transizione ecologica. I membri possono essere produttori, consumatori o entrambi, e l'energia condivisa tra loro beneficia di incentivi statali. Le normative chiave per la loro costituzione in Italia sono il d.lgs. 199/2021 (attuativo della dir. Red II) e il D.M. Min. Ambiente e sicurezza energetica 414/2023, che stabiliscono anche l'accesso a finanziamenti del PNRR. Cfr. M. MELI, *Autoconsumo di energia rinnovabile e nuove forme di energy sharing*, in *Nuove leggi civ. comm.*, 2020, p. 630 ss.; ID. (a cura di), *La transizione verso nuovi modelli di produzione e consumi di energia da fonti rinnovabili*, Pisa, 2023; C. FAVILLI, *Transizione ecologica e autoconsumo organizzato di energia rinnovabile. La questione della forma giuridica delle comunità energetiche*, in *Resp. civ. prev.*, 2023, p. 385 ss.; V. CAPPELLI, *Appunti per un inquadramento privatistico dell'autoconsumo di energia rinnovabile nel mercato elettrico: il caso delle comunità energetiche*, in *Nuove*

Si tratta di cambiamenti che hanno un impatto su competitività, crescita e rispetto dei diritti fondamentali, *in primis* la libertà di movimento.

Gli obiettivi fissati dall'Accordo di Parigi del 2015 rappresentano la cornice giuridica (e politica) entro cui si colloca la strategia europea per la transizione energetica e la decarbonizzazione dell'economia. Ricordiamo che l'UE si è impegnata a ridurre del 55% le emissioni di gas serra entro il 2030 e a raggiungere la neutralità climatica entro il 2050 (*Green Deal*). Il Reg. (UE) 2021/1119, noto come *Legge europea sul clima*, costituisce il quadro normativo per ridurre le emissioni di gas serra e aumentare gli assorbimenti rendendo obbligatorio l'obiettivo del *Green Deal*, con l'impegno delle istituzioni e degli Stati membri ad adottare le misure necessarie.

Per raggiungere questi traguardi il settore dei trasporti – altro tema centrale del Convegno – che da solo è responsabile di circa un quarto delle emissioni di CO₂ in Europa, è stato individuato come uno dei principali ambiti di intervento. Nella visione di Rifkin⁵ i trasporti costituiscono uno dei pilastri della Terza rivoluzione industriale, nella prospettiva di creare una sorta di Internet dell'energia, quale base infrastrutturale per produrre veicoli elettrici alimentati dalla rete o da celle a combustibile a idrogeno.

Da qui la spinta verso un trasporto sostenibile: elettrificazione dei veicoli, sviluppo delle infrastrutture di ricarica; diffusione dei biocarburanti, promozione dei mezzi pubblici intermodali; ma anche innovazioni normative, come le zone a bassa emissione⁶ e i nuovi requisiti per le flotte aziendali⁷. Tutto ciò crea

leggi civ. comm., 2023, p. 381 ss.; L. BALESTRA, *Proprietà e soggettività delle comunità energetiche: profili privatistici*, in *Giur. it.*, 2023, p. 2772 ss.; E. CUSA, *Le incentivate comunità energetiche rinnovabili e il loro atto costitutivo*, Consiglio nazionale del notariato – studio n. 38-2024/I, 2024; G. PASSARELLI, G. PROIETTO, *Le Comunità Energetiche Rinnovabili tra modelli e strumenti di finanziamento: vantaggi, criticità e implicazioni sistematiche*, in *NDS*, 2023, p. 139 ss.

⁵ Secondo J. RIFKIN, *La terza rivoluzione industriale*, cit., p. 46 ss., la terza rivoluzione industriale – che avrà un impatto paragonabile alle due precedenti esperienze – si basa su cinque pilastri, che funzionano se eretti simultaneamente: 1) il passaggio alle fonti di energia rinnovabile; 2) la trasformazione degli immobili in impianti di microgenerazione per raccogliere *in loco* le energie rinnovabili; 3) l'applicazione di tecnologie di immagazzinamento dell'energia per conservare l'energia intermittente; 4) l'utilizzo di internet per trasformare la rete elettrica di ogni continente in una inter-rete per la condivisione dell'energia; 5) la transizione della flotta dei veicoli da trasporto di persone e merci in veicoli *plug-in* e con cella a combustibile, che possano acquistare e vendere energia attraverso la rete elettrica continentale interattiva.

⁶ Zone a bassa emissione (LEZ, *Low Emission Zones*): aree urbane in cui l'accesso è limitato o vietato ai veicoli più inquinanti con l'obiettivo di ridurre l'inquinamento atmosferico nei centri urbani, in particolare le emissioni di NOX e PM10. Le regole variano da città a città ma in generale: si vieta l'accesso ai veicoli diesel e benzina più datati; si incentiva l'uso di mezzi elettrici ibridi o a basso impatto. È una misura diretta che incide sul comportamento delle persone e sulla progettazione urbana.

⁷ Normative UE che impongono requisiti crescenti di sostenibilità alle flotte di veicoli usati da PA; aziende di trasporto; grandi imprese. La Dir. *Clean Vehicles* 2009/33/CE aggiornata nel 2019 obbliga enti pub-

un effetto a catena sull'intero mercato, spingendo verso la produzione e l'acquisto di veicoli a basse o zero emissioni.

Ma quali impatti sulla circolazione? Sulla competitività dell'industria europea dell'auto? Sulle persone?

Si tratta di questioni che incidono sulla libertà di circolazione e su altri diritti costituzionali, con importanti ripercussioni in tema di giustizia sociale, creando una tensione tra tutela ambientale e accessibilità economica.

Questa volta, dunque, il contesto è più complesso: deve essere individuato un equilibrio fra una innovazione – necessitata dall'esaurimento delle risorse naturali – e la tutela dell'ambiente, valore fondamentale, nel bilanciamento con libertà, diritti e crescita⁸.

Il Convegno intende affrontare questi interrogativi, approfondendo i modelli di mobilità sostenibile e la loro incidenza sulla struttura e la vivibilità delle città, e sulla loro compatibilità con la Costituzione e i Trattati europei, con un approccio e con competenze interdisciplinari.

Sapere scientifico e sapere giuridico si intrecciano per fronteggiare sfide globali: si affrontano le tensioni emerse fra urgenza climatica e necessità di garantire le libertà costituzionali; cambiano anche le regole del gioco tra pubblico e privato⁹.

Parlare di mobilità sostenibile significa prima di tutto parlare di diritti: delle persone, del territorio; di libertà e uguaglianza. Perché la vera sfida è fare in modo che la sostenibilità non sia solo ambientale ma anche in armonia con i principi costituzionali: capace di tenere insieme giustizia ecologica, sociale e democratica.

blici a comprare una percentuale di veicoli "puliti" (elettrici, a idrogeno, biometano ecc.). Piani come *FIT for 55* prevedono l'introduzione di standard ambientali più stringenti, anche per le flotte aziendali private.

⁸ Non va dimenticato che all'art. 41, compreso nel Titolo II della Carta cost., intitolato "Rapporti economici", sono state aggiunte le parole "salute", "ambiente", "ambientali". Ciò ha determinato una restrizione della libertà dell'iniziativa economica, fino a considerare questo limite come uno dei fini al quale deve essere coordinata l'attività economica pubblica e privata. Va quindi colto nella modifica dell'art. 9 Cost., che ha previsto al comma 3 che la Repubblica (dunque, tutti gli enti della Repubblica) «Tutela l'ambiente, la biodiversità e gli ecosistemi, anche nell'interesse delle future generazioni», un nuovo equilibrio fra valori costituzionali: tra l'ampliamento dell'art. 9 Cost. e le restrizioni dell'art. 41 Cost. vi è un legame di intima coerenza, poiché non sarebbe possibile rafforzare la tutela dell'ambiente – anche nell'interesse delle future generazioni – senza nel contempo indebolire la libertà dell'iniziativa economica.

⁹ Si pensi al ruolo delle autorità indipendenti: l'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA) che svolge attività di regolazione e controllo nei settori dell'energia elettrica, del gas naturale, dei servizi idrici, del ciclo dei rifiuti e del telecalore; l'Autorità di Regolazione dei Trasporti (ART) autorità amministrativa indipendente di regolazione e garanzia, istituita dal d.l. 6 dicembre 2011, n. 201, conv. dalla l. 22 dicembre 2011, n. 214.

La mobilità del futuro non sarà davvero sostenibile se non sarà anche «costituzionalmente sostenibile»: che non isola, ma connette; che non divide ma include; che non comprime i diritti ma li amplia.

Andando oltre gli aspetti tecnici e ambientali è necessario porre al centro la persona come soggetto di diritti fondamentali anche nella transizione ecologica¹⁰.

Mobilità costituzionalmente sostenibile è dunque una chiave di lettura potente, che collega diritti fondamentali, principi costituzionali e transizione ecologica. È interessante notare come l'etimologia di "sostenibile" richiama "*sustain*" che in inglese indica il pedale del pianoforte che allunga il suono di una nota, radice di sostenibilità.

La sostenibilità evoca qualcosa che dura nel tempo; è quella che persegue obiettivi ambientali e climatici richiesti dagli impegni internazionali ed europei (Accordo di Parigi), ma senza comprimere i diritti fondamentali della persona; semmai rafforzandoli nel nuovo contesto tecnologico, economico e ambientale.

Le misure ambientali devono perciò essere proporzionate, temporanee, giustificate da un interesse pubblico e non discriminatorie, per garantire l'uguaglianza sostanziale, di cui all'art. 3 Cost.: l'accesso alla mobilità sostenibile deve essere garantito per non creare disuguaglianze, in relazione al diritto al lavoro, all'istruzione, alla salute e all'ambiente. Si tratta di diritti costituzionali intergenerazionali, da tutelare anche nell'esercizio dell'attività economica (artt. 9 e 41 Cost.), insieme con i diritti digitali e di accesso alle tecnologie digitali (prenotazioni *online*, veicoli connessi), perché deve restare un diritto accessibile anche a chi non è digitalmente abile o connesso, per non creare nuove forme di esclusione. Non bisogna dimenticare inoltre che la mobilità è anche uno strumento di accesso ad altri diritti, come lavoro, salute, istruzione, partecipazione: sono pertanto necessarie politiche che garantiscano accesso equo ai trasporti pubblici, incentivi mirati, infrastrutture nei territori interni e marginali. Tutti obiettivi che giustificano l'intervento pubblico, ma impongono trasparenza, partecipazione e gradualità nelle scelte normative.

Mobilità costituzionalmente sostenibile, in sintesi, implica un modello che coniughi tutela dell'ambiente, equità sociale e diritti fondamentali. La transizione verso fonti di energia alternativa deve costituire una leva di cittadinanza e non una nuova barriera.

¹⁰ Sulla centralità della persona nell'ambito del sistema ordinamentale e del ruolo servente dei valori economici rispetto a quelli esistenziali, v. per tutti P. PERLINGIERI, *Il diritto civile nella legalità costituzionale*, Napoli, 2006.

Questa, per grandi linee, la cornice generale entro la quale si snodano le relazioni del Convegno su rivoluzione energetica e mobilità del terzo millennio.

Saranno esplorati nuovi strumenti e modelli, nuove categorie di trasporti sostenibili introdotti dalle politiche climatiche europee, analizzandone i presupposti normativi, le soluzioni tecniche e gli impatti concreti sulla società, sull'economia e sui diritti fondamentali dei cittadini.

L'obiettivo del Convegno è favorire un confronto critico – di competenze e professionalità diverse – che metta in luce sia le potenzialità sia le criticità di queste trasformazioni, per comprendere come rendere davvero realizzabile la transizione verso un sistema che sia equo, inclusivo e a misura di persona.

Ripartiamo dunque dallo spirito di Edison per approfondire – con mente aperta e immaginazione viva – temi complessi (nella giornata di oggi i nuovi modelli e categorie della c.d. mobilità sostenibile; nella giornata di domani i contratti per l'approvvigionamento sostenibile di energia elettrica), per capire come le regole, il mercato e le tecnologie possano interfacciarsi per migliorare e non limitare la vita delle persone e quali sono i rischi e le tutele.

Nella giornata di oggi si parlerà di mobilità sostenibile e connessa, e di diritti della persona, che includono l'indagine sul controllo di proprietario e utilizzatore su beni e tecnologia e sulla funzione sociale della mobilità connessa (Alvisi), fornendo un inquadramento sistematico delle tematiche collegate ai veicoli a guida autonoma, con particolare attenzione ai profili di responsabilità, che pongono inedite scelte etiche (Ruffolo), e alla complessa identificazione del responsabile in caso di danni (Maio), interrogandosi sulla reale sostenibilità delle auto elettriche, con riferimento a costi, tempi e necessità di infrastrutture (Borghetti). Giorgini ci parlerà dell'impatto sui diritti fondamentali di *smart city* e *smart road*, verificato il fallimento di alcune iniziative e la necessità di interoperabilità fra infrastrutture e auto (aggiornandoci sulla *Direttiva per i trasporti intelligenti* per rendere la mobilità più connessa e automatizzata, contribuendo a ridurre emissioni e congestioni); Zulli della rete di fornitori di mobilità sostenibile, preso atto del grado di inquinamento delle auto, nella fase di produzione e smaltimento, oltre che di utilizzazione, con le opportunità offerte da nuove soluzioni di mobilità.

Veicoli connessi e questioni di diritto civile

Chiara Alvisi

SOMMARIO: 1. La «comunicazione fra oggetti» come fenomeno tecnologico e le implicazioni giuridiche. – 2. Meritevolezza ed obbligatorietà della mobilità connessa. – 3. (*Segue*) con alcuni distinguo riferiti alla guida automatizzata e alla guida autonoma. – 4. La funzione sociale dei dati personali nella mobilità connessa. – 5. La funzione sociale della mobilità connessa. – 6. La situazione giuridica soggettiva del proprietario del veicolo connesso. – 7. La natura giuridica dei diritti di accesso ai *non-personal IoT Data*.

1. L'Internet degli Oggetti (IoT) è un'architettura informativa che collega oggetti fisici e virtuali. Connessi alla rete gli oggetti «interagiscono fra di loro» grazie a sensori che raccolgono e scambiano dati sul loro utilizzo da parte degli umani. Potenzialmente qualsiasi oggetto può essere connesso ad internet. Si parla in proposito di *IoX-Internet of Everything*¹.

¹ La Commissione europea, *Internet of things – An action plan for Europe*, COM(2009) 278 def., 18 giugno 2009, 2; Parlamento europeo, risoluzione del 15 giugno 2010, *Internet of things*, 2009/2224 (INI) fornisce questa definizione: «the term “internet of things” refers to the general concept of objects (both electronic artefacts and objects in everyday use) that can be read, recognised, addressed, located and/or controlled remotely through internet». La Commissione europea, *Connettività per un mercato unico digitale competitivo: verso una società dei Gigabit europea*, COM(2016) 587 final, p. 2, 14 settembre 2016, stimava che nel successivo decennio oltre 50 miliardi di oggetti sarebbero stati connessi ad internet. Sul tema dell'*Internet of Things* si rinvia *ex multis* a: A. DE FRANCESCHI, R. SCHULZE (a cura di), *Digital revolution. New challenges for law. Data Protection, Artificial Intelligence, Smart Products, Blockchain Technology and Virtual Currencies*, München-Baden Baden, 2019, specie alle p. 169 ss.; V. ZENO-ZENCOVICH, G. GIANNONE CODIGLIONE, *Ten legal perspectives on the “big data revolution”*, in F. DI PORTO (a cura di), *Big Data e concorrenza*, in *Concorrenza e mercato*, 2016, numero speciale, p. 29, specie a p. 43; S.R. PEPPET, *Regulating the internet of things: first steps toward managing discrimination, privacy, security, and consent*, in *Texas Law review*, 93, 2014, p. 85.

Gli *IoT Data* possono essere dati sia personali che non personali, possono essere memorizzati all'interno dell'oggetto oppure su *server* esterni (c.d. *cloud/nuvole*), che sono normalmente di proprietà del costruttore dell'oggetto.

Si dice che gli oggetti connessi ad internet acquisterebbero «intelligenza» per significare che diventano strumenti di comunicazione di dati i quali, opportunamente trattati, veicolano informazioni sugli oggetti, sui loro utenti nonché sull'ambiente circostante². I beni connessi possono quindi operare come apparecchiature terminali capaci di trasmettere, trattare o ricevere, tramite la rete pubblica, informazioni³, ponendosi quindi il problema della loro qualificazione come comunicazioni elettroniche⁴. A febbraio 2025 la Commissione europea ha definitivamente ritirato la proposta di Regolamento *e-Privacy*, risalente al 2017, che aveva l'obiettivo di estendere la tutela della vita privata elettronica anche alla «trasmissione di comunicazioni da macchina a macchina» (Considerando 12)⁵. Il Considerando 36 del *Data Act* (Reg. UE 2023/2854) conferma tuttavia che «le apparecchiature per l'internet delle cose» devono qualificarsi come «apparecchiature terminali se sono direttamente o indirettamente collegate a una rete pubblica di comunicazione». Quindi gli utilizzatori di oggetti connessi dovrebbero beneficiare della tutela della riservatezza delle comunicazioni elettroniche apprestata dalla Direttiva *e-Privacy* del 2002 anche quando si tratti della comunicazione fra oggetti.

Il fenomeno dell'internet degli oggetti interessa molti settori industriali e produttivi. Vi è coinvolto, ad esempio, il mercato elettrico⁶, dove le reti fisi-

² S. RODOTÀ, *Il diritto di avere diritti*, Laterza, Bari, 2012, p. 322 ss. osservava che con l'Internet delle Cose (o Internet 3.0) «il mondo degli oggetti prende la parola» e porta con sé «nuove forme di distribuzione del potere» poiché «l'autonomia si sposta dalle persone alle cose, che appaiono dotate di vita propria, rendendo arduo il riproporre un recupero di sovranità attraverso le tecniche» elaborate con riferimento all'Internet degli individui e all'Internet sociale.

³ Cfr. la definizione di «apparecchiatura terminale» ex art. 1, punto 1 della Dir. 2008/63/CE, cui rinvia l'art. 4, §1, lett. c) della proposta di Reg. UE «relativo al rispetto della vita privata e alla tutela dei dati personali nelle comunicazioni elettroniche e che abroga la Dir. 2002/58/CE – regolamento sulla vita privata e le comunicazioni elettroniche».

⁴ La definizione di «comunicazione elettronica» di cui all'art. 121, comma 1 *bis* del codice privacy, novellato dall'art. 11 d.lgs. 10 agosto 2018 n. 101 («ogni informazione scambiata o trasmessa tra un numero finito di soggetti tramite un servizio di comunicazione accessibile al pubblico»), va raccordata con la nozione di «servizio di comunicazione elettronica» di cui all'art. 2 lett. f), n. 3 del d.lgs. 1° agosto 2003, n. 259, *Codice delle comunicazioni elettroniche*, novellato dal d.lgs. 24 marzo 2024, n. 48, che vi include anche i «servizi consistenti esclusivamente o prevalentemente nella trasmissione di segnali utilizzati per la fornitura di servizi da macchina a macchina».

⁵ Cfr. quanto osservato da EDPB, *Opinion on the proposal for a regulation on privacy and electronic communications (ePrivacy Regulation)*, 6/2017, dd. 24 aprile 2017.

⁶ Cfr. sul tema D. KLOZA, N. VAN DIJK, P. DE HERT, *Assessing the European approach to privacy and data protection in smart grids. Lessons for emerging technologies*, in F. SKOPIK, P. SMITH (a cura di), *Smart Grid*

che di trasmissione e di distribuzione dell'energia elettrica, quando sono dotate di connessione ad internet, diventano *smart grids*, mentre i contatori elettrici, quando sono connessi ad internet, diventano *smart meters*.

Anche le automobili diventano «intelligenti» (c.d. *smart cars*) quando sono connesse alla rete⁷. Esse funzionano allora non solo come mezzi di circolazione (precisamente come veicoli idonei al trasporto di persone), ma anche come dispositivi di comunicazione. La circolazione mediante veicoli connessi diventa «intelligente» (c.d. *smart mobility*), le strade corredate di infrastrutture di comunicazione diventano *smart roads*.

Tuttavia, l'uso dell'aggettivo *smart* per descrivere questi fenomeni pare un abuso linguistico. Dare un nome alle cose significa qualificarle in base alla loro funzione. Sembra dunque più corretto affermare che gli oggetti connessi diventano capaci di interazioni nei limiti della c.d. comunicazione artificiale⁸. La «comunicazione artificiale» non richiede comprensione, cioè condivisione di pensiero fra un emittente e un destinatario umani. Essa consiste solo nella trasmissione di segnali in forma digitale (impulsi elettrici e bit) e ciò può avvenire anche fra macchine, cioè fra oggetti.

Il concetto di comunicazione artificiale deriva dalla teoria matematica della comunicazione, che fu elaborata nel 1949 da Shannon⁹, secondo cui il mondo, la vita, la società, le persone, cioè tutto il reale non è altro che un sistema informativo, che funziona in base a *feedback*. Successivamente la cibernetica ha teorizzato che se si riduce l'informazione a segnale (e si prescinde dal senso) essa può funzionare come puro comando, che controlla e governa l'intero sistema informativo, sicché il fenomeno della comunicazione, potendo astrarre, almeno dal punto di vista tecnologico, dal significato del messaggio, cioè dal senso, non avrebbe più bisogno della presenza di un mittente e di un destinatario umani¹⁰. Scriveva Norbert Wiener: «il comando, in altri termini, non è altro che l'in-

Security: Innovative Solutions for a Modernized Grid, Waltham (MA), Elsevier/Syngress, 2015, pp. 11-47; F. DI PORTO, *Dalla convergenza digitale-energia l'evoluzione della specie: il consumatore "iperconnesso"*, in *Mercato concorrenza regole*, XVIII, n. 1, aprile 2016, p. 56 ss.

⁷ Cfr. M.C. GAETA, *The regulation of certain aspects of autonomous driving in the Italian legal system*, in *European Journal of Private Law and Technology – EJPLT*, 2022, 1, 263-288, specie a p. 279.

⁸ Sul concetto di «comunicazione artificiale» si rinvia a E. ESPOSITO, *Comunicazione artificiale. Come gli algoritmi producono intelligenza artificiale*, Bononia University Press, Bologna, 2022, *passim*.

⁹ C.E. SHANNON, W. WEAVER, *The mathematical theory of communication*, University of Illinois press, 1949, p. 117.

¹⁰ Cfr. quanto riferisce P. BENANTI, *Human in the loop. Decisioni umane e intelligenze artificiali*, Mondadori Università, Milano, 2022, p. 22 ss. il quale collega la teoria dell'informazione di Shannon alla cibernetica di Norbert Wiener, che «inquadra il mondo in termini di sistemi», sicché sono sistemi non solo quelli meccanici ed elettrici, ma anche quelli biologici e quelli sociali: la vita è un sistema informativo, il corpo umano è tenuto insieme da un loop informativo, la società è un sistema informativo, e via dicendo.

vio di messaggi che modificano il comportamento del ricevente»¹¹. Secondo questa teoria, quindi, vi sarebbe comunicazione ogniqualvolta una serie di *input* siano trasmessi e provochino una reazione a destinazione.

La mobilità connessa è un prodotto che nasce da questa visione del mondo.

Nella mobilità connessa, la trasmissione interattiva di dati, espressi in linguaggio binario, da veicolo a veicolo, da veicolo ad infrastruttura e da veicolo a *smartphone*, veicola comandi, cioè non è rapporto giuridico finché il livello semantico dei dati trasmessi non diventi accessibile o altrimenti controllabile dall'utente del veicolo¹². Ma per questo occorre l'intervento del diritto. Il mercato e l'innovazione tecnologica non bastano a produrre questo risultato.

La funzione di comunicazione dell'oggetto connesso presuppone l'incorporazione nel bene mobile materiale di un *software*, cioè di un bene mobile immateriale, che di regola rimane di proprietà del costruttore dell'oggetto. Il costruttore, grazie alla connessione e alla licenza d'uso del *software*, che direttamente o indirettamente perfeziona con l'utilizzatore dell'oggetto connesso, rimane in rapporto con quest'ultimo per tutta la vita utile dell'oggetto, anche se l'utilizzatore abbia acquistato il bene da un distinto venditore.

Applicata agli autoveicoli, la tecnologia IoT consente a chi è proprietario del *software* di raccogliere gli *IoT Data* e di impiegarli produttivamente per la fornitura, diretta o indiretta, di contenuti e servizi digitali (di gestione del veicolo – riparazione, manutenzione, assicurazione RCA –, di intrattenimento, di assistenza alla guida, finalizzati al benessere del conducente e dei passeggeri). Si tratta di forniture la cui conformità al contratto e alla ragionevole aspettativa del consumatore viene garantita dal venditore, che è stato responsabilizzato in tal senso dalla Dir. 2019/771/UE. Il venditore viene obbligato a garantire la conformità del bene con elementi digitali solo perché si tratta del soggetto più vicino al consumatore. Si tratta di una soluzione pensata per evitare la frammentazione dei rimedi contrattuali a disposizione del consumatore. Tuttavia il venditore normalmente non ha alcun controllo sui beni mobili immateriali incorporati nel bene, essendo l'interconnessione e la fornitura di contenuti e di correlati servizi digitali organizzata di regola dal costruttore, che rimane pro-

¹¹ Cfr. in tal senso N. WIENER, *Introduzione alla cibernetica. L'uso umano degli esseri umani*, Bollati Boringhieri, Torino, 1966, 2012, p. 23, ed altresì p. 121 ss. dove l'A. accosta la comunicazione al trasporto affermando: «abbiamo così due tipi di comunicazione: e cioè il trasporto materiale e il semplice trasporto di informazioni. È possibile oggi ad una persona recarsi da un luogo all'altro facendosi trasportare materialmente non per mezzo di un messaggio. Ma anche ora l'invio dei messaggi serve a realizzare l'estensione dei suoi sensi e delle sue capacità di azione da un punto all'altro del mondo». Per Wiener, tuttavia, la comunicazione deve considerarsi molto più importante del trasporto.

¹² Sulla comunicazione come rapporto giuridico si veda F. CARNELUTTI, *Teoria generale del diritto* (1951), rist., Camerino, 1998, p. 280.

prietario della tecnologia che gli consente la raccolta e il trattamento dei dati (personali e non) prodotti dall'uso dell'oggetto connesso¹³.

L'utente del veicolo connesso, soprattutto quando è una persona privata, che lo acquista o se ne serve come bene personale, non dispone invece della tecnologia necessaria per accedere ed estrarre valore dai dati prodotti dalla sua circolazione, che pure concorre a generare. Il livello semantico del dato prodotto da un oggetto connesso è accessibile solo a chi disponga dell'infrastruttura tecnologica necessaria per decodificarlo oppure per impiegarlo come ente sintattico, per fare predizioni ed assumere decisioni. Chi è in grado di estrarre valore dai dati quando sono ancora enti sintattici è normalmente il costruttore dell'automobile connessa perché è proprietario della tecnologia che gli consente di appropriarsi, di fatto, dei dati prodotti dai veicoli connessi. Il produttore del veicolo acquisisce così un potere computazionale assoluto¹⁴, mentre chi concorre alla generazione degli *IoT Data*, utilizzando l'oggetto connesso, senza tuttavia avere accesso al livello del valore del dato, non è soggetto della comunicazione artificiale fra oggetti, essendone coinvolto esso stesso come oggetto. In definitiva, il mercato e la tecnologia non conformano la comunicazione interattiva fra oggetti come rapporto giuridico¹⁵, cioè come relazione fra più situazioni giuridiche soggettive, che hanno come punto di riferimento l'informazione, né conformano l'informazione come bene giuridico, cioè come «punto di riferimento oggettivo di più di una situazione giuridica protetta»¹⁶. L'informazione diventa infatti bene giuridico solo all'interno di un

¹³ Art. 45 comma 1 lett. m) c. cons. Sul tema si rinvia a A. PAOLETTI, E. DI MARZIANTONIO, *La conformità al contratto dei beni con elementi digitali e dei contenuti e servizi digitali e responsabilità del venditore e del fornitore*, in R. TORINO (a cura di), *I diritti dei consumatori digitali*, Pacini giuridica, Pisa, 2023, p. 77; G. SPOTO, *I nuovi beni di consumo*, *ibidem*, p. 10; G. PERFETTI, *Beni con elementi digitali e aggiornamenti nella novellata disciplina dei contratti di vendita B2C*, in *IUS civile*, 2022, I, 177; A. DE FRANCESCHI, *La vendita di beni con elementi digitali*, Esi, Napoli, 2019, p. 25 ss.

¹⁴ Cfr. P. BENANTI, S. MAFFETTONE, *La tecnocrazia e il ratto delle libertà*, *Il Corriere della Sera*, 19 marzo 2025, p. 28, i quali assimilano i c.d. *DataLord* e il modello economico in virtù del quale hanno concentrato nelle loro mani un potere computazionale assoluto ai *LandLord* medievali i quali, grazie alla proprietà della terra, avevano il potere assoluto di accordare ai feudatari l'autorizzazione a coltivarla in cambio di *corvée* e del prelievo forzoso di una percentuale dei proventi del loro lavoro.

¹⁵ Lo stesso dicasi della comunicazione artificiale prodotta dal *software* che raccoglie dati e li tratta a livello sintattico assumendo decisioni automatizzate secondo pattern che nulla hanno a che vedere col significato, cioè con l'informazione veicolata dal dato. Sulla distinzione fra dato e informazione cfr. J. OLSTER, *Code is code and law is law – the law of digitalization and the digitalization of law*, in *International Journal of Law and Technology*, 2021, 29, pp. 101-117.

¹⁶ P. PERLINGIERI, *L'informazione come bene giuridico*, in *Rassegna di diritto civile*, 1990, 2, p. 326, sottolinea che l'informazione, come in genere i beni immateriali, non postula l'uso esclusivo, essendo invece suscettibile di «godimento plurimo» (p. 329) e che «fuori dal contesto peculiare – meglio di un rapporto giuridico concreto – stenta ad assumere valore autonomo. L'informazione come bene è frutto infatti della vita di relazione tra soggetti, essa assume un senso e un ruolo nella dinamica delle attività umane» (p. 345).

rapporto istituito dal diritto, quando cioè venga protetto l'interesse di tutti i soggetti coinvolti dall'uso dell'oggetto connesso a ricavare utilità dai dati macchina.

Si osserva che il contenuto del diritto di proprietà dell'acquirente di un veicolo connesso viene eroso dal potere computazionale assoluto che si concentra nelle mani del costruttore in virtù della proprietà esclusiva della tecnologia. L'impiego della tecnologia dell'Internet degli Oggetti consente quindi una scissione fra la gestione del bene (che resta in capo al fabbricante, nella misura in cui è proprietario del *software* e mantiene il controllo di fatto assoluto sugli elementi digitali che integrano il bene, compresi i dati macchina) e il possesso del bene da parte del proprietario del veicolo¹⁷.

Più in generale, le tecnologie che hanno reso possibile il fenomeno della mobilità c.d. intelligente hanno modificato profondamente la tipologia e la funzione sociale di beni tradizionalmente ritenuti essenziali per l'esercizio di libertà fondamentali (come la libertà di circolazione, cioè di autodeterminazione in ordine agli spostamenti del proprio corpo), riconfigurando l'assetto dei poteri privati che hanno come punto di riferimento i veicoli connessi e i dati prodotti dal loro utilizzo.

2. Il fenomeno della mobilità connessa coinvolge numerose tecnologie (uno studio del 2020 commissionato dal Parlamento europeo ne individuava almeno sette)¹⁸, le quali consentono oggi quattro modelli di mobilità c.d. intelligente, cioè datizzata: i C-ITS – *Cooperative Intelligent Transport Systems*¹⁹; la CCAM – *Connected, Cooperative and Automated Mobility*²⁰; la MaaS – *Mobility as a Service*²¹; la SoL – *Self-Organising Logistics*²².

¹⁷ Cfr. A. QUARTA, *Contenuti digitali e beni con elementi digitali: c'è ancora posto per la proprietà privata?*, in T. ASQUINO, A. RIZZO, M. TESCARO (a cura di), *Questioni attuali in tema di commercio elettronico*, Esi, Napoli, 2020, p. 33; P. BENANTI, F. MAZZETTONI, op. loc. cit., osservano che «il *software* è un'architettura che separa il controllo e la gestione dall'*hardware* fisico. Per fare un esempio, più che comperare un'automobile, noi siamo destinati nel prossimo futuro, a noleggiare una centralina elettronica che dà istruzioni al veicolo».

¹⁸ Cfr. European Parliament: Directorate-General for Internal Policies of the Union, CE Delft, TNO, A. SCHROTEN, A. GRINSVEN, et al., *The impact of emerging technologies on the transport system*, European Parliament, 2020, <https://data.europa.eu/doi/10.2861/302900>, p. 22 ss., che individua sette tecnologie fondamentali costituenti «la spina dorsale» delle applicazioni di *smart mobility*: *sensori intelligenti*; *connettività*; *blockchain*; *piattaforme digitali*; *Big Data*; *Intelligenza Artificiale*; *Internet of Things* (IoT).

¹⁹ Sistemi informativi che permettono a veicoli ed infrastrutture di condividere informazioni in tempo reale per migliorare la sicurezza e l'efficienza del traffico.

²⁰ Sistemi di mobilità automatizzata e cooperativa. Questa etichetta include anche i veicoli a guida autonoma, che interagiscono tra loro e con l'ambiente esterno ed assumono decisioni di guida senza intervento umano.

²¹ Si tratta di un modello di trasporto integrato in cui l'utente può pianificare, prenotare e pagare viaggi multimodali tramite un'unica piattaforma. L'obiettivo della CCAM è passare da un paradigma di circolazione incentrato sull'auto privata ad uno incentrato sull'accesso flessibile ai servizi di trasporto.

²² Logistica auto-organizzata, dove gli elementi della *supply chain* sono dotati di c.d. «intelligenza distribuita» e «capacità decisionali autonome». Questa applicazione tecnologica permette di ottimizzare i flussi di merci, di ridurre i trasporti inutili e di migliorare la puntualità.

Smart cars, smart roads e smart mobility sono prodotti del mercato, di cui il legislatore unionale ha estesamente riconosciuto la meritevolezza rendendoli, in certa misura, obbligatori.

La meritevolezza della mobilità datizzata è stata argomentata dalla Commissione UE in varie comunicazioni. Nel 2016 la Commissione²³ indicò la funzione sociale della mobilità connessa nei seguenti obiettivi: «miglioramento della sicurezza stradale»²⁴; «incremento dell'efficienza del trasporto stradale»²⁵; «salvaguardia della competitività dell'industria europea». A quest'ultimo proposito, basandosi sulle ricerche nel frattempo finanziate nell'ambito del programma H2020, la Commissione europea fece nel 2018 una previsione di crescita dell'industria automobilistica che purtroppo non si è avverata²⁶.

Dal 2018²⁷ l'Unione europea ha poi legato la digitalizzazione della mobilità alla decarbonizzazione, quindi all'elettrificazione dei veicoli (col divieto di immatricolazione di veicoli con motore a combustione interna a partire dal 2035), ed ha quindi integrato la transizione digitale con la transizione verde nel settore dei trasporti, presumendo che la mobilità connessa sia anche mobilità sostenibile²⁸.

²³ Cfr. Commissione europea, COM (2016) 766 – *Una strategia europea per i sistemi di trasporto intelligenti, cooperativi. Prima tappa verso una mobilità cooperativa, connessa e automatizzata*.

²⁴ La Commissione auspica che la comunicazione fra veicoli e dei veicoli con le infrastrutture incrementi la cooperazione fra gli utenti e i gestori della strada e consenta di dimezzare entro il 2030 il numero dei feriti gravi sulle strade della UE, rispetto ai valori di riferimento del 2020, nonché di azzerare il numero delle vittime della circolazione stradale per il 2050.

²⁵ L'idea della Commissione è che la comunicazione fra veicoli renda gli stessi più facili da condividere, consenta una migliore gestione del traffico, mentre un sistema dei trasporti integrato, che fosse interoperabile a tutti i livelli, permetterebbe di incrementare l'intermodalità.

²⁶ La Commissione europea, COM (2018), 283 final, 17 maggio 2018, con la comunicazione «verso la mobilità automatizzata: una strategia dell'UE per la mobilità del futuro» prevedeva «che il nuovo mercato dei veicoli automatizzati e connessi cresca in modo esponenziale e che produca benefici economici di grande entità, come ad esempio entrate di oltre 620 miliardi di euro entro il 2025 per l'industria automobilistica e di 180 miliardi di euro per il settore elettronica della UE. La mobilità automatizzata potrebbe quindi sostenere il piano ambizioso della UE di rafforzare tale settore e renderlo più competitivo, creando nuovi posti di lavoro e stimolando la crescita economica».

²⁷ Cfr. Commissione europea, COM (2018), 293 final, *L'Europa in movimento. Una mobilità sostenibile per l'Europa: sicura, interconnessa e pulita*, 17 maggio 2018; seguita poi dalla Comunicazione del 19 dicembre 2019 intitolata *EU Green Deal*, dalla omonima risoluzione del Parlamento europeo del gennaio del 2020 e dalla comunicazione del 2020 intitolata *Strategia per una mobilità sostenibile e intelligente: mettere i trasporti europei sulla buona strada per il futuro*. A dicembre 2025 la Commissione europea, con l'*Automotive Package*, ha proposto di rivedere il divieto di vendita di veicoli a motore termico dal 1° gennaio 2035.

²⁸ Commissione europea, COM (2018) 293 final, *L'Europa in movimento. Una mobilità sostenibile per l'Europa: sicura, interconnessa e pulita*, 17 maggio 2018, p. 2. Leggiamo in questa comunicazione: «l'automazione e i sistemi di interconnessione renderanno i veicoli più sicuri, più facili da condividere e più accessibili per tutti i cittadini, anche [...] gli anziani e i disabili. Potranno aiutare a ridurre la congestione del traffico, aumentando così l'efficienza energetica e migliorando la qualità dell'aria, oltre a contribuire alla lotta ai cambiamenti climatici».

Il rapporto Draghi sul «futuro della competitività europea» nel settembre 2024 ha purtroppo smentito le rosee previsioni della Commissione europea di sei anni prima, dimostrando come invece le politiche climatiche unionali abbiano fatto perdere alle industrie europee del settore automobilistico una quota di mercato di circa il 20% in otto anni (a favore dell'industria cinese). Infatti, la quota di mercato dell'industria automobilistica europea è scesa dall'80% (nel 2015) al 60% nel 2023²⁹. Inoltre, anche sul versante della sicurezza le aspettative della UE sono rimaste indimostrate su molti versanti.

Nel frattempo però la digitalizzazione della mobilità è diventata obbligatoria. Il Reg. UE 2019/2144³⁰ ha reso obbligatori, a partire dal 6 luglio 2022, per tutti i nuovi veicoli a motore, quale requisito di omologazione (cioè di immisione in commercio) e di immatricolazione (cioè di ammissione all'uso su strada) una serie di «sistemi avanzati»³¹. Inoltre, il Reg. delegato UE 2024/1180³² ha aggiornato i requisiti generali per l'omologazione CE dei veicoli con riferimento ai sistemi *eCall* di bordo basati sul numero 112 (art. 1)³³, i quali sono obbligatori dal 2018.

Il codice delle assicurazioni private è stato a sua volta novellato nel 2017³⁴ per obbligare le compagnie di assicurazione della RCA a praticare, secondo criteri definiti dall'IVASS, uno sconto significativo del premio assicurativo per i contraenti che accettino di installare sui loro veicoli la c.d. *black box* assicurativa e/o meccanismi elettronici che impediscono l'avvio del motore qualora sia riscontrato nel guidatore un tasso alcolemico superiore ai limiti stabiliti dalla legge per la conduzione dei veicoli a motore (art. 132 *ter* CAP). Ciò ha aperto la strada a vari problemi in merito alla violazione dei principi costituzionali del giusto processo con riferimento ai dati registrati dalla *black box* assicurativa, che

²⁹ La quota di mercato delle case automobilistiche cinesi per i veicoli elettrici in Europa è passata dal 5% nel 2015 a quasi il 15% nel 2023 mentre la quota delle case automobilistiche europee nel mercato dell'UE dei veicoli elettrici è scesa dall'80% al 60%.

³⁰ Relativo ai requisiti di omologazione dei veicoli a motore per quanto riguarda la loro sicurezza generale e la protezione degli occupanti dei veicoli e degli altri utenti vulnerabili della strada.

³¹ Quali: a) l'adattamento intelligente della velocità; b) l'interfaccia di installazione di dispositivi di tipo *alcolock*; c) l'avviso della disattenzione e della stanchezza del conducente; d) l'avviso avanzato di distrazione del conducente; e) la segnalazione di arresto di emergenza; f) il rilevamento in retromarcia; g) il registratore di dati evento (*Event Data Recorder*), detto anche *black box*/scatola nera auto-integrata.

³² Che modifica il Reg. UE 2015/758 per quanto riguarda le norme relative a *eCall* (basato sul 112).

³³ Cioè «un sistema di emergenza, composto di un equipaggiamento di bordo e dei mezzi per attivare, gestire, attuare la trasmissione *eCall*, attivato automaticamente tramite i sensori di bordo oppure manualmente, che invia, per mezzo delle reti di comunicazione mobile senza fili, una serie minima di dati e apre un canale audio basato sul 112 tra gli occupanti del veicolo e uno PSAP» (centro di raccolta delle chiamate di emergenza, sotto la responsabilità di un'autorità pubblica o di un organismo privato riconosciuto in cui pervengono inizialmente le chiamate di emergenza).

³⁴ Art. 1 comma 20, l. 4 agosto 2017, n. 124.

ai sensi dell'art. 145 *bis* CAP formerebbero «piena prova, nei procedimenti civili, dei fatti cui essi si riferiscono, salvo che la parte contro la quale sono» stati prodotti «dimostri il mancato funzionamento o la manomissione del medesimo dispositivo». Su questa norma pende infatti dal 2017 una questione di legittimità costituzionale, per violazione dei principi del giusto processo (art. 111 comma 2 Cost. e art. 6 CEDU), sollevata dal giudice di pace di Barra³⁵, non ancora decisa dalla Consulta. La Suprema Corte di Cassazione, dal canto suo, ha negato il valore di prova legale delle registrazioni delle *smart box* assicurative in mancanza dell'omologazione ministeriale³⁶.

Quanto alle *smart roads*, la Direttiva sulla diffusione sistemi di trasporto intelligenti (ITS)³⁷ 2010/40/UE è stata modificata dalla Direttiva C-ITS (Direttiva UE 2023/2661) sui sistemi di trasporto intelligente e cooperativo³⁸. Queste norme prescrivono l'applicazione di tecnologie di comunicazione elettronica sulle infrastrutture del trasporto stradale per la raccolta e il trattamento dei dati relativi alle strade, al traffico e alle condizioni meteorologiche, allo scopo di for-

³⁵ Il Giudice di Pace di Barra, con l'ordinanza dd. 30 settembre 2017, ha ritenuto non manifestamente infondata la q.l.c. dell'art. 145 *bis* cap, nella parte indicata nel testo, per contrasto, non altrimenti risolvibile, con i principi del giusto processo stabiliti dall'art. 111 comma 2 Cost., laddove è previsto che «ogni processo si svolge nel contraddittorio tra le parti, in condizioni di parità, davanti ad un giudice terzo ed imparziale», nonché con l'art. 6 comma 1 della CEDU («ogni persona ha diritto a che la sua causa sia esaminata equamente, pubblicamente ed entro un termine ragionevole da un tribunale indipendente ed imparziale, costituito per legge»), quale norma interposta ai sensi dell'art. 117, comma 1 e dell'art. 10, comma 1 Cost. Secondo il giudice remittente, l'anomalia della norma «consiste nel fatto che non è la parte che deposita il documento (proveniente da società privata...) a dover dimostrare la legittimità delle acquisizioni e la correttezza delle risultanze della scatola nera, bensì quella contro la quale il documento è prodotto che deve fornire la prova (pena l'eventuale soccombenza nel giudizio), che tali risultanze sono falsate perché il dispositivo è malfunzionante o manomesso, non essendo prevista alcuna forma di contraddittorio nella formazione della prova nella sede precontenziosa (ma solo che «le medesime risultanze sono rese fruibili alle parti», v. art. 145 *bis*, ultimo periodo, che è cosa ben diversa). Pertanto, detta parte non avrà altra scelta (escludendo la proposizione della querela di falso ex artt. 221 ss. c.p.c., non vertendosi in tema di atti provenienti da pubblici ufficiali) che quella di richiedere una consulenza tecnica di ufficio (dove una perizia privata rappresenterebbe una mera allegazione difensiva), la quale non costituisce, salvo casi eccezionali, un mezzo di prova in senso tecnico, e solo qualora il giudice dovesse ritenere le risultanze della c.t.u. di pari efficacia di quelle rappresentate nella prova legale (facendo eventualmente uso dei poteri di ispezione ai sensi dell'art. 118 c.p.c.) potrà riacquistare la libertà di scelta delle prove ai fini del proprio convincimento. In buona sintesi, al documento proveniente dal terzo (ovvero la società privata che gestisce i *report* della scatola nera), formatosi senza alcun controllo giudiziale e al di fuori del vaglio del contraddittorio, viene attribuita la forza di fondare il giudizio di fatto».

³⁶ Cfr. Cass., 16 maggio 2024, n. 13725, in www.laTribunaPlus.it.

³⁷ I sistemi di trasporto intelligenti (ITS), vengono definiti dalla direttiva come «sistemi cui sono applicate tecnologie dell'informazione e della comunicazione, nel settore del trasporto stradale, infrastrutture, veicoli e utenti compresi, e nella gestione del traffico e della mobilità nonché nelle interfacce con gli altri modi di trasporto» (art. 4, n. 1 Dir. 2010/40/UE).

³⁸ Si tratta di sistemi che consentono agli utenti ITS di «interagire e collaborare scambiandosi messaggi sicuri e affidabili senza conoscenza reciproca preliminare».

nire servizi di informazione sulla mobilità multimodale, sul traffico in tempo reale, sulla possibilità di prenotare aree di parcheggio, nonché per consentire agli utenti le chiamate di emergenza.

Inoltre, il c.d. decreto *Smart Roads* (d.m. 28 febbraio 2018), ha promosso l'adattamento tecnologico della rete nazionale delle strade in linea con la cornice europea, anche in supporto ai veicoli connessi automatizzati, al dichiarato scopo di favorire la riduzione degli incidenti stradali e la continuità del sistema europeo del trasporto cooperativo intelligente (C-ITS)³⁹. L'art. 8 Decreto *Smart Road* impone che le funzioni di comunicazione digitale siano obbligatoriamente implementate in tutte le strade di nuova costruzione e su tutte le strade già esistenti qualora siano oggetto di interventi di innovazione tecnologica, ponendo i relativi costi (prevedibilmente enormi) a carico dei concessionari o degli enti gestori.

3. La funzione di comunicazione artificiale fra veicoli ed infrastrutture del trasporto, promossa e in certi limiti imposta dal legislatore, va concettualmente distinta dalla funzione di automazione della guida dei veicoli.

La guida autonoma impiega *software* di intelligenza artificiale che utilizzano i dati raccolti dai veicoli connessi per assumere decisioni automatizzate di guida, privando l'utente del veicolo di autonomia decisionale in misura inversamente proporzionale all'incremento di autonomia decisionale della macchina.

La mobilità connessa è quindi un fenomeno più ampio e distinto, dal punto di vista concettuale e tecnologico, dalla mobilità autonoma, che ne costituisce solo un'applicazione possibile.

Inoltre, la mobilità connessa è già una realtà, mentre non lo è la guida completamente autonoma, poiché le automobili senza conducente, con livello di autonomia 4 e 5 (c.d. *driverless cars*)⁴⁰, non sono ammesse in Italia alla circolazione su strada e paiono difficilmente compatibili con il requisito della sorveglianza

³⁹ Secondo il programma previsto dall'art. 4 del Decreto *Smart Roads*, il processo di digitalizzazione viene applicato anzitutto alle infrastrutture stradali della Rete Transeuropea dei Trasporti (TEN-T), alle nuove infrastrutture che collegano elementi della TEN-T, e progressivamente a tutte le infrastrutture appartenenti al primo livello del Sistema Nazionale Integrato dei Trasporti (SNIT).

⁴⁰ La classificazione SAE prevede per il livello 5 che: «*As of Level 4, the driver can hand over all driving tasks to the system and no longer has to monitor them. However, the driver is still able to overrule the system and switch it off. The system no longer asks the driver to take over control of the vehicle as long as it is in normal operation within its predefined driving environment. Depending on the stage of V-to-V communication, ad-hoc convoys (platoons) can be formed, for example. This includes the highway pilot, which performs all forward/backward and sideways movements of the vehicle without the driver having to monitor the system. If the driver does not react to the signal to take over control, the vehicle brakes to a standstill and parks independently in a suitable parking space*».

umana richiesto dall'art. 14 Reg. UE 2024/1689 (AIA) come requisito di immissione in commercio dei sistemi di IA ad alto rischio⁴¹.

Si osserva che l'AIA cataloga i sistemi di guida autonoma fra i sistemi di «IA ad alto rischio» i quali, come condizione della loro immissione in commercio, richiedono la «sorveglianza umana» (art. 14 AIA). Tale requisito potrebbe essere soddisfatto, in linea di principio, tanto da un conducente (nel veicolo) quanto da un super-conducente (da remoto) che possa efficacemente monitorare il sistema autonomo di guida mentre è in uso; che possa comprenderne e correggerne anomalie, disfunzioni e prestazioni inattese; che possa interpretarne correttamente le decisioni; che possa «ignorare, annullare o ribaltare» le decisioni assunte dal sistema di guida autonomo, cioè che possa intervenire sul suo funzionamento o arrestarlo. Tuttavia, l'art. 14 comma 3 lett. d) AIA richiede che il veicolo sia progettato in modo che il supervisore umano possa «decidere, in qualsiasi situazione particolare, di non usare il sistema di IA ad alto rischio», cioè che possa disconnetterlo e passare ad una funzione di guida inte-

⁴¹ Per quanto riguarda la guida c.d. assistita, detta anche ADAS – *Advanced Driver Assistance System*, sono attualmente ammesse alla circolazione in Italia solo le *self-driving cars* fino al livello 3 di automazione, le quali coinvolgono ancora attivamente il conducente, cioè l'utilizzatore del veicolo, nel monitoraggio e nel controllo della guida del veicolo. La guida completamente autonoma, secondo quanto si evince dalla descrizione dei livelli di autonomia 4 e 5 della classificazione SAE, in cui il conducente umano scompare e l'automobile è *driverless*, non essendovi più alcun monitoraggio né controllo umano sulla guida integralmente automatizzata, salva solo la funzione di spegnimento del veicolo, pare invece uno scenario utopico, almeno in Italia, se è vero che l'art. 46 NCDS, anche dopo le modifiche apportate nel 2016 e nel 2022 alla Convenzione di Vienna del 1968 sulla circolazione stradale, continua a richiedere per la giuridica qualificazione del veicolo che la macchina di qualsiasi specie circolante sulle strade (cioè in luoghi aperti al pubblico) sia guidata dall'uomo, cioè che l'utilizzatore del veicolo ne abbia il controllo. La Convenzione di Vienna del 1968 è stata modificata nel 2016 con l'introduzione nell'art. 8 di un nuovo comma 5 *bis*, giusta il quale il «controllo del conducente» è compatibile con la presenza di un sistema autonomo di cui il conducente sia in grado di riprendere il controllo. Sicché l'art. 46 NCDS, interpretato in combinato disposto con l'art. 8 comma 5 *bis* Convenzione di Vienna, è compatibile con sistemi di guida assistita (fino al livello 3 di autonomia) benché non completamente autonoma: cfr. sul punto si rinvia a M.C. PINTO, E. ROSAFIO, *Responsabilità civile per la circolazione degli autoveicoli a conduzione autonoma. Dal grande fratello al grande conducente*, in *Diritto dei trasporti*, 2019, p. 367 ss., specie alle pp. 373 ss. La Convenzione di Vienna è stata quindi modificata nel 2022, con l'introduzione dell'art. 34 *bis* con cui i veicoli autonomi di livello 3 e 5 avrebbero «ricevuto il via libera alla circolazione su strada pubblica, seppure nei limiti da definire a livello nazionale»: cfr. I. FERRARI, *La guida autonoma tra regole internazionali e normative interne*, in *Dir. traspr.*, 2023, n. 2, 475. L'A. riferisce in merito alle sperimentazioni in atto in UK, Francia, Germania e paesi nordici all'indomani delle modifiche della Convenzione di Vienna del 1968 sulla circolazione stradale. Non così in Italia, dove il disposto dell'art. 46 NCDS è rimasto invariato, mentre l'art. 10 del decreto *smart roads* ammette la sperimentazione su strada di veicoli a guida automatizzata, previa autorizzazione, che è subordinata alla presenza nel veicolo di un «supervisore» con elevati requisiti di competenza, cioè di un utilizzatore umano del veicolo che ne mantenga il controllo, dovendo «essere in grado di commutare tempestivamente tra operatività del veicolo in modo automatico e operatività dello stesso in modo manuale e viceversa», il quale assume pertanto «la responsabilità del veicolo in entrambe le modalità operative».

ramente umana. Questa prescrizione sembrerebbe richiedere che il supervisore umano sia presente all'interno del veicolo, e quindi che ne sia l'utilizzatore, non consentendo lo spostamento sul solo produttore dell'intero potere di controllo sul veicolo. Non pare quindi condivisibile la tesi di chi⁴² sostiene che i veicoli autonomi di livello 4 e 5 potrebbero essere ammessi in Italia all'omologazione sulla base dell'applicazione analogica del decreto *Smart Roads* 28 febbraio 2018, laddove consente l'omologazione temporanea dei veicoli autonomi di livello 4 e 5 per fini sperimentali (peraltro continuando a richiedere la presenza a bordo di un supervisore umano).

Nei veicoli autonomi di livello 4 e 5 secondo la classificazione SAE l'utilizzatore non ha alcun potere di controllo sul veicolo, essendo l'intero potere di controllo concentrato nelle mani del fabbricante del veicolo in virtù della proprietà esclusiva del *software*, della fornitura di servizi digitali correlati e dell'uso dei *non personal IoT-data* necessari. Pare dunque che questo assetto di guida autonoma non risulti conforme a quanto prescritto dall'art. 14 AIA.

In particolare, il controllo del fabbricante non pare soddisfare la prescrizione di cui all'art. 14, comma 3, AIA, che sembra richiedere che l'utilizzatore umano del veicolo a guida automatizzata mantenga il suo potere di controllo sul veicolo, potendo passare dalla guida autonoma a quella manuale. Si dovrebbe allora concludere che la guida completamente automatizzata non possa attualmente considerarsi un valore per l'ordinamento europeo. Come sembra confermato anche dalla Commissione europea⁴³ laddove ha sottolineato, in linea con il principio di precauzione, la necessità di ulteriori ricerche per prevedere gli effetti a lungo termine della guida automatizzata e connessa e per valutarne la sicurezza e la «conformità con i valori europei».

Si deve inoltre considerare che la mobilità completamente autonoma non può non avere un radicale impatto antiumano sull'assetto della mobilità urbana e sull'esistenza stessa delle città come formazioni sociali. L'avvento di un livello di automazione integrale (4 e 5), richiederebbe percorsi stradali integralmente

⁴² Cfr. M.C. GAETA, *The regulation of certain aspects of autonomous driving in the Italian legal system*, cit., p. 281.

⁴³ Nella COM (2018) 283 final, 17 maggio 2018, *Verso una mobilità automatizzata. Strategia UE per la mobilità del futuro*, p. 16, laddove riconosce che «poiché i veicoli automatizzati ed autonomi sono ancora in fase di collaudo, restano ancora in gran parte sconosciuti gli effetti a lungo termine della mobilità autonoma sul sistema dei trasporti, sull'economia, sull'ambiente e sull'occupazione. Sebbene allo stato attuale, risulti difficile avere un quadro completo della situazione, è necessario valutare quanto prima quali potrebbero essere gli effetti a lungo termine per prevedere le possibili ricadute negative e adottare le misure di attenuazione necessarie. È inoltre di fondamentale importanza affrontare quando prima possibile le questioni etiche emergenti per fare in modo che le tecnologie vengano sviluppate in conformità ai valori europei».

riservati, sottratti a qualsiasi altra modalità di trasporto a guida umana, o comunque non automatizzata al medesimo livello, e richiederebbe in definitiva «l'allontanamento dei pedoni, dei ciclisti e dei conducenti umani dalle strade e dalle città»⁴⁴. Questo tipo di decisione politica dovrebbe essere assoggettata ad un attento scrutinio, anche costituzionale, per i suoi effetti pregiudizievoli su libertà fondamentali degli individui (libertà personale, libertà di circolazione, libertà di riunione e di associazione, libertà di scelta). Come ha riconosciuto anche la Commissione europea, infatti: «i veicoli autonomi dovranno condividere le strade non solo con le autovetture non automatizzate, ma anche con i pedoni, i ciclisti e i motociclisti. Per tale ragione la diffusione di tali veicoli potrà avere luogo solo nel momento in cui verrà garantita non solo la sicurezza degli utenti in possesso di veicoli automatizzati, ma anche quella di tutto il sistema stradale»⁴⁵.

Già nel 2018 la Commissione europea riconosceva che «molti veicoli» erano «già connessi tramite le tecnologie cellulari» e prevedeva «che tutte le nuove autovetture» sarebbero state «connesse ad internet entro il 2022»⁴⁶. La Commissione dichiarava anche che, pur essendo i fenomeni della connessione e dell'automazione dei veicoli concettualmente distinti, la decisione di seguire «un approccio integrato tra automazione e connettività nei veicoli»⁴⁷ è eminentemente politica. L'approccio integrato consente in particolare di collegare gli enormi investimenti necessari «per favorire la digitalizzazione del settore dei trasporti» al «sostegno dell'automazione»⁴⁸, cioè di una particolare applicazione dell'IA nel settore della mobilità, la quale viene a sua volta accreditata nell'immaginario collettivo come funzionale ad obiettivi di interesse generale,

⁴⁴ Cfr. G. GIGERENZER, *Perché l'intelligenza umana batte ancora gli algoritmi*, in *Scienza e idee*, diretto da G. GIORELLO, Milano, 2022, p. 89 ss., specie a p. 122.

⁴⁵ COM (2018) 283 final, cit., p. 12.

⁴⁶ Commissione europea, COM (2018) 283 final, del 17 maggio 2010, *Verso la mobilità automatizzata: una strategia dell'UE per la mobilità del futuro*, a p. 6: «Tale connettività permette di accedere ad informazioni sulle condizioni di traffico, sull'itinerario previsto [...] e permetterà alle autorità pubbliche di raccogliere dati [in forma anonima,] sul parco veicoli su vasta scala», sul «consumo reale medio di carburante, di energia», «sulle condizioni del traffico in tempo reale. A partire dal 2019 alcune nuove serie di veicoli saranno equipaggiate di dispositivi di comunicazione dotati di wi-fi a corto raggio [...] per l'attivazione di servizi di sicurezza [...]». A partire dal 2020, l'emergente tecnologia 5G amplierà considerevolmente le modalità di comunicazione...».

⁴⁷ Commissione europea, COM (2018) 283 final, del 17 maggio 2010, *Verso la mobilità automatizzata: una strategia dell'UE per la mobilità del futuro*, a p. 6: «sebbene i veicoli automatizzati non debbano essere necessariamente connessi e i veicoli connessi non richiedano automazione, si prevede che, a medio termine, la connettività rappresenterà un elemento determinante per i veicoli autonomi. Di conseguenza, la Commissione seguirà un approccio integrato tra automazione e connettività nei veicoli».

⁴⁸ Cfr. Commissione europea, COM (2018) 283 final, del 17 maggio 2010, *Verso la mobilità automatizzata: una strategia dell'UE per la mobilità del futuro*, p. 10.

quali la sicurezza della circolazione stradale, la sua sostenibilità, l'inclusione dei disabili, etc. Occorre tuttavia verificare attentamente, in concreto, in relazione alle diverse modalità di trasporto e ai differenti impieghi, strumentali o personali, dei veicoli a motore, la proporzionalità e la ragionevolezza del bilanciamento della digitalizzazione imposta (dal mercato e dal legislatore) con i diritti e le libertà che la stessa sacrifica.

Come ha evidenziato la dottrina gius-pubblicistica più attenta, la mobilità digitalizzata crea nuovi rischi e la certezza di nuovi danni, che andrebbero gestiti rispettivamente, quanto ai rischi, secondo il principio di precauzione, quindi con l'adozione di cautele preventive, e secondo il principio di prevenzione quanto ai danni certi, cioè ponendo un limite al c.d. soluzionismo tecnologico⁴⁹. A questo proposito occorre evidentemente distinguere fra il soluzionismo tecnologico applicato alle macchine industriali e all'industria dei trasporti, dalla digitalizzazione indiscriminata del consumo e della circolazione dei privati. È evidente che la capacità predittiva dell'IA applicata ad una nave cargo connessa o ad un aeromobile, cioè a sistemi meccanici che hanno funzioni predeterminate, può comportare maggiori vantaggi in termini di prevenzione dei sinistri e di efficienza delle procedure di salvataggio. Ma bilanciamenti diversi si impongono nel caso dell'automobile privata connessa, in cui l'IA venga applicata per fare previsioni e assumere decisioni che hanno effetti significativi sulla vita di individui che utilizzano beni indispensabili per l'esercizio di libertà fondamentali. La digitalizzazione indiscriminata del consumo e dei beni personali potrebbe aumentare in modo sproporzionato ed irragionevole i rischi per la dignità e la libertà delle persone, poiché la raccolta intrusiva e permanente di *big data* sulla circolazione degli individui (che, per disposto costituzionale, non ammette di essere assoggettata ad un controllo informativo permanente) e sulle loro comunicazioni (che dovrebbero invece rimanere riservate, per disposto costituzionale) consente forme di sorveglianza di massa, quindi una violazione di valori di libertà.

Vi sono poi maggiori rischi di cibersicurezza e di sinistri stradali dovuti non più all'errore umano del conducente bensì a difetti di programmazione del computer di bordo, a difetti di comunicazione del veicolo e delle infrastrutture stradali (sensori difettosi, *software* vulnerabili, connettività instabile), che fra l'altro rendono sempre più difficile individuare un responsabile civile con l'applicazione dei criteri di imputazione della responsabilità sanciti dagli artt. 2043, 2051, 2054 c.c. e che hanno reso necessario l'aggiornamento della Direttiva UE sulla

⁴⁹ Cfr. l'interessata riflessione di G. BUTTARELLI, *Privacy, sicurezza e nuove tecnologie al bivio di nuove scelte strategiche*, in *federalismi.it*, n. 1, 2015, p. 2 ss.

responsabilità civile per danno da prodotto difettoso (Dir. UE 2024/2853 del 23 ottobre 2024).

Tale aggiornamento, come è noto, è intervenuto sulla nozione di «prodotto», rendendola dinamica, includendovi fra l'altro non solo beni immateriali come il *software*, ma anche i «beni mobili interconnessi», che integrano, sotto il controllo del fabbricante, componenti digitali dematerializzati e delocalizzati (*software*, servizi digitali correlati e *non-personal IoT data*). Tale aggiornamento ha commisurato la responsabilità oggettiva del produttore al suo più esteso potere di controllo sul prodotto connesso anche dopo la sua immissione sul mercato (art. 4 n. 5 PDL) e tiene conto anche degli obblighi di monitoraggio, modifica, aggiornamento e miglioria, che gravano sul produttore-venditore di beni con elementi digitali ai sensi degli artt. 128 ss. c. cons. (attuativi della Dir. 2019/771/UE). Viene dunque estesa la responsabilità civile del produttore al danno causato da difetti sopravvenuti (del servizio correlato, del *software* di IA, degli *IoT Data*, ecc.) dopo l'immissione sul mercato del prodotto connesso, poiché in questo scenario la causa del difetto resta interna alla sfera di attività del produttore (art. 11, comma 2, PDL). La nuova PDL ha quindi coinvolto nella responsabilità solidale per danno da prodotto difettoso gli innumerevoli operatori economici che intervengono non solo nella produzione ma anche nella gestione e nell'esercizio post-vendita del prodotto (come i terzi fornitori di servizi correlati scelti e/o raccomandati dal produttore)⁵⁰. Tuttavia questa riforma non basta ad allocare in modo giusto i nuovi rischi e il costo dei nuovi danni che saranno causati dalla mobilità connessa.

La dottrina più attenta ha censito i maggiori rischi di sinistri legati alla circolazione ibrida⁵¹; i rischi da complessità⁵²; i rischi da tecnologia⁵³. Occorre poi

⁵⁰ Cfr. F. CAROCCIA, *La Direttiva 2024/2853 sui prodotti difettosi nel contesto della strategia europea in materia di responsabilità per danni da IA*, in C. ALVISI, L. DI NELLA (a cura di), *Intelligenza artificiale sostenibile e diritto civile*, Esi, Napoli, 2025, p. 189; M. FRANZONI, *Note sulla nuova direttiva sul danno da prodotti*, in *Danno resp.*, 2025, p. 157 ss.; N. CEVOLANI, *La nuova disciplina europea della responsabilità per danno da prodotti difettosi (Dir. 2024/2853/UE)*, in *Nuove leggi civ. comm.*, 2025, p. 441; A. AMIDEI, *Il (futuro) nuovo volto della responsabilità da prodotto difettoso*, in *Tecnologie e diritto*, 2023, 1, 27; F. MEZZANOTTE, *Liability for digital products, Risk allocation and liability regimes in the IoT*, in A. DE FRANCESCO, R. SCHULZE (a cura di), *Digital revolution. New challenges for law*, cit., p. 169 ss.

⁵¹ Cfr. in tal senso F. GASPARI, *L'acquis dell'Unione europea in materia di sicurezza stradale e i sistemi di trasporto intelligenti*, in *Dir. dei trasporti*, 2019, 1, che richiama in proposito il massimale assicurativo quadruplo richiesto dall'art. 19, comma 1 del decreto "Smart Roads" per le autorizzazioni temporanee alle sperimentazioni di guida autonoma su strada.

⁵² Rischi che aumentano l'emarginazione degli utenti più vulnerabili e rendono meno accessibile la proprietà privata dell'automobile.

⁵³ Cfr. in tal senso F. GASPARI, *L'acquis dell'Unione europea in materia di sicurezza stradale e i sistemi di trasporto intelligenti*, cit., p. 30, il quale osserva che il *data event recorder* è una tecnologia incerta, che rischia di creare più problemi giuridici di quanti non ne risolva, e che per tale ragione, in base al principio di

considerare anche il potenziale deficit infrastrutturale e il rischio di emarginazione territoriale che la politica delle *smart roads* e della mobilità autonoma potrebbe causare alle zone che non ne sono servite. Una volta che i veicoli connessi ed autonomi venissero sostituiti integralmente alla mobilità tradizionale, sarebbe possibile transitare solo sulle *smart roads*, mentre i territori non serviti dalle costose infrastrutture “intelligenti” verrebbero emarginati in violazione del principio, europeo e costituzionale, della coesione territoriale. Lo stesso decreto *Smart Roads* riconosce che molte delle funzioni digitali rese obbligatorie hanno un impatto negativo su diritti fondamentali (libertà di autodeterminazione informativa, economica, di circolazione) e sull’ambiente (in quanto energivore e produttive di emissioni clima-alteranti se alimentate da energia elettrica non prodotta da fonti rinnovabili). Né paiono sufficienti le misure di gestione dei rischi previste dal decreto *Smart Roads* che prescrive, ad esempio, che i sistemi di rilevamento del traffico e di *enforcement* (delle violazioni del codice della strada) e quello di monitoraggio in tempo reale delle condizioni climatiche, debbano essere progettati in modo da minimizzare il loro impatto ecologico ed energetico, mentre il sistema di archiviazione dei dati ricavati dal rilevamento delle condizioni di traffico deve essere progettato secondo il principio della *privacy by design*⁵⁴.

Per tutte queste ragioni, la dottrina gius-pubblicistica più accorta ha concluso che: «il ricorso all'utilizzo di sistemi di intelligenza nel settore dei trasporti su strada (ma la riflessione può senz'altro estendersi, *mutatis mutandis*, alle altre modalità di trasporto), non offre, a nostro avviso, una definitiva soluzione al problema della sicurezza, in quanto non toglie alla circolazione stradale il carattere di attività rischiosa e pericolosa»⁵⁵.

Non pare infine che la riforma della Direttiva UE sulla responsabilità civile per danno da prodotto difettoso sia sufficiente a garantire un'equa allocazione dei nuovi rischi e dei nuovi danni collegati alla mobilità connessa, occorrendo

precauzione, andava vietato, non reso obbligatorio per tutti i veicoli di nuova omologazione. L'A. ricorda, inoltre, con riferimento all'industria dei trasporti, i rischi di disoccupazione tecnologica.

⁵⁴ Circa le funzioni di comunicazione da attivare sulle strade, cfr. art. 6 e tabella alle pp. 280 e 281. Per molte di queste l'art. 6 prescrive che debbano essere progettate in modo da minimizzare il loro impatto ecologico ed energetico (ad es., il n. 5 che si riferisce ai sistemi di rilevamento del traffico e di *enforcement*, di rilevamento delle condizioni dei flussi di uscita, sviluppato su un elevato livello di dettaglio; il n. 8 si riferisce al sistema di monitoraggio in tempo reale per le condizioni climatiche e la pioggia) ovvero in osservanza della legislazione sulla *privacy* e la protezione dei dati (ad es. il n. 6 si riferisce a sistemi di archiviazione dei dati ricavati dal rilevamento delle condizioni di traffico e di scorrimento con funzioni di archiviazione e storicizzazione).

⁵⁵ F. GASPARI, *L'acquis dell'Unione europea in materia di sicurezza stradale e i sistemi di trasporto intelligenti*, in *Dir. dei trasporti*, 2019, 1, specie a p. 37 dove a quest'ultimo proposito richiama le pronunce di Sez. un. 29 aprile 2015, n. 8620 e Cass. 26 ottobre 2017, n. 25421.

invece riformare, per via ermeneutica, le categorie classiche della proprietà e della responsabilità per i danni da circolazione dei veicoli senza guida di rotaie.

4. Nel 2020 l'EDPB osservava che i veicoli connessi già presenti sul mercato non possono più considerarsi «un ambito privato in cui le persone possono godere di una certa autonomia decisionale al riparo da interferenze esterne»⁵⁶. I sensori di cui il veicolo è dotato e le applicazioni mobili accessibili dallo *smartphone* del conducente raccolgono dati all'interno e all'esterno del veicolo, non solo meccanici ma anche relativi a caratteristiche fisiche e comportamentali del conducente, dei passeggeri nonché degli altri utenti della strada.

Con la Comunicazione del 2023 intitolata «creazione di uno spazio unico europeo dei dati sulla mobilità»⁵⁷ la Commissione indicò che «i veicoli automatizzati dovranno essere sicuri, rispettare la dignità umana e la libertà di scelta personale»⁵⁸. In particolare, la Commissione sottolineò che «la protezione dei dati personali costituisce un fattore determinante per il buon esito della diffusione dei veicoli cooperativi, connessi e automatizzati» in quanto «i dati trasmessi dai veicoli mediante i sistemi C-ITS saranno in linea di massima considerati dati personali in quanto si riferiscono a una persona fisica identificata o identificabile»⁵⁹, vista anche la non irreversibilità delle tecniche di anonimizzazione con le tecniche di analisi dei dati oggi disponibili.

Tuttavia, come chiarisce il Considerando n. 4 del GDPR, anche «il diritto alla protezione dei dati di carattere personale non è una prerogativa assoluta, ma va considerato alla luce della sua funzione sociale e va temperato con altri diritti fondamentali, in ossequio al principio di proporzionalità». Quindi, se è vero che «il trattamento dei dati personali dovrebbe essere al servizio dell'uomo», si ammette tuttavia che lo stesso possa essere limitato e conformato dalla sua funzione sociale al rispetto di altri diritti fondamentali, riconosciuti dalla Carta di Nizza, quali ad esempio la libertà di impresa, la libertà di espressione e di informazione, il diritto di difesa, che possono atteggiarsi in modo antagonista verso il diritto al «rispetto della vita privata e familiare, del domicilio e delle comunicazioni», alla «protezione dei dati personali, [al]la libertà di pen-

⁵⁶ EDPB, *Linee guida 01/2020 sul trattamento dei dati personali nel contesto dei veicoli connessi e delle applicazioni legate alla mobilità*, punto 1.

⁵⁷ Commissione europea, COM (2023), 751 final, *Creazione di uno spazio unico europeo di dati sulla mobilità*.

⁵⁸ Commissione europea, COM (2018) 283 final, *Verso la mobilità automatizzata: una strategia della UE per la mobilità del futuro*, p. 18.

⁵⁹ Commissione europea, COM (2016) 766, *Una strategia europea per i sistemi di trasporto intelligenti, cooperativi. Prima tappa verso una mobilità cooperativa, connessa e automatizzata*, p. 9.

siero, di coscienza e di religione, [...] nonché [al]la diversità culturale, religiosa e linguistica» (Considerando 4 GDPR).

Il Gruppo Art. 29⁶⁰ ha evidenziato che, nel caso della mobilità connessa, i dati trasmessi, ad esempio attraverso la piattaforma C-ITS, sono prevalentemente dati personali in quanto gli interessati possono essere identificati in vari modi, sia con riferimento ai messaggi CAM (i quali vengono trasmessi con continuità e contengono dati cinematici e le dimensioni del veicolo) che con riferimento ai messaggi DENM (che vengono inviati solo al verificarsi di eventi specifici, ad es. incidenti e situazioni di emergenza, e contengono informazioni sull'evento)⁶¹. Molti dei dati raccolti e trattati nell'ambito della mobilità connessa sono relativi all'ubicazione del veicolo, sono biometrici o altrimenti sensibili (art. 9 GDPR) nonché relativi alle violazioni del codice della strada, che potrebbero essere anche di rilievo penale (art. 10 GDPR), potendo allora essere trattati solo sotto il controllo dell'autorità pubblica. Il Gruppo Art. 29 nel 2017 concludeva la sua *opinion* evidenziando che, sebbene il sistema C-ITS possa recare benefici alla società (in termini di sicurezza della circolazione e di rispetto dell'ambiente) tuttavia la natura intrusiva e continua delle comunicazioni C-ITS pone rischi significativi per la protezione dei dati personali e la *privacy* degli individui. E sottolineava che tali rischi sono difficilmente neutralizzabili con le misure previste dal GDPR per i trattamenti ad alto rischio, di cui il gruppo Art. 29 comunque raccomandava l'adozione⁶²: perché il tracciamento comportamentale è continuo; perché chi trasmette i dati non conosce né l'identità né le intenzioni dei destinatari; perché nel contesto di comunicazioni di radiodiffusione la sicurezza è molto critica, potendo i messaggi essere ricevuti da chiunque.

Anche l'EDPB nelle linee guida del 2020 ha richiamato i maggiori rischi in termini di sicurezza e di controllo dei dati nel caso della mobilità connessa, rischi che possono mettere in pericolo (invece di aumentare) la sicurezza stradale

⁶⁰ WP29, Parere 03/2017, sul documento intitolato *Trattamento dei dati personali nel contesto del sistema di trasporto intelligente (C-ITS)*, consultabile al seguente link https://www.osservatorio-dataprotection.it/wp-content/uploads/2021/12/Parere-3_2017-sul-documento-intitolato-_Trattamento-dei-dati-personali-nel-contesto-del-sistema-di-transporto-intelligente-cooperativo-C-ITS.pdf.

⁶¹ Poiché tali messaggi devono provenire da un mittente affidabile, devono necessariamente contenere dei certificati che associano univocamente il messaggio al veicolo, il quale viene a sua volta identificato con il numero di telaio (VIN).

⁶² Quali la valutazione di impatto del trattamento ex art. 35 GDPR; l'adozione di un meccanismo di *opt-in* per tutte le funzioni C-ITS; i principi della *privacy by design* e *by default* per consentire agli utenti di scegliere le opzioni di localizzazione (tempi, frequenza, luoghi), per rafforzare la sicurezza del sistema, per limitare la tracciabilità continua, per escludere i dati sensibili dalla comunicazione, per garantire la qualità dei dati, per assicurare la trasparenza del sistema di certificazione; il divieto di archiviazione centrale dei messaggi scambiati entro il sistema C-ITS, la limitazione dei periodi di conservazione dei dati trattati da tutte le parti coinvolte.

e l'integrità fisica del conducente⁶³. L'EDPB ha inoltre denunciato la difficile applicazione del consenso come base legittima del trattamento a causa della particolare struttura tecnologica della mobilità connessa, ed ha invocato piuttosto un intervento del legislatore europeo che legittimi i trattamenti della mobilità connessa in nome della sicurezza⁶⁴, così da integrare la base legale prevista dall'art. 6.1 lett. e) GDPR.

Detta base legale potrebbe oggi ravvisarsi, per i sistemi C-ITS, nell'art. 10 della Dir. UE 2023/2661, una volta che la norma sarà recepita nell'ordinamento interno⁶⁵. Secondo tale disposizione, i dati personali potranno essere trattati tramite i sistemi C-ITS solo nella misura necessaria per il funzionamento delle applicazioni, dei servizi e delle azioni ITS, solo al fine di garantire la sicurezza stradale, una migliore gestione del traffico, della mobilità e degli incidenti, cioè per finalità di interesse pubblico. Entro questi limiti, non occorre dunque il consenso degli interessati, neppure se verranno trattate particolari categorie di dati (quali i dati di localizzazione, i dati biometrici, i dati relativi alle violazioni del codice della strada), in modo permanente ed intrusivo. Tale norma introduce quindi una limitazione del potere controllo che il GDPR riconosce all'interessato a tutela della sua libertà di autodeterminazione informativa, in nome della sicurezza e/o della sostenibilità ambientale⁶⁶. Essa integra la funzione sociale del diritto alla protezione dei dati personali, bilanciando i diversi diritti di libertà delle persone con fini di interesse generale (sicurezza della circolazione, sostenibilità ambientale) e con il fine economico della realizzazione del mercato unico europeo dei dati. Tale norma non può dunque sottrarsi al controllo di proporzionalità e di ragionevolezza della Corte del Lussemburgo e delle Corti costituzionali nazionali, armate dalla dottrina dei controlimiti⁶⁷.

⁶³ EDPB, Linee guida 01/2020, cit., punto 44.

⁶⁴ Suggerimento ripreso e argomentato da S. SCAGLIARINI, *Smart roads and autonomous driving vs Data Protection: the problem of lawfulness of the processing*, in *European review of digital administration & law*, 2021, vol. 2, issue 1, p. 189 ss. Peraltro, gli stessi problemi tecnici sembrano ostacolare l'applicazione dei principi fissati dall'art. 5 GDPR per il trattamento dei dati personali (liceità, correttezza, trasparenza, limitazione della finalità, minimizzazione dei dati, esattezza, limitazione della conservazione, integrità e riservatezza).

⁶⁵ Il termine ultimo per il recepimento da parte degli Stati membri è stato fissato al 21 dicembre 2025.

⁶⁶ Appaiono dunque profetiche le parole di S. RODOTÀ, *Il diritto di avere diritti*, cit., p. 326 laddove avvertiva del pericolo del «digital tsunami» veicolato dall'internet degli oggetti, cioè «dell'uso crescente dell'argomento della sicurezza pubblica per ridurre libertà e diritti, per trasformare le nostre organizzazioni sociali da società di persone libere in "nazioni di sospetti"».

⁶⁷ Sulla dottrina dei controlimiti si rinvia a M. LUCIANI, *Il brusco risveglio. I controlimiti e la fine mancata della storia costituzionale*, in *Rivista AIC*, 2016, p. 2. L'A. richiama quanto precisato da Corte cost. n. 238 del 2014 laddove «chiara che i principi supremi della Costituzione che fungono da limiti alla revisione non sono diversi da quelli che restano invalicabili per le fonti sovranazionali e per quelle internazionali» (p. 7). Pertanto, i controlimiti non sono uno strumento di resistenza degli Stati-persona ai processi di

5. La connessione ad internet delle automobili resa obbligatoria dalla legge conforma la libertà di iniziativa economica dell'industria automobilistica e dei trasporti europea nonché la proprietà privata dei veicoli, sia di quelli impiegati come beni produttivi che di quelli utilizzati come beni personali (un veicolo privo di connessione non può più essere omologato, quindi non può essere immatricolato né conseguentemente usato sulla strada).

L'obbligatoria connessione del veicolo sottrae al privato proprietario (e all'utilizzatore) potere di controllo sul bene, che resta in capo al produttore, almeno finché non sia garantito anche al proprietario del veicolo un utile accesso ai dati che esso produce.

La maggiore complessità e il maggior costo del veicolo connesso riducono inoltre l'accesso popolare alla sua proprietà, valore invece promosso dall'art. 42 comma 2 Cost. e dall'art. 17 della Carta di Nizza che, come si è detto⁶⁸, più che «il diritto di» riconosce e garantisce «il diritto alla» proprietà.

Si è venuta quindi configurando una sorta di «funzionalizzazione digitale» della proprietà privata dell'automobile, la quale viene correlata dal legislatore ad una supposta maggiore sicurezza della circolazione stradale, ad un supposto minor impatto clima-alterante, in virtù di un auspicato incremento di efficienza, nonché alla realizzazione del mercato unico europeo dei dati, dal quale è attesa la promozione di ulteriori beni pubblici, ad esempio una maggiore prosperità.

Con la Comunicazione del 2023 intitolata «creazione di uno spazio unico europeo dei dati sulla mobilità»⁶⁹ la Commissione indicò che tutti i dati raccolti dalle case automobilistiche, dai fornitori di servizi digitali e dai gestori delle infrastrutture digitali, dovranno essere accessibili non solo ai c.d. titolari dei dati (cioè coloro che ne hanno il controllo di fatto: costruttori dei veicoli e gestori delle infrastrutture di comunicazione) ma anche ai proprietari dei veicoli a motore, ai fornitori dei servizi digitali di loro scelta e, quando vi siano emergenze e ragioni di in-

integrazione sovranazionale ed internazionale, ma sono volti alla «rigorosa affermazione della sovranità popolare, perché nei sistemi democratici i cittadini hanno questo di caratteristico: che vorrebbero contare qualcosa nelle decisioni che toccano l'intera comunità politica» (p. 7). L'A. contesta pertanto, condivisibilmente, la tesi della c.d. europeizzazione dei controllimiti, argomentando invece la competenza diffusa degli organi politici nazionali ad opporli, senza escludere la possibilità che siano fatti valere anche dai giudici comuni, trattandosi di strumenti di tutela dell'ordine costituzionale interno. Critico verso la posizione monopolistica assunta dalla Corte costituzionale con la sentenza Taricco (Corte cost. n. 115/2018), sul tema dei controllimiti A. RUGGERI, *Taricco, amaro finale di partita*, in *Consulta online*, 2018, 3, p. 488 ss.

⁶⁸ Cfr. in tal senso E. CATERINI, *Proprietà*, in *Tratt. dir. civ. CNN*, diretto da P. PERLINGIERI, Esi, Napoli, 2005, p. 121.

⁶⁹ Commissione europea, COM (2023), 751 final, *Creazione di uno spazio unico europeo di dati sulla mobilità*.

teresse generale, anche alle autorità pubbliche (dispone in tal senso il *Data Act*⁷⁰). Questi spazi di dati dovranno poi essere fra loro interoperabili per dare vita allo spazio unico europeo dei dati della mobilità, intermediato da piattaforme europee indipendenti (così dispone il *Data Governance Act*). Lo stesso dovrà avvenire in altri settori industriali, ad esempio sul mercato elettrico.

Pertanto, la sicurezza della circolazione, un elevato livello di protezione dell'ambiente, il miglioramento del tenore e della qualità della vita, cioè tutti quei valori che si ricomprendono nella formula dello sviluppo sostenibile⁷¹ nonché l'istituzione del nuovo mercato unico europeo dei dati entrano con le politiche climatiche europee nella funzione sociale della proprietà⁷² dei veicoli a motore digitalizzandola e datizzando le correlate attività di circolazione.

La Commissione europea riconosce che «il concetto stesso di trasporto si sta trasformando e le frontiere tradizionali tra veicoli, infrastruttura e utente, si stanno progressivamente attenuando. L'attenzione non è più concentrata sui mezzi di trasporto» (cioè sulla proprietà del veicolo) ma «sull'utente» (cioè sui dati che l'utente del veicolo produce utilizzandolo su strada, e anche non utilizzandolo)⁷³.

Conseguentemente, benché «il diritto europeo» non si occupi di definire la proprietà privata (di cui rinvia la disciplina ai singoli Stati membri, ai sensi

⁷⁰ Reg. UE 2023/2854, del 13 dicembre 2023, riguardante norme armonizzate sull'accesso equo ai dati e sul loro utilizzo e che modifica il Reg. (UE) 2017/2394 e la Dir. UE 2020/1828 (regolamento sui dati).

⁷¹ Cfr. in tal senso P. PERLINGIERI, *Il diritto civile nella legalità costituzionale secondo il sistema italo-europeo delle fonti*, 4ª ed. riscritta ed ampliata, vol. III, *Situazioni soggettive*, ESI, Napoli, 2020, p. 291 ss. L'A. auspica che la UE definisca una funzione sociale minima comune ai Paesi membri, «desumibile dallo "sviluppo sostenibile", dall'elevato livello di protezione dell'ambiente, dal miglioramento del tenore e della qualità della vita. Le misure a favore dell'ambiente e la razionale e accorta utilizzazione delle risorse non possono essere indifferenti alla definizione dei poteri legittimi da accordare ai titolari di situazioni di godimento sui beni, giacché tali nuovi criteri superano la separatezza tra i "proprietari" e i "non proprietari", accomunandoli in un unico disegno sociale» (p. 307).

⁷² Sulla funzione sociale della proprietà si rinvia *ex multis* a: P. PERLINGIERI, *La "funzione sociale" della proprietà nel sistema italo-europeo*, in *Le Corti salernitane*, 1-2, 2016, p. 175; P. PERLINGIERI, *Il processo evolutivo del "diritto civile nella legalità costituzionale" una lezione alla camera civile di Milano*, in *Revista de Derecho Civil*, vol. XI, num. 4, 2024, pp. 73-96; P. PERLINGIERI, *Proprietà, impresa e funzione sociale*, in *Riv. dir. impr.*, 1983, p. 439 ss.; ID., *Introduzione alla problematica della "proprietà"*, Napoli-Camerino, 1970, p. 70 ss.; S. RODOTÀ, *Note critiche in tema di proprietà*, in *Riv. trim.*, 1960, pp. 1252 ss.; A. IANNELLI, *La proprietà costituzionale*, Napoli, 1980, *passim*; di recente v., in particolare, E. CATERINI, *Proprietà*, in *Tratt. dir. civ. CNN*, diretto da P. PERLINGIERI, III, Napoli, 2005, p. 115 ss. Con riferimento al metodo ermeneutico delle clausole generali, anche tramite l'interpretazione delle altre norme del sistema e dei suoi valori, nonché attraverso lo sviluppo della relazione implicita tra regole e principi cfr. P. PERLINGIERI, P. FEMIA, *Nozioni introduttive e principi fondamentali del diritto civile*, Napoli, 2004, p. 28; G. D'AMICO, *Note in tema di clausole generali*, in *Iure praes.*, 1989, pp. 447 ss., 455 ss.; S. RODOTÀ, *Il tempo delle clausole generali*, in *Riv. crit. dir. priv.*, 1987, p. 709 ss.; ID., *Le clausole generali*, in *AA.Vv., I contratti in generale*, I, *I fenomeni negoziali*, in *Giur. sist. dir. civ. e comm.*, Torino, 1991, p. 389 ss.

⁷³ Commissione europea, COM (2018) 293 final, *L'Europa in movimento*, cit., p. 1.

dell'art. 345 del TFUE) tuttavia, con la disciplina della mobilità connessa, «incide sui profili funzionali dei regimi proprietari decisi dagli Stati membri»⁷⁴.

La «funzione sociale digitalizzata» dalle fonti europee conforma la situazione soggettiva del proprietario del veicolo correlandola ad altre situazioni soggettive meritevoli (degli utenti della strada e degli abitanti del pianeta), che il proprietario è chiamato a rispettare e a promuovere poiché integrano le ragioni del riconoscimento di meritevolezza della stessa proprietà dell'automobile da parte dell'ordinamento giuridico.

D'altro canto, la sicurezza della circolazione stradale da lungo tempo integra la funzione sociale della proprietà dell'automobile, che viene correlata alle situazioni soggettive (innanzitutto vita ed integrità fisica) degli altri utenti della strada dagli innumerevoli obblighi che gravano sul produttore e sul proprietario dell'automobile, quali: – l'omologazione del veicolo da parte del produttore, secondo standard sempre più elevati di sicurezza, come condizione della sua immissione in commercio; – l'identificazione necessaria dell'acquirente/proprietario del veicolo, tramite l'immatricolazione di quest'ultimo in un pubblico registro, onde facilitare e rendere certa l'identificazione di chi è chiamato a rispondere oggettivamente dei danni causati dalla circolazione del veicolo; – la verifica dei requisiti di capacità e di competenza del conducente, quale condizione del lecito utilizzo del bene; – gli obblighi di revisione obbligatoria e di assicurazione della responsabilità civile da circolazione che gravano sul proprietario del veicolo; – la perdita della proprietà del veicolo senza indennizzo (tramite confisca) quale sanzione della violazione di numerosi obblighi sanciti dal nuovo codice della strada a carico del proprietario in fattispecie che sembrano integrare altrettanti casi di abuso del diritto di proprietà.

A tali valori si aggiungono ora nuovi valori di sostenibilità, in ragione dei quali l'Unione europea impone che il veicolo sia anche connesso e che il suo proprietario contribuisca per questa via a promuovere la qualità dell'aria, la qualità della vita, l'inclusione sociale, cedendo autonomia decisionale e libertà personale, accettando la datizzazione della sua attività di circolazione, laddove le salvaguardie previste dal GDPR, oltre a restare circoscritte ai dati personali, sono anch'esse limitate dalla funzione sociale del diritto alla protezione dei dati personali.

⁷⁴ Si rinvia in termini generali alle osservazioni sul punto di P. PERLINGIERI, *Il diritto civile nella legalità costituzionale secondo il sistema italo-europeo delle fonti*, 4^a ed. riscritta ed ampliata, vol. III, *Situazioni soggettive*, ESI, Napoli, 2020, p. 291 ss., specie a p. 308.

6. Come si è detto, la disciplina europea della mobilità sta rivoluzionando indirettamente lo statuto interno della proprietà dei veicoli, rendendo necessario ridefinirne anche l'oggetto, cioè il bene che costituisce il punto di riferimento di quella situazione giuridica soggettiva complessa che chiamiamo proprietà dell'automobile⁷⁵. Occorre in particolare stabilire se i poteri oggi riconosciuti al proprietario dell'automobile connessa con riferimento ai *non personal IoT Data* che il veicolo produce integrino la situazione soggettiva del proprietario, sicché senza di essi non vi sarebbe davvero proprietà del veicolo connesso. Oppure se si tratti di poteri caratterizzanti lo statuto di una distinta categoria di beni (gli *IoT-Data*) che possano essere considerati separatamente dal veicolo benché siano indispensabili per garantirne determinate funzionalità, sicché i poteri sui dati non integrerebbero la qualificata relazione del proprietario con il veicolo connesso.

Il *Data Act*⁷⁶ ha dettato uno statuto orizzontale con riferimento alla titolarità dei dati non personali prodotti dagli oggetti connessi.

Da un lato, ha riconosciuto all'utente dell'oggetto connesso (sia esso il proprietario ovvero il titolare di un diritto personale di godimento sul bene, ad es. in virtù di un contratto di noleggio di lunga durata) il diritto di accedere ai dati grezzi e ai dati pre-trattati prodotti dall'oggetto connesso. Tale accesso sarà diretto se i dati sono immediatamente leggibili, mentre sarà indiretto qualora l'utilizzatore non abbia altra strada che chiedere al fabbricante di accedere al suo *server* e di rendergli leggibili i dati prodotti dall'uso dell'oggetto. Viene poi riconosciuto allo *user* anche il diritto di condividere questi dati con i terzi fornitori di servizi digitali di sua scelta. Lo *user* può dunque pretendere che il fabbricante dell'oggetto connesso trasferisca i «*non personal IoT Data*» a fornitori terzi indipendenti, scelti dal primo, ovvero che glieli renda accessibili consentendo l'accesso al suo *server*⁷⁷.

Per converso, il fabbricante ha un controllo di fatto sui *non-personal IoT Data* che l'oggetto connesso produce. Per questa sola ragione il *Data Act* lo qualifica come *data-holder* (titolare dei dati). Tuttavia, grazie al *Data Act* il *data-holder*

⁷⁵ Con l'avvertenza, argomentata da P. PERLINGIERI, *Introduzione alla problematica della "proprietà"*, Jovene editore, Napoli, 1970, p. 85 che «la definizione della proprietà non è la definizione del bene oggetto della proprietà, come la definizione del bene non è la definizione della proprietà» poiché «il bene e la proprietà sono [...] istituti diversi». L'illustre A. critica la concezione oggettivistica della proprietà «che esaurisce il problema della proprietà nell'ambito della teoria dei beni». Quest'ultima è una teoria più ampia della teoria della proprietà, potendo il medesimo bene essere punto di riferimento di diverse situazioni soggettive (reali, di credito, personali, individuali, collettive, private, pubbliche).

⁷⁶ Reg. UE 2023/2854 del 13 dicembre 2023, applicabile dal 12 settembre 2025, eccezion fatta per l'obbligo derivante dall'art. 3.1, che si applica ai prodotti connessi e ai servizi correlati immessi sul mercato dopo il 12 settembre 2026, e per il capo IV, che si applica a decorrere dal 12 settembre 2027 ai contratti conclusi il o anteriormente al 12 settembre 2025, se a tempo indeterminato o con scadenza almeno 10 anni dopo l'11 gennaio 2024.

⁷⁷ Cfr. Considerando 82 e artt. 3 e 4 *Data Act*.

non è un *data-lord*: il fabbricante non può utilizzare i dati se non «sulla base di un contratto stipulato con l'utente» (art. 4, §13 *Data Act*), né può disporne a favore di terzi di sua scelta, per fini (commerciali o non commerciali), che non siano stati autorizzati dall'utente dell'oggetto connesso (art. 4, § 14 *Data Act*).

Il fine pro-concorrenziale di queste disposizioni è immediatamente evidente. Si vuole evitare che il controllo di fatto sui *non-personal IoT data*, detenuto dal fabbricante dell'oggetto connesso (ad esempio il veicolo) in virtù della proprietà esclusiva dell'infrastruttura tecnologica necessaria a raccogliarli e ad estrarne valore, costringa l'utente dell'oggetto connesso a rivolgersi al fabbricante anche per l'acquisto di tutti i servizi accessori (assistenza, manutenzione e servizi correlati, necessari al funzionamento del bene connesso). Il diritto di accesso e di condivisione dei dati riconosciuto allo *user* dal *Data Act* dovrebbe quindi neutralizzare l'effetto *lock-in*, cioè monopolistico, altrimenti prodotto sul mercato secondario dal controllo di fatto dei dati esercitato dal fabbricante dell'oggetto connesso grazie alla sua tecnologia proprietaria, che gli garantirebbe altrimenti un potere computazionale assoluto⁷⁸.

Il potere computazionale che il fabbricante del veicolo connesso deriva dalla proprietà della tecnologia *IoT* consente inoltre, prima dell'intervento del diritto, una scissione completa fra gestione del bene (che resta in capo al fabbricante, nella misura in cui mantiene un potere di controllo assoluto sugli elementi digitali che integrano il bene) e il possesso del bene da parte del proprietario⁷⁹.

Tale scissione giustifica, come si è detto, la scelta della nuova direttiva sulla responsabilità civile per danno da prodotto difettoso di escludere l'esonero da responsabilità del produttore per i danni causati da un difetto del prodotto che sia insorto dopo la sua immissione sul mercato, se il carattere difettoso è dovuto a elementi digitali che restano sotto il controllo del fabbricante anche quando il prodotto sia nel possesso del proprietario⁸⁰.

⁷⁸ La Commissione europea, con la Comunicazione COM (2023) 751 final, intitolata *Creazione di uno spazio unico europeo di dati sulla mobilità* (p. 19, nota 79) ha indicato che lo statuto dell'accesso ai *non personal IoT data* costituisce uno strumento di «sovranità digitale» finalizzato a consentire la partecipazione più estesa alla *governance* dei dati, onde consentire «alle persone e alle organizzazioni di autodeterminare in che modo, quando e a quale prezzo altri possono utilizzare i loro dati nell'ambito della catena del valore. I titolari dei dati possono dunque salvaguardare i dati degli utenti e fare in modo che siano utilizzati soltanto nel rispetto di norme rigorosamente definite». Se ne inferisce che il *Data Act* è statuto del mercato unico europeo dei dati.

⁷⁹ Cfr. P. BENANTI, F. MAZZETONE, *La tecnocrazia e il ratto delle libertà*, cit., p. 28.

⁸⁰ Quali i servizi correlati e i *software*, compresi gli aggiornamenti e le migliorie, o la loro mancanza se necessari per mantenere la sicurezza, ovvero una modifica sostanziale del prodotto, che può essere anche conseguenza dell'auto-apprendimento di dispositivi di intelligenza artificiale incorporati nel prodotto: cfr. art. 11, § 2 Dir. UE 2024/2853 del 23 ottobre 2024 sulla responsabilità per danno da prodotti difettosi, che abroga la Dir. 85/374/CEE.

D'altro canto, proprio la scissione fra gestione e possesso del veicolo connesso rende necessario aggiornare il concetto di proprietà del veicolo nella funzione che gli viene attribuita dall'art. 2054, comma 3, c.c. di criterio di imputazione della responsabilità civile per i danni causati dalla sua circolazione, onde tener conto della ridistribuzione (tecnologica) fra fabbricante e proprietario-utilizzatore del veicolo connesso del potere di controllo sugli elementi digitali che ne integrano le funzionalità, ad esempio tramite l'allocazione dei diritti di accesso agli *IoT-Data*.

La revisione interpretativa proposta suggerisce di considerare «proprietario del veicolo connesso», in relazione ai suoi diversi livelli di autonomia e ai fini dell'imputazione della responsabilità per i danni causati dalla sua circolazione, non solo il titolare dell'*hardware* ma anche il detentore dei dati prodotti dal suo uso quando vengano impiegati come *input* di decisioni automatizzate di guida.

Qualora il *data holder* si riservi contrattualmente il diritto d'uso e di disposizione dei dati macchina, ciò non può non avere conseguenze anche in termini di imputazione della responsabilità civile per i danni causati dalla circolazione del veicolo in proporzione diretta al livello di automazione della guida consentito dal veicolo connesso. Nella misura in cui il produttore mantenga un potere di controllo sugli elementi digitali del bene, quindi un potere di esercizio tecnico del veicolo stesso⁸¹, si potrà ipotizzare di estendergli, in via ermeneutica e in proporzione, obblighi di esercizio, rischi e responsabilità incombenti sul proprietario del veicolo⁸².

Si tratta di una soluzione teorica al problema dell'allocazione del costo dei danni ingiusti causati dalla circolazione di auto connesse con crescenti livelli di autonomia⁸³. Essa consentirebbe infatti di imputare solidalmente la responsa-

⁸¹ L'elaborazione della categoria giuridica dell'esercizio tecnico con riferimento al natante e all'aeromobile si deve a A. Scialoja e G. Pescatore: cfr. G. PESCATORE, *Oggetto e limiti del diritto della navigazione*, in *Scritti per A. Scialoja*, 1, 1952, p. 202 ss.; G. ROMANELLI, *I danni da aeromobile sulla superficie*, Milano, 1970, p. 88 ss. Sulla rilevanza dell'esercizio tecnico della nave e dell'aeromobile inteso come cura del movimento della nave, dell'aeromobile o di qualsiasi altro veicolo, anche ai fini dell'imputazione della responsabilità civile per i danni causati dalla navigazione e dalla circolazione dello stesso, si rinvia a S. ZUNARELLI, M.C. PINTO, *Manuale di diritto della navigazione e dei trasporti*, Padova, 2023, p. 293 e p. 425.

⁸² Cfr. il Considerando 10 della Risoluzione del Parlamento europeo del 20 ottobre 2020, recante raccomandazioni alla Commissione su un regime di responsabilità civile per l'intelligenza artificiale, laddove indica il controllo del rischio associato al sistema di IA come criterio di attribuzione della responsabilità civile all'operatore di un sistema di IA per i danni ingiusti da questo causati «in modo analogo al proprietario di un'automobile».

⁸³ Con riferimento alla responsabilità civile per i danni causati da auto a guida autonoma si rinvia *ex multis* a: U. RUFFOLO, *Intelligenza artificiale, machine learning e responsabilità da algoritmo*, in *Giur. it.*, 2019, 7, p. 1692. Secondo l'A. «Le responsabilità sia del produttore di un bene che la incorpori, sia (ove non coincidente) dell'autore dell'algoritmo che conferisce alla macchina la capacità di apprendere, sembrano [...] regolabili invocando la disciplina in materia di danno tanto da prodotto che da attività perico-

bilità civile di cui all'art. 2054 c.c., sulla base di un'interpretazione estensiva ed evolutiva, non solo al proprietario e al conducente del veicolo connesso ma anche al suo "esercente tecnico", vale a dire al costruttore che mantenga il controllo sull'esercizio del veicolo tramite l'accesso ai dati macchina⁸⁴.

Questa tesi consentirebbe di risolvere il problema dell'imputazione dei danni causati dalla circolazione di auto autonome senza ricorrere all'euristica della soggettivizzazione dei *software* di Intelligenza Artificiale⁸⁵, che crea a sua volta ulteriori ed irrisolvibili problemi⁸⁶.

losa. Mentre le responsabilità di chi addestra una entità artificiale intelligente, o comunque la espone ad 'esperienze' che ne mutano la 'mentalité', sembrano poter essere regolabili mediante il ricorso all'art. 2051 c.c. e – quando ve ne siano i presupposti – all'art. 2050 c.c.». Si veda anche M. GAMBINI, *Algoritmi e sicurezza*, *Giur. it.*, 2019, p. 1726. Per l'ipotesi di una responsabilità solidale di tutti i soggetti coinvolti nei confronti del danneggiato, indipendentemente dalla prova della colpa e del nesso causale, cfr. S. LANDINI e F. LA FATA, *Automated Vehicles, Liability and Insurance*, in K. NOUSSIA, M. CHANNON (a cura di), *The Regulation of Automated and Autonomous Transport*, Springer, 2023, p. 311 ss. Si osserva nel saggio che, a tal fine, si rende però necessario un intervento legislativo.

⁸⁴ Si potrebbe per questa via risolvere l'obiezione di chi ritiene l'art. 2054 c.c. inapplicabile all'allocatione dei danni ingiusti causati dalla circolazione di auto a guida autonoma: cfr. in tal senso A. DAVOLA, R. PARDOLESI, *In viaggio col robot: verso nuovi orizzonti della r.c. auto ("driverless")?*, *Danno e resp.*, 2017, p. 619 secondo i quali: «nel contesto delle driverless cars, l'attuale formulazione della norma si rivela profondamente inefficiente, in quanto pone il costo del rischio di un incidente in capo ad un soggetto (il conducente), il quale non ha gli incentivi – o, meglio, i mezzi – per ridurre la probabilità del verificarsi dello stesso».

⁸⁵ Fra i sostenitori della teoria che attribuisce soggettività giuridica ai robot si ricordano, fra i più autorevoli: G. TEUBNER, *Soggetti giuridici digitali? Sullo status privatistico degli agenti software autonomi*, a cura di P. FEMIA, ESI, Napoli, 2019, p. 30 ss.; U. PAGALLO, *Robotica*, in M. DURANTE, U. PAGALLO (a cura di), *Manuale di informatica giuridica e diritto delle nuove tecnologie*, Torino, Utet, 2012, p. 141 ss., il quale equipara i robot agli schiavi dell'antica Roma. Cfr. però V. FROSINI, *Cibernetica, diritto e società*, Milano, Edizioni di Comunità, 1968, ristampata nella collana *La memoria del diritto*, XVI, Roma Tre Press, Roma, 2023, p. 107: «se una macchina raggiungesse una piena coscienza, essa non potrebbe, in definitiva, avere altra coscienza che quella di "essere macchina": cioè creatura dell'uomo, progettata, costruita e operante in maniera diversa dall'uomo; ma non avrebbe certamente una coscienza "umana"». Cfr. altresì H. ARENDT, *Vita activa. La condizione umana*, Bompiani, Bergamo, 2004, p. 123, dove osserva: «Ciò che i calcolatori giganti provano è che i moderni sbagliarono a credere con Hobbes che la razionalità, nel senso del "calcolo delle conseguenze", fosse la più alta e umana delle facoltà dell'uomo [...] e che essi confusero con la ragione una semplice funzione del processo vitale [...] È evidente che questa forza cerebrale e i processi logici obbligati che genera non sono in grado di edificare un mondo, essi sono tanto estranei al mondo quanto i processi coercitivi della vita, del lavoro e del consumo».

⁸⁶ Per una critica delle teorie che propongono la soggettivizzazione dei sistemi di IA si rinvia a S.M. SOLAIMAN, *Legal personality of robots, corporations, idols and chimpanzees: a quest for legitimacy*, in *Artificial Intelligence Law* (2017) 25, 155-179, DOI 10.1007/s10506-016-9192-3. Per una rassegna degli irrisolvibili problemi giuridici derivanti dalle teorie che argomentano la soggettivizzazione dei sistemi di IA si rinvia a C. ALVISI, *Persone elettroniche: qui jus?*, in *Simposio 2020-2021. Cattedra del pensiero – 12.a Sessione del 10 Aprile 2021*, consultabile al link https://societaamicidelpensiero.it/wp-content/uploads/210410SAP_CAL2.pdf; EAD., *Drive and Agency in the age of algorithm-based decision making*, in *The Italian Law Journal*, 2022, vol. 8, pp. 895.

Una soluzione che avrebbe il vantaggio di incentivare virtuosamente il perfezionamento della progettazione, della costruzione e dell'esercizio dei dispositivi tecnologici ed in particolare dei veicoli connessi ed autonomi, con incremento di sicurezza, da parte dei costruttori e degli sviluppatori dei *software*. Essa eviterebbe inoltre l'iniqua ed inefficiente collettivizzazione dei danni derivante invece dalle teorie di *law and economics* che, quale soluzione al problema della responsabilità civile per i danni causati dalla circolazione delle auto autonome, propongono sistemi di indennizzo automatico⁸⁷, finanziati da fondi patrimoniali alimentati dai costruttori dei veicoli connessi ed autonomi in proporzione alle rispettive quote di mercato⁸⁸, spesso, di nuovo, in collegamento con la proposta di soggettivizzare i sistemi di IA.

7. Per comprendere qual è la natura giuridica dei diritti di accesso ai *non-personal IoT data*⁸⁹ si propone di procedere al loro inquadramento sistematico e costituzionalmente orientato all'interno della problematica della proprietà del veicolo connesso e della sua funzione sociale.

La giustificazione economica e pro-concorrenziale di questi nuovi diritti ancora non dice nulla circa la loro natura e non abbastanza circa la loro fun-

⁸⁷ L'ipotesi di costituire un sistema indennitario basato su fondo comune a cui attingere per il ristoro dei danni causati dai veicoli a guida autonoma è presa in considerazione da vari autori, quali: G. VOTANO, *La responsabilità da circolazione stradale nella fase di transizione dai veicoli tradizionali alle auto a guida automatica*, in *Danno e resp.*, 2019, p. 330 ss.; S. PELLEGGATTA, *Profili civilistici della "mobilità intelligente"*, Torino, 2022, p. 348 ss. In tal senso anche G. CALABRESI, E. AL MUREDEN, *Driverless cars. Intelligenza artificiale e futuro della mobilità*, Bologna, 2021, p. 161.

⁸⁸ Cfr. i rilievi critici opportunamente sollevati in proposito da S. CORSO, *Responsabilità per causalità presunta. Intelligenza artificiale, responsabilità civile e diritto euro-unitario*, in *Resp. civ. e prev.*, 2025, n. 2, p. 640, specie a p. 657, che evidenzia la «non premialità verso la progettazione di auto più sicure che è insita in un sistema di indennizzo che prescinde dall'accertamento del difetto dell'automobile» e le «distorsioni mercatistiche che potrebbero derivare dalla logica meramente economica che è alla base di un sistema [collettivo di indennizzo con contribuzione dei produttori di automobili] proporzionale alle quote di mercato».

⁸⁹ Per una rassegna delle diverse tesi a questo proposito, si rinvia allo studio commissionato da BEUC – European Consumer Organisation a J. DREXL, *Data access ad control in the era of connected devices*, Bruxelles, dicembre 2018, nonché, *ex multis*, a: M. ECKARDT, W. KERBER, *Property rights theory, bundles of rights on IoT data, and the EU Data Act*, in *European Journal of Law and Economics*, 2024, 57:113-143, <https://doi.org/10.1007/s10657-023-09791-8>; S. GEIGERAT, *The Data Act: start of a new era for data ownership?*, in *Private Law Theory*, 8 settembre 2022, consultabile al link <https://www.private-law-theory.org/2024/01/26/simon-geiregat-the-data-act-start-of-a-new-era-for-data-ownership/>; T. CREPEX, M. GAUR, B. DA ROSA LAZAROTTO, *Measuring data access ad re-use in the European Legal Framework for Data, from the General Data Protection Regulation (GDPR) law to the proposed Data Act: the case of vehicles data*, in *Open Research Europe* 2023, 7 novembre 2023, consultabile al link <https://doi.org/10.12688/opereseurope.16468.1>; F. SZILAGYI, *The necessity of data allocation: a plea for a private law (property law) perspective*, in *European Property Law Journal*, 2021, 10 (2-3): 180-240; G.F. SIMONINI, *Il Data Act (Regolamento 2023/2854) nel Settore dei veicoli connessi. Primi problemi applicativi*, Mucchi editore, Modena, 2024, *passim*.

zione sociale nell'ordinamento. Non dice, ad esempio, se i diritti di accesso riconosciuti dal *Data Act* allo *user* siano diritti reali oppure solo diritti personali di godimento e di veto, resi irrinunciabili dal disposto legislativo, come spesso accade nel diritto europeo consumeristico. Il *Data Act* non dice come lo *user* acquisti questi diritti verso il fabbricante del veicolo. Né dice se la qualificazione legislativa del fabbricante dell'oggetto connesso quale *data holder*, cioè «titolare dei dati», implichi legittimazione della sua apprensione tecnologica, come nuovo modo di acquisto a titolo originario della proprietà dei *non-personal IoT Data*. In ogni caso il fabbricante non acquisterebbe un potere di godimento e di disposizione esclusivi sui dati macchina poiché il *Data Act* lo obbliga a chiedere l'autorizzazione dell'utilizzatore del bene sia per usare i *non personal IoT Data* che per disporne a favore di terzi.

Se la funzione sociale della proprietà è anche criterio interpretativo del suo statuto, pare allora ragionevole interpretare il *Data Act* nel senso di escludere che esso legittimi una sorta di «occupazione tecnologica» dei *non-personal IoT Data* da parte del fabbricante del veicolo, perché se così fosse il *Data Act* si limiterebbe a ratificare una soluzione allocativa inefficiente ed iniqua, decisa solo dal mercato e dalla tecnologia.

I nuovi diritti di accesso e di condivisione dei *non-personal IoT data* non possono essere trattati «in astratto», come se si riferissero ad oggetti virtuali separati dall'autovettura, di cui garantiscono la funzionalità, e dal proprietario dell'autovettura, che ne governa l'utilizzo da parti di altri (passeggeri e conducenti diversi). Tali diritti di accesso sembrano invece integrare la situazione giuridica soggettiva del proprietario con riferimento al veicolo. È vero infatti che i dati non personali diventano un nuovo bene giuridico quando il produttore del veicolo riesce ad apprenderli e ad estrarne valore grazie alla tecnologia proprietaria che egli detiene in via esclusiva. Ma è altrettanto vero che i *non-personal IoT Data* sono prodotti dalle persone che utilizzano l'oggetto connesso, che il loro valore dipende dalla loro origine umana, e che nella produzione di questi dati, benché non personali, sono implicate libertà fondamentali degli utilizzatori del bene connesso. Quindi è corretto che il *Data Act* preveda che se l'utilizzatore non consente al venditore del veicolo di riservarsi per contratto il diritto d'uso di tali dati, nessuno li possa utilizzare. Questa scelta equivale a una sorta di disconnessione giuridica del bene⁹⁰.

⁹⁰ S. RODOTÀ, *Il diritto di avere diritti*, Economica Laterza, Bari, 2012, p. 331, ricordava come il diritto «al silenzio del *chip*», cioè «la possibilità di interrompere la connessione con apparati tecnologici ovviamente aumenta il potere della persona di autodeterminarsi».

Se invece lo *user* consente che il venditore/produttore del veicolo connesso si riservi contrattualmente il diritto d'uso dei *non personal IoT data* allora potrà pretendere la collaborazione per accedervi e per condividerli con i terzi fornitori di servizi di sua scelta.

La necessaria collaborazione del fabbricante per l'esercizio dei diritti di accesso riconosciuti dal *Data Act* allo *user* non contraddice la loro inerenza alla situazione soggettiva proprietaria dello *user* con riferimento al veicolo connesso. Essendo la proprietà privata conformata come rapporto dalla sua funzione sociale, non è contraddittorio che l'esercizio delle facoltà e dei poteri del proprietario dei dati e del veicolo connesso dipenda dalla collaborazione di altri (cioè del fabbricante dell'oggetto connesso).

La teoria economica della proprietà vede nella proprietà solo uno strumento per correggere i meccanismi allocativi del mercato laddove si verificano dei fallimenti del meccanismo concorrenziale, delle inefficienze, avendo come unici valori di riferimento la promozione dell'innovazione e dell'equità distributiva in una prospettiva di efficienza economica. Ma l'istituto giuridico della proprietà è molto più di una regola del mercato, chiamata a risolverne le inefficienze, ed ha ben altri obiettivi che l'efficienza economica. La proprietà è istituzione sociale, è situazione soggettiva complessa e relazionale, ha una funzione che obbliga il titolare ad esercitare i poteri (di godimento e disposizione) che gli sono riconosciuti con riferimento ad un determinato bene per collaborare alla realizzazione di valori che sono dell'intero ordinamento, cioè costituzionali, e che il mercato non può garantire perché neppure li vede.

Allo stesso modo non è accettabile, in un ordinamento costituzionale a base personalistica e solidaristica, che il diritto intervenga solo laddove il mercato fallisca, cioè quando il mercato non riesca ad allocare in modo efficiente una risorsa. Il diritto deve intervenire prima che il fallimento si verifichi e prevenirlo.

Nel caso del *Data Act* il legislatore è intervenuto affinché la decisione di allocazione dei *non-personal IoT data* non venga assunta dalla tecnologia. Come avvertiva Lawrence Lessig venticinque anni fa⁹¹, se il legislatore non interviene a regolare la tecnologia, sarà allora la tecnologia a dettare legge al mercato. Accadrà allora che "*code is law*". La tecnologia deve invece essere regolata, perché altrimenti si lascerebbe ai più forti, cioè a chi ne è proprietario esclusivo, il potere di dettare legge al mercato, al di fuori di qualsiasi meccanismo rappresentativo e democratico.

⁹¹ L. LESSIG, *Code is law. On liberty in cyberspace*, in *Harvard Magazine*, 2000, consultabile al link <https://www.harvardmagazine.com/2000/01/code-is-law.html?page=all>.

Il *Data Act* obbliga il produttore dell'oggetto connesso a progettarlo in modo che i dati che esso produrrà con l'uso siano accessibili all'utente. Il diritto europeo conforma quindi anche la tecnologia, rendendola collaborativa. I *non-personal IoT Data* «spettano» allo *user* perché sono «frutti virtuali» dell'oggetto connesso, che lo *user* concorre a generare, usando il bene nell'esercizio delle sue libertà fondamentali. I dati sono inoltre una componente inscindibile dell'oggetto connesso, in quanto ne dipendono molte funzionalità e quindi molte possibilità di godimento, sicché pare più ragionevole e proporzionato trattare il diritto di accesso ai *non-personal IoT Data* come una componente del fascio di facoltà ed obblighi che compongono la situazione giuridica soggettiva del proprietario del veicolo connesso.

Il *data holder* non pare invece venga legittimato dal *Data Act* come proprietario esclusivo dei dati benché ne abbia il controllo di fatto esclusivo prima dell'intervento del diritto. L'occupazione tecnologica non viene riconosciuta dal *Data Act* come legittimo modo di acquisto della proprietà a titolo originario dei *non-personal IoT data*. Il fabbricante potrà però riservarsene l'uso in via derivativa, contrattando con lo *user*, ad esempio al momento della vendita del veicolo connesso. Questo avrà conseguenze anche in termini di imputazione della responsabilità per i danni causati dalla circolazione del veicolo. Nella misura in cui il produttore mantenga un potere di controllo sugli elementi digitali del bene, quindi un potere di gestione del bene stesso, si potrà ipotizzare di estendergli in proporzione obblighi e responsabilità incombenti sul proprietario del veicolo⁹².

Riguardata attraverso le categorie del diritto civile e la funzione sociale della proprietà anche l'etichetta «internet degli oggetti», non convince.

Agli occhi del diritto, un'autovettura connessa è sempre, per così dire, almeno a due posti, cioè è un bene giuridico che, anche quando costituisca oggetto di proprietà privata, resta termine di riferimento di rapporti giuridici collaborativi, del proprietario con l'universo di tutti gli altri possibili utenti, del veicolo, della strada e del pianeta. Gli altri, i non proprietari, quand'anche non siano immediatamente presenti, sono comunque pensati ed attesi dallo statuto proprietario dell'automobile, che ne istituisce il posto, conformando di conseguenza i poteri del proprietario sul veicolo connesso.

⁹² Cfr. il Considerando 10 della Risoluzione del Parlamento europeo del 20 ottobre 2020 recante raccomandazioni alla Commissione su un regime di responsabilità civile per l'intelligenza artificiale, cit.

Problemi di costituzionalità dei limiti alla libertà di circolazione nel quadro della transizione energetica

Anna Montesano

SOMMARIO: 1. Il riconoscimento del diritto di circolazione. Profili generali. – 2. Il diritto alla circolazione e i limiti costituzionalmente garantiti. – 3. Diritto di circolazione e diritto di mobilità a confronto. – 4. La tutela dell'ambiente nel contesto della transizione energetica e l'impatto sulla libertà di circolazione. – 4.1. Le restrizioni alla libertà di circolazione alla luce della sostenibilità ambientale nel governo della mobilità urbana. – 5. Considerazioni conclusive.

1. Il diritto alla libera circolazione costituisce uno dei pilastri essenziali dello Stato democratico, rappresentando una prerogativa fondamentale di ciascun individuo nella determinazione della propria libertà di movimento¹. Detta libertà esprime quindi una dimensione essenziale dell'autonomia personale e dell'autodeterminazione dell'individuo nello spazio, ponendosi quale presupposto per l'organizzazione della vita sociale, lavorativa e familiare.

Nell'ordinamento italiano, tale libertà trova un riconoscimento espresso nell'art. 16 della Costituzione, il quale garantisce ai cittadini il diritto di «circolare e soggiornare liberamente in qualsiasi parte del territorio nazionale»²,

¹ Sull'utilizzo del termine "circolazione", cfr. C. SAGONE, *La libertà di circolazione e le limitazioni poste per motivi di sanità nell'ordinamento regionale*, in *Rivista AIC*, n. 4, 2020, p. 97, *sub* nota 4.

² Si vedano, *ex multis*, L. PRINCIPATO, *La libertà di circolazione e soggiorno e la libertà di espatrio ed emigrazione*, in M. BENVENUTI, R. BIFULCO, *Trattato di diritto costituzionale. I diritti e i doveri costituzionali*, Torino, 2022, vol. III, p. 100 ss.; L. CASTELLI, *Articolo 16*, in F. CLEMENTI, L. CUOCOLO, F. ROSA, G.E. VIGEVANI (a cura di), *La Costituzione italiana. Commento articolo per articolo*, Bologna, 2021, vol. I, p. 123; G. DEMURO, *Commento all'art. 16 della Costituzione*, in A. CELOTTO, M. OLIVETTI, R. BIFULCO (a cura di), *Commentario alla Costituzione*, Torino, 2006, p. 372 ss.; G. FILIPPETTA, *La libertà personale e le libertà di domicilio, circolazione*, in R. NANIA, P. RIDOLA (a cura di), *I diritti costituzionali*, Torino, 2001,

consentendo restrizioni soltanto nei limiti che la legge «stabilisce in via generale per motivi di sanità o di sicurezza», come verrà meglio specificato di seguito³.

La disposizione costituzionale in esame delinea così un regime di tutela rafforzata, fondato su presupposti stringenti: le limitazioni non possono essere affidate a scelte amministrative arbitrarie, ma devono porsi in aderenza ai principi fissati dalla legge in via generale, a presidio del principio di eguaglianza e contro il rischio di misure selettive o discriminatorie, e rispondere a finalità tipizzate (sanità o sicurezza).

Sul piano sovranazionale, la libera circolazione assume rilievo nell'esperienza dell'integrazione europea. In particolare, il Trattato sull'Unione europea (TUE), all'art. 3, iscrive tra gli obiettivi dell'Unione la realizzazione di uno spazio di libertà, sicurezza e giustizia senza frontiere interne, nel quale sia assicurata la libera circolazione delle persone, con il correlato sviluppo di politiche comuni, tra l'altro, in materia di controlli alle frontiere esterne, asilo e immigrazione. Tale previsione evidenzia la duplice natura dell'istituzione del menzionato spazio: da un lato, elemento strutturale di un ordinamento sovranazionale che mira a superare le barriere interne; dall'altro, condizione per l'esercizio effettivo della cittadinanza europea e per la mobilità sociale ed economica nello spazio comune.

Rispetto alla versione originaria del Trattato istitutivo della Comunità europea, ove il riconoscimento della libertà di circolazione in Stati membri diversi da quello di appartenenza era ancorato ad una logica meramente economica, in quanto «presupposto indispensabile per l'esercizio, in tali Stati, di un'attività lavorativa»⁴, a seguito della istituzione, con il Trattato di Maastricht del 1992, della cittadinanza dell'Unione europea, il diritto di circolazione spetta al cittadino europeo in quanto tale. Come efficacemente osservato da P. Gilliaux, infatti, «la libre circulation des personnes n'est plus un simple moyen [...] elle devient, à

vol. I, p. 291 ss.; U. DE SIERVO, *Circolazione, soggiorno, emigrazione* (libertà di), in *Digesto delle discipline pubblicistiche*, Torino, 1989, vol. III, p. 76 ss.; U. GOLDONI, *Circolazione e soggiorno* (libertà di), in *Enc. giur. Treccani*, Roma, 1988, VI, p. 1 ss.; G. AMATO, *Art. 16*, in G. BRANCA (a cura di), *Commentario alla Costituzione*, Bologna, 1977, p. 114 ss.; G. AMATO, *Art. 16*, in G. AMATO, A. PACE, F. FINOCCHIARO, *Rapporti civili, Commentario della Costituzione a cura di G. Branca*, Bologna-Roma, 1988, p. 116 ss.; M. MAZZIOTTI DI CELSO, *Circolazione e soggiorno* (Libertà di), in *Enciclopedia del Diritto*, vol. VII, 1960, p. 14 ss.

³ Il testo costituzionale non si limita alla protezione della libertà di circolazione all'interno dei confini nazionali. Si nota infatti come l'art. 16 Cost. tuteli anche il diritto di soggiorno e, al comma secondo, il diritto di espatrio e di rientro nel territorio nazionale, prevedendo specificamente che «ogni cittadino è libero di uscire dal territorio della Repubblica e di rientrarvi, salvo gli obblighi di legge».

⁴ A. ADINOLFI, *La libertà di circolazione delle persone*, in G. STROZZI (a cura di), *Diritto dell'Unione Europea*, parte speciale, Torino, 2006, pp. 71-72.

*part entière, un droit du citoyen européen qui dépasse ainsi son état de facteur de production»*⁵.

Alla già menzionata dimensione di carattere “ordinamentale” si affianca la configurazione della libera circolazione come diritto soggettivo, dotato di dimensione individuale. L’art. 21 TFUE riconosce, infatti, a ogni cittadino dell’Unione europea il diritto di circolare e soggiornare liberamente nel territorio degli Stati membri, mentre la Carta dei diritti fondamentali dell’Unione europea ne consacra la dimensione assiologica e garantistica all’art. 45 (“Libertà di circolazione e di soggiorno”)⁶, collocandolo tra i diritti fondamentali dell’ordinamento dell’Unione, con pieno riconoscimento della «libertà non funzionalizzata di circolazione»⁷.

Una tutela ulteriore, infine, proviene dal Protocollo n. 4 alla CEDU, che all’art. 2 riconosce espressamente la libertà di movimento e la scelta della residenza per chi si trovi legalmente nel territorio di uno Stato, nonché la libertà di lasciare qualsiasi Paese.

La convergenza tra livello costituzionale interno, ordinamento dell’Unione e garanzie convenzionali europee conferma, nel suo complesso, la centralità della libertà di circolazione quale parametro qualificante della democraticità dell’assetto istituzionale e, al contempo, quale indice della capacità degli ordinamenti di comporre le esigenze di sicurezza collettiva con la tutela effettiva dei diritti fondamentali.

Tale convergenza, tuttavia, non elimina le questioni interpretative circa l’ampiezza dei limiti ammissibili, la definizione dei presupposti legittimanti (sanità, sicurezza, ordine pubblico) e, soprattutto, l’intensità del controllo su legalità, generalità, necessità e proporzionalità delle restrizioni, onde prevenire derive espansive di misure limitative a contenuto elastico.

⁵ In *Les entraves à la libre circulation des personnes*, in *Cahiers de droit européen*, n. 3-4, 2008, p. 408.

⁶ Ai sensi del quale «1. Ogni cittadino dell’Unione ha il diritto di circolare e di soggiornare liberamente nel territorio degli Stati membri. 2. La libertà di circolazione e di soggiorno può essere accordata, conformemente ai trattati, ai cittadini dei paesi terzi che risiedono legalmente nel territorio di uno Stato membro». Il quadro è completato dal diritto derivato, in particolare dalla Dir. 2004/38/CE, che disciplina le condizioni di ingresso e soggiorno dei cittadini UE e dei loro familiari e, al contempo, definisce i limiti ammissibili in ragione di ordine pubblico, pubblica sicurezza o sanità pubblica, predisponendo garanzie procedurali e criteri che impongono la valutazione di necessità e proporzionalità delle misure limitative. Cfr. G. BONATO, *La libertà di circolazione e soggiorno nell’Unione europea e la tutela dell’ordine pubblico*, in *Italies*, 14, 2010, pp. 233-248.

⁷ G. DEMURO, *Commento all’art. 16 della Costituzione*, cit. p. 380. Cfr. C. COLAPIETRO, M. RUOTOLO, *Diritti e libertà*, in F. MODUGNO (a cura di), *Diritto pubblico*, Torino, 2012, p. 594.

2. Pur godendo di un'ampia protezione costituzionale, il diritto alla libera circolazione non è un diritto assoluto, ma incontra inevitabilmente alcuni limiti che possono essere di natura intrinseca o estrinseca, derivanti da esigenze di sicurezza pubblica, ordine pubblico, salute pubblica.

Tali limiti determinano l'emergere di delicate questioni interpretative in relazione alla necessità che gli stessi rispettino i principi di proporzionalità e ragionevolezza stabiliti dalla giurisprudenza costituzionale.

Al riguardo, infatti, la Corte costituzionale, in diverse occasioni, ha ribadito la necessità che le limitazioni alla libertà di circolazione siano adeguate e che non eccedano lo scopo che giustifica l'intervento limitativo, riconoscendo pertanto l'esigenza di «valutare la conformità della misura adottata ai limiti costituzionali che il legislatore incontra in tema di compressione della libertà di circolazione»⁸. La Corte ha precisato, infatti, che detta libertà, «pur priva della riserva di giurisdizione, resta assistita da garanzie consone al fondamentale rilievo costituzionale che connota la facoltà di locomozione, anche quale base fattuale per l'esercizio di numerosi altri diritti di primaria importanza»⁹.

Anche la Corte di Giustizia ha affermato, a più riprese, che «l'esercizio del diritto di soggiorno e circolazione non è incondizionato, essendo assoggettato alle limitazioni e condizioni previste da tale disposizione, ma le autorità competenti e, all'occorrenza, i giudici nazionali devono verificare che l'applicazione di tali limitazioni e condizioni venga operata nel rispetto dei principi generali del diritto comunitario e, segnatamente, del principio di proporzionalità»¹⁰.

La libertà di circolazione necessita, quindi, di essere protetta da divieti arbitrari e irragionevoli da parte dello Stato, ma, allo stesso tempo, lo Stato ha l'obbligo di preservare e rendere accessibili a tale scopo le aree ove la circolazione può effettivamente avvenire, come le strade, le acque interne, il mare territoriale e lo spazio aereo sottoposto alla sua sovranità¹¹.

Il diritto di circolazione risulta, dunque, garantito nel suo duplice significato: da un lato, come divieto di discriminazioni tra i cittadini non consentite dalla Costituzione; dall'altro, come dovere delle istituzioni di rimuovere gli ostacoli

⁸ Corte cost., sent. n. 127 del 2022.

⁹ *Ibidem*.

¹⁰ Si vedano, *ex multis*, la sentenza CGUE del 10 luglio 2008 (Causa C-33/07); la sentenza CGUE del 17 settembre 2002 (Causa C- 413/99). Per un approfondimento delle pronunce in materia si rinvia a A. ILIOPOULOU, *Libre circulation et non-discrimination, éléments du statut de citoyen de l'Union européenne*, Bruxelles, Bruylant, 2008, p. 392.

¹¹ Cfr. M. FRASCHINA, *Il "diritto alla mobilità" e la tutela dell'ambiente*, disponibile al link <https://rivistiagiuridica.aci.it/>; M. MAZZIOTTI, *Circolazione e soggiorno*, cit., p. 19.

– normativi, materiali o organizzativi – che, di fatto, si frappongano all’effettivo esercizio della libera circolazione¹².

In coerenza con la funzione di garanzia delle libertà costituzionali, l’ordinamento ammette che la libertà di circolazione possa subire compressioni, ma solo entro presupposti rigorosi.

L’art. 16 Cost. consente, infatti, al legislatore di introdurre limitazioni con legge, purché “in via generale”¹³ e per “motivi di sanità o di sicurezza”, escludendo in modo espresso restrizioni motivate da ragioni politiche.

Quanto alla nozione di sanità, una linea interpretativa valorizza la dimensione “dualistica” dell’art. 32 Cost., ossia come diritto individuale e allo stesso tempo interesse della collettività, così da ricondurre nell’alveo della sanità pubblica gli interventi che mirano a prevenire o contenere rischi per la salute anche in senso ampio, purché sorretti da un adeguato fondamento scientifico e strutturati secondo i canoni di necessità, adeguatezza e proporzionalità.

In tale prospettiva, la pandemia da Covid-19¹⁴, ha rappresentato un banco di prova paradigmatico, determinando – in tutti gli Stati membri – misure di limitazione alla libertà di spostamento¹⁵, con intensità variabile e con effetti diretti sulla libera circolazione¹⁶.

Con riferimento alla sicurezza pubblica, la giurisprudenza costituzionale tende a collocarla in stretta prossimità – se non in sostanziale sovrapposizione – con l’ordine pubblico, inteso come quell’assetto minimo di legalità e convivenza

¹² M. MAZZIOTTI, *Circolazione e soggiorno*, cit., p. 17. Cfr., altresì, M. CARRER, *I limiti costituzionali del diritto di circolazione. i casi della pandemia e delle politiche sulla mobilità e circolazione stradale*, in *Ambientediritto.it*, 1, 2023, p. 6.

¹³ Cfr. Corte cost., sentenza n. 68 del 1964, in *Giur. cost.*, 1964, II, p. 715 ss.

¹⁴ Sulla tematica si rinvia a: D. MORANA, *Uno “stress test” per le garanzie costituzionali dei diritti: pressione pandemica e fonti del diritto*, in *Corti Supreme e Salute*, 2021 fasc. 1, p. 93 ss.; A. LAURO, *Urgenza e legalità ai tempi del Covid-19: fra limiti imprescindibili e necessaria flessibilità*, in *BioLaw Journal. Rivista di BioDiritto*, 2020, fasc. 1, p. 145 ss.

¹⁵ Come noto, la Corte costituzionale negli ultimi anni è stata investita di diverse questioni riguardanti il possibile contrasto tra la normativa volta a fronteggiare la pandemia da Covid-19 e le libertà costituzionali (cfr. tra le tante pronunce, Corte cost., ord. n. 212 del 2022; Corte cost., ord. n. 204 del 2022; Corte cost., sent., n. 171 del 2022; Corte cost., sent. n. 164 del 2022; Corte cost., ord. n. 132 del 2022; Corte cost., sent. n. 127 del 2022).

¹⁶ Pur permanendo un significativo margine di discrezionalità nazionale nella gestione dell’emergenza, le istituzioni dell’Unione hanno perseguito un obiettivo di coordinamento delle misure da intraprendere tramite atti non vincolanti: da un lato, il Consiglio ha sollecitato un’azione “insieme” e “proporzionata”, in cooperazione con la Commissione, con l’esplicito intento di contemperare tutela della salute e salvaguardia della libera circolazione; dall’altro, la Raccomandazione (UE) 2020/1475 (e le successive modifiche) ha fissato principi guida di non discriminazione e proporzionalità, affinché le restrizioni non eccedessero quanto strettamente necessario alla protezione della salute pubblica.

(“ordinato vivere civile”¹⁷) su cui si fonda la tranquillità collettiva¹⁸. Proprio per tale ragione, sanità e sicurezza operano come clausole limitative tipiche ma a contenuto elastico: esse non si esauriscono nella protezione dell’incolumità del singolo, bensì rinviano anche a un’idea di ordine pubblico in senso materiale, il cui uso richiede un controllo particolarmente stringente.

La premessa per entrambi i limiti è che non solo siano stabiliti dalla legge ma anche «in via generale», dizione che si può interpretare a prima lettura come la necessità che non si tratti di provvedimenti *ad personam*, su cui interviene l’art. 13 Cost.¹⁹, e che non siano provvedimenti discriminatori nemmeno per categorie. In realtà, come chiarito dalla Corte Costituzionale, «il fatto che l’art. 16 accomuni, mettendole sullo stesso piano, le ragioni di sanità e di sicurezza è indice che non può trattarsi solo di ragioni di carattere generale, non essendo pensabile che motivi di sanità attinenti alla pericolosità di singoli individui possano non essere validi ai fini delle limitazioni consentite dalla norma costituzionale. Ed anche il fatto che lo stesso art. 16 esclude le restrizioni determinate da ragioni politiche conferma che le limitazioni possono essere adottate per motivi di carattere individuale, non essendo concepibile una misura ispirata da motivi politici se non in vista dei personali convincimenti e comportamenti di individui e di gruppi»²⁰. La conclusione, secondo la Corte, è che «la formula ‘stabilisce in via generale’ altro non è che una particolare e solenne riaffermazione del principio posto nell’art. 3 della Costituzione, come lo è nell’art. 21, ultimo comma, della stessa Costituzione»²¹.

Va altresì, segnalato come, nel quadro della Carta costituzionale, venga in rilievo, come corollario del riconoscimento della libertà di circolazione, il comma 1 dell’art. 120 Cost.²², indirizzato agli enti regionali, il quale stabilisce che «la Regione non può istituire dazi di importazione o esportazione o transito tra le Regioni, né adottare provvedimenti che ostacolino in qualsiasi modo la libera circolazione delle persone e delle cose tra le Regioni, né limitare l’esercizio del diritto al lavoro in qualunque parte del territorio nazionale».

¹⁷ Corte cost., sent. n. 2 del 1956, in *Giur. cost.*, 1956, I, p. 561 ss.

¹⁸ Cfr. M. FRASCHINA, *Il “diritto alla mobilità” e la tutela dell’ambiente*, cit., p. 2.

¹⁹ Sulla delimitazione dei confini tra art. 13 e art. 16 Cost., si segnalano le sentt. n. 210 del 1995 e n. 105 del 2001 della Corte costituzionale che individuano i criteri per identificare il concetto di limitazione della libertà personale e la distinzione con la libertà di circolazione. In dottrina si veda F.S. MARINI, G. GUZZETTA, *Diritto pubblico*, cit., p. 632.

²⁰ Corte cost., sent. n. 68 del 1964, in *Giur. cost.*, 1964, II, p. 715 ss.

²¹ *Ibidem*.

²² C. MAINARDIS, *Art. 120 Cost.*, in R. BIFULCO, A. CELOTTO, M. OLIVETTI (a cura di), *Commentario alla Costituzione della Repubblica Italiana*, vol. III, Torino, 2006, p. 2379 ss.

3. Alla luce delle considerazioni sopra sviluppate, il diritto alla circolazione sembra configurarsi come diritto alla libertà di muoversi riconosciuto dall'ordinamento italiano ad ogni persona.

È importante notare che il diritto alla circolazione si sviluppa, prevalentemente, in una dimensione individuale: la libertà di muoversi è infatti riconosciuta a ciascun individuo, il quale può decidere liberamente di spostarsi (o di stabilirsi) all'interno di uno spazio, a prescindere dalle modalità di spostamento, purché nel rispetto dei diritti fondamentali altrui.

Dal diritto alla circolazione, legato alla sfera individuale della persona, è necessario distinguere il diritto alla mobilità, cui è strettamente collegato ma che assume una diversa caratterizzazione, esorbitante la semplice libertà di movimento²³.

Il diritto alla mobilità²⁴, pur essendo oggi largamente impiegato nel linguaggio delle politiche pubbliche, «non appartiene al linguaggio delle costituzioni nazionali neppure a quello della più recente Carta dei diritti fondamentali»²⁵; il suo riconoscimento si ricava piuttosto in via ricostruttiva, in quanto proiezione funzionale di un fascio di garanzie costituzionali che concorrono a fondarne la rilevanza giuridica (in particolare gli artt. 2, 3, 16 e 32 Cost.)²⁶.

In tale prospettiva, la mobilità opera come condizione materiale per l'effettivo esercizio di ulteriori diritti e per la piena partecipazione alla vita sociale, consentendo ad ogni individuo di muoversi più semplicemente, rendendo le infrastrutture e i servizi di trasporto (primi fra tutti, i trasporti pubblici) facilmente

²³ Per un approfondimento sul diritto alla mobilità si rinvia a G.G. CARBONI, *Il diritto alla mobilità dei cittadini europei*, in M. COMENALE PINTO (a cura di), *La continuità territoriale della Sardegna. Passeggeri, merci, low cost e turismo*, Roma, 2015, p. 3 ss.; L. AMMANNATI, *Diritto alla mobilità e trasporto sostenibile. Intermodalità e digitalizzazione nel quadro di una politica comune dei trasporti*, in *Federalismi.it*, n. 4, 2018, p. 2 ss.

²⁴ Cfr. G. MORBIDELLI, *Il quadro istituzionale legislativo e la funzione decisionale della pubblica amministrazione*, in *Atti della XXXVII Conferenza del traffico e della circolazione*, Stresa, 24-26 settembre 1980, p. 18; A. PACE, *Il diritto alla mobilità: la prospettiva giuridico-costituzionale*, in *Atti della XLII Conferenza del traffico e della circolazione*, Stresa, 1-3 ottobre 1986, p. 14 e ss.

²⁵ G.G. CARBONI, *La mobilità nel diritto dell'Unione europea*, in *Diritto pubblico comparato ed europeo*, 1, 2016, p. 13.

²⁶ P. ALBERTI, *I trasporti pubblici locali Pianificazione e modelli di gestione (lineamenti giuridici)*, Milano, 1989, p. 6 s.; G. MORBIDELLI, *Il quadro istituzionale legislativo e la funzione decisionale della pubblica amministrazione*, cit., p. 17 ss.; A. CLARONI, *Il trasporto pubblico locale. Funzione sociale e processi di riforma del settore*, Bologna, 2012, p. 26 ss.; A. CLARONI, G. COLLIER, *La sostenibilità economica delle misure di contenimento degli effetti negativi della pandemia da Covid-19 e di salvaguardia del diritto alla mobilità in relazione al settore del TPL*, in A. CLARONI (a cura di), *Trasporto pubblico locale in fase pandemica e post-pandemica: alla ricerca del diritto alla mobilità in condizioni di sicurezza e di sostenibilità economica: atti del Seminario, Trento, 5 aprile 2022*, Università degli Studi di Trento, 2023, p. 53 ss.

accessibili sotto il profilo della fruibilità fisica²⁷ e dell'accessibilità economica²⁸. Nello specifico, si è parlato di mobilità lavorativa, scolastica, sanitaria (e così via) per indicare lo spostamento effettuato in funzione della realizzazione di un diritto costituzionalmente garantito.

Alla luce di ciò, si può affermare come, a differenza del diritto alla circolazione, il diritto alla mobilità si sviluppi in una dimensione sociale, presupponendo un insieme complesso e integrato di condizioni o circostanze materiali, infrastrutturali e organizzative, volte a garantire una reale ed equa fruibilità degli spazi e dei mezzi di trasporto da parte di tutti gli individui.

In questa prospettiva, il diritto alla mobilità assume una connotazione positiva e proattiva, poiché non si esaurisce nella mera assenza di impedimenti allo spostamento, ma esige un intervento organizzativo e programmatico delle istituzioni pubbliche volto a rendere effettive le condizioni di accessibilità e fruizione dei servizi di trasporto.

Tale caratterizzazione emerge con particolare evidenza nelle politiche urbane e sociali, nelle quali la mobilità rappresenta un presupposto materiale per il pieno godimento di diritti sociali fondamentali – quali lavoro, istruzione e salute – nonché per la partecipazione alla vita comunitaria e democratica. Ai fini della sostenibilità ambientale e della sicurezza stradale, soprattutto nel contesto urbano, assumono particolare rilevanza, nella fornitura dei servizi pubblici²⁹, il trasporto pubblico locale e l'accesso al mezzo pubblico, nonché le recenti forme di *sharing mobility*³⁰.

Che la mobilità sia un diritto “abilitante”, quale condizione di possibilità per l'esercizio effettivo di una pluralità di altre situazioni giuridiche soggettive e, quindi, fattore essenziale di inclusione e coesione sociale, si evince anche dall'art. 16, d.lgs. n. 422/1997³¹ in materia di trasporto pubblico loca-

²⁷ Ad esempio, attraverso l'eliminazione di barriere architettoniche a favore delle persone con disabilità fisiche.

²⁸ L'accessibilità sotto il profilo economico risulta attuabile, ad esempio, tramite l'introduzione di agevolazioni fiscali o economiche volte a facilitare l'acquisto di abbonamenti ai trasporti pubblici, tenendo conto delle condizioni economiche di ciascun individuo.

²⁹ Cfr. M.F. TROPEA, *Ambiente e pubblici servizi nell'Europa della rivoluzione verde e della transizione ecologica: le conclusioni della conferenza sul futuro dell'Europa*, in *Rivista Giuridica dell'Edilizia*, 3, 2023, p. 163 ss.

³⁰ Si veda sul punto C. ALVISI, *Mobilità urbana sostenibile e libertà di circolazione delle persone nel quadro del patto climatico europeo*, in *Riv. dir. nav.*, 2024, n. 2, p. 423 ss., E.G. ROSAFIO, A. CLARONI, *New Mobility Scenarios: Sharing Mobility and Micromobility*, in *European Business Law Review* 34, n. 1, 2023, p. 23 ss.; C. ALVISI, A. CLARONI, *Problemi di governo della “sharing economy” nel settore delle locazioni turistiche e del “bike-sharing”*, in *Istituzioni del Federalismo*, 2019, 4, p. 917 ss.

³¹ Recante “Conferimento alle regioni e agli enti locali di funzioni e compiti in materia di trasporto pubblico locale, a norma del articolo 4, comma 4, della legge 15 marzo 1997, n. 59”.

le³² sui “servizi minimi”, ossia quei servizi “qualitativamente e quantitativamente sufficienti a soddisfare la domanda di mobilità dei cittadini e i cui costi sono a carico del bilancio delle regioni”. La norma sopra menzionata precisa come essi debbano essere definiti tenendo conto dei seguenti parametri: a) dell’integrazione tra le reti di trasporto; b) del pendolarismo scolastico e lavorativo; c) della fruibilità dei servizi da parte degli utenti per l’accesso ai vari servizi amministrativi, sociosanitari e culturali; d) delle esigenze di riduzione della congestione e dell’inquinamento.

In tale prospettiva si impone l’obiettivo di definire sistemi di trasporto integrati, capaci di comporre esigenze eterogenee e talora concorrenti: promuovere una mobilità ambientalmente sostenibile³³; concentrare l’offerta nelle aree a domanda elevata per incidere sulle quote modali e ridurre l’uso del mezzo privato; estendere, al contempo, servizi adeguati nelle aree a domanda debole, al fine di garantire l’accessibilità sociale del territorio e contrastare forme di esclusione; perseguire infine standard soddisfacenti di efficacia ed efficienza nell’erogazione delle prestazioni.

Ne deriva uno stretto collegamento tra la libera circolazione delle persone e la predisposizione di un sistema di trasporti – e, più in generale, di infrastrutture sostenibili – idoneo a rendere concretamente possibile lo spostamento all’interno del territorio e, con esso, il soddisfacimento delle molteplici esigenze attraverso cui si esprime la personalità dell’individuo nelle sue dimensioni sociali, lavorative e familiari.

4. Alla luce delle considerazioni sopra svolte, può ragionevolmente affermarsi come il diritto di mobilità sia espressione della più ampia libertà di circolazione: quest’ultima, tradizionalmente intesa come libertà “negativa” – volta a prevenire compressioni arbitrarie della possibilità di spostamento – tende oggi ad assumere anche una fisionomia “positiva”, nella misura in cui richiede condizioni materiali e organizzative idonee a rendere effettiva la mobilità delle persone. In questa chiave, la libertà di circolazione non si esaurisce nell’assenza di divieti, ma si collega alla disponibilità di infrastrutture, servizi e prestazioni di trasporto adeguati, soprattutto quando lo spostamento costituisce presupposto per l’esercizio di altri diritti (lavoro, istruzione, salute, partecipazione sociale)³⁴.

³² Cfr. A. CLARONI, G. COLLIER, *La sostenibilità economica delle misure di contenimento*, cit., p. 54; A. CLARONI, *Il trasporto pubblico locale: funzione sociale e processi di riforma del settore*, cit., p. 26 e ss.

³³ F. GASPARI, *La regolazione della mobilità urbana sostenibile e i limiti del “Green Deal” dell’Unione europea. Ovvero, il ruolo dello Stato all’alba della post-globalizzazione*, in *Munus*, 2020, 1, p. 67 ss.; L. AMMANNATI, *Diritto alla mobilità e trasporto sostenibile. Intermodalità e digitalizzazione nel quadro di una politica comune dei trasporti*, in *federalismi.it*, n. 4, 2018, pp. 1-2.

³⁴ A. PAIANO, *Trasporto pubblico locale e regolazione della mobilità urbana. Problemi e prospettive di diritto amministrativo*, 2024, pp. 13-14.

In tale prospettiva, l'impulso proveniente dal *Green Deal* europeo³⁵ e dalla Legge europea sul clima³⁶ ha innescato un processo di trasformazione strutturale del sistema dei trasporti, pubblici e privati, orientandolo alla decarbonizzazione e alla riduzione delle emissioni³⁷.

Tuttavia, fattori quali la persistente diffusione di veicoli a combustione, l'obsolescenza del parco mezzi del trasporto pubblico e la necessità di riconvertire le infrastrutture in chiave sostenibile e tecnologica possono, in assenza di adeguate politiche di regolazione, tradursi in barriere di accesso o in una significativa compressione della fruibilità del servizio, incidendo sull'effettività del diritto alla mobilità, specie per le fasce più vulnerabili della popolazione e per i territori meno serviti.

Parallelamente, la revisione costituzionale del 2022³⁸ ha rafforzato la centralità della tutela dell'ambiente (art. 9 Cost.)³⁹ e ha chiarito che l'iniziativa economica può essere indirizzata e limitata anche in funzione della tutela ambientale (art. 41 Cost.), rendendo più esplicita la dimensione ecologica nel bilanciamento tra interessi pubblici e libertà.

5. È in tale cornice che si colloca il tema delle restrizioni alla circolazione (nella sua accezione di mobilità) motivate dalla sostenibilità: l'ambiente, di per sé, non compare tra le "cause tipiche" di limitazione previste dall'art. 16 Cost.; tuttavia, molte misure ambientali – specie nel settore dei trasporti – vengono giustificate come strumenti di tutela della salute collettiva (in termini di riduzione dell'inquinamento atmosferico). In effetti, nel concetto di "sanità" pos-

³⁵ Cfr. Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni – Il Green Deal europeo. COM/2019/640 final.

³⁶ Il Reg. (UE) 2021/1119, detto anche "Normativa europea sul clima", che rientra nel quadro di riforme legislative per l'attuazione del *Green Deal* europeo e che stabilisce l'obiettivo vincolante della neutralità climatica nell'Unione entro il 2050 (art. 1, par. 2).

³⁷ Cfr. E. VERDOLINI, *Verso un diritto alla mobilità sostenibile? L'impatto dell'European Green Deal nel settore dei trasporti*, in *federalismi.it*, n. 19, 2024, p. 417. Cfr. Reg. n. 851 del 2023 sul rafforzamento dei livelli di prestazione in materia di emissioni di CO₂ delle autovetture nuove e dei veicoli commerciali leggeri nuovi; Reg. n. 1804/2023 del 13 settembre 2023 sulla realizzazione di un'infrastruttura per i combustibili alternativi, che ha previsto, altresì, degli «obiettivi nazionali obbligatori», così da vincolare ciascuno Stato membro alla realizzazione di un minimum di stazioni di ricarica elettrica (artt. 3,4 e 5 del Reg.) e di rifornimento d'idrogeno (artt. 6 e 7 del Reg. 49) entro i confini del proprio territorio.

³⁸ Riforma attuata con la legge costituzionale 11 febbraio 2022, n. 1, recante Modifiche agli artt. 9 e 41 della Costituzione in materia di tutela dell'ambiente.

³⁹ Sulla riforma costituzionale dell'art. 9 si rinvia a: F. DE LEONARDIS, "Ambiente, biodiversità, ecosistemi": riflessioni sull'art. 9 Cost., in *Nuove Autonomie* n. 3, 2024, p. 489 ss.; A. MORRONE, *L'"ambiente" nella Costituzione. Premesse di un nuovo "contratto sociale"*, in *Atti del Convegno Aidambiente* del 28 gennaio 2022, *La riforma costituzionale in materia di tutela dell'ambiente*, Napoli, 2022, p. 91; R. BIFULCO, *La legge costituzionale 1/2022: problemi e prospettive*, in *www.federalismi.it*, 6 aprile 2022.

sono ricondursi il diritto alla salute e il c.d. diritto a un ambiente salubre, da intendersi come protezione e preservazione delle condizioni indispensabili per il diritto alla salute dell'uomo e, più in generale, per la libera espressione della sua personalità.

In questo quadro si colloca l'osservazione – ricorrente in dottrina e nella prassi istituzionale – secondo cui lo sviluppo sostenibile possiede natura intrinsecamente multidimensionale e richiede integrazione tra esigenze ambientali, sociali ed economiche (e, più ampiamente, tra ulteriori dimensioni, come quelle culturali e tecnologiche).

Considerazioni analoghe valgono per l'applicazione del paradigma della sostenibilità al settore dei trasporti⁴⁰, ove la promozione di una mobilità “più pulita” implica scelte regolatorie e infrastrutturali che incidono direttamente sulle condizioni di esercizio della circolazione.

La sostenibilità ambientale e, in particolare, la transizione energetica sono state al centro della produzione normativa europea degli ultimi anni.

In primo luogo, il Reg. (UE) 2021/1119⁴¹ (“Normativa europea sul clima”), inserito nel percorso di attuazione del Green Deal, fissa l'obiettivo giuridicamente vincolante della neutralità climatica dell'Unione entro il 2050 e consolida il quadro di riferimento per la riduzione progressiva delle emissioni. In secondo luogo, lo strumento *NextGenerationEU* ha indirizzato i programmi nazionali verso investimenti e riforme con una quota minima destinata alla transizione verde (target climatico almeno pari al 37%). Occorre menzionare, altresì, il piano *REPowerEU*, elaborato a seguito della crisi energetica connessa al conflitto russo-ucraino, che è stato integrato nel Meccanismo per la Ripresa e la Resilienza (MRR)⁴² tramite il Reg. (UE) 2023/435⁴³, che consente l'inserimento di

⁴⁰ Circa l'applicazione del concetto di sviluppo sostenibile al settore dei trasporti, si rinvia a: G. ROMANELLI, M.M. COMENALE PINTO, *Trasporto, turismo e sostenibilità ambientale*, in *Dir. trasporti*, 2000, p. 659 ss., i quali hanno evidenziato che «le esigenze connesse alla navigazione, al trasporto ed al turismo si trovano frequentemente in competizione con quelle legate alla conservazione dell'ambiente [...]»; G. VERMIGLIO, *Sicurezza: safety, security e sviluppo sostenibile*, in R. TRANQUILLI LEALI, E.G. ROSAFIO (a cura di), *Sicurezza, navigazione e trasporto*, Milano, 2008, p. 145 ss.; F. PELLEGRINO, *Sviluppo sostenibile dei trasporti marittimi comunitari*, Milano, 2009; F. PELLEGRINO (a cura di), *Sviluppo sostenibile dei trasporti marittimi nel Mediterraneo*, Napoli, 2013; L. AMMANNATI, A. CANEPA (a cura di), *Politiche per un trasporto sostenibile. Governance multimodalità fiscalità*, Napoli, 2017.

⁴¹ Reg. (UE) 2021/1119 del Parlamento europeo e del Consiglio del 30 giugno 2021 che istituisce il quadro per il conseguimento della neutralità climatica e che modifica il Reg. (CE) n. 401/2009 e il Reg. (UE) 2018/1999 (“Normativa europea sul clima”).

⁴² Noto anche come “*Recovery and Resilience Facility*” (RRF).

⁴³ Reg. (UE) 2023/435 del Parlamento europeo e del Consiglio del 27 febbraio 2023 che modifica il Reg. (UE) 2021/241 per quanto riguarda l'inserimento di capitoli dedicati al piano REPowerEU nei piani per la ripresa e la resilienza e che modifica i regolamenti (UE) n. 1303/2013, (UE) 2021/1060 e (UE) 2021/1755, e la Dir. 2003/87/CE.

specifici “capitoli REPowerEU” nei piani nazionali, orientati – tra l’altro – ad accelerare riforme e investimenti su efficienza energetica e rinnovabili e a diversificare gli approvvigionamenti.

Risulta, dunque, evidente che la transizione verso fonti energetiche più “pulite” richiede misure funzionali anche nel settore dei trasporti, che proprio per il suo impatto significativo sulle emissioni⁴⁴, è ora al centro delle politiche europee di cambiamento energetico.

Viene a questo punto in rilievo il tema della circolazione su strada, soprattutto in ambito urbano, ove le amministrazioni ricorrono a strumenti che, pur perseguendo finalità ambientali, incidono in concreto sulla mobilità.

Sul piano dell’ordinamento interno, tali interventi trovano un fondamento rilevante nell’art. 7 del Codice della strada⁴⁵, che attribuisce ai Comuni il potere di delimitare aree pedonali e zone a traffico limitato, imponendo una valutazione degli effetti del traffico, tra l’altro, sulla salute e sul patrimonio ambientale e culturale.

Sul versante eurounitario, la Dir. 2008/50/CE⁴⁶ persegue l’obiettivo di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi dell’inquinamento sulla salute umana e sull’ambiente, quadro recepito in Italia dal d.lgs. 155/2010: ciò contribuisce a spiegare perché molte restrizioni alla circolazione vengano inquadrate come misure di tutela della salubrità (quindi, “sanità” in senso costituzionale), oltre che come politiche ambientali.

In tale contesto, si collocano tipicamente misure urbane che condizionano (o restringono) il diritto alla mobilità, quali: divieti selettivi di circolazione per determinate categorie di veicoli (ad es. veicoli diesel fino a specifiche classi “Euro”),

⁴⁴ Nel Rapporto presentato da Mario Draghi sul futuro della competitività europea, è stato evidenziato che i trasporti “sono responsabili di un quarto di tutte le emissioni di gas serra e, a differenza di altri settori, le emissioni di CO2 prodotte dai trasporti sono ancora superiori a quelle del 1990” (*Il rapporto sul futuro della competitività europea di Mario Draghi* n. 33, 26 settembre 2024, p. 18, disponibile al link <https://documenti.camera.it/leg19/dossier/pdf/AT033.pdf>).

⁴⁵ Ai sensi dell’art. 7, d.lgs. 285/1992: «Nei centri abitati i comuni possono, con ordinanza del sindaco [...] limitare la circolazione di tutte o di alcune categorie di veicoli nei casi in cui risulti necessario, congiuntamente, nel rispetto dei criteri di proporzionalità e adeguatezza, ridurre le emissioni derivanti dal traffico veicolare in relazione ai livelli delle sostanze inquinanti nell’aria nonché tutelare il patrimonio culturale, tenuto conto, comunque, delle esigenze di mobilità e di tutela della produzione. Con decreto del Ministro delle infrastrutture e dei trasporti, di concerto con il Ministro dell’ambiente e della sicurezza energetica e con il Ministro della cultura, previa intesa in sede di Conferenza unificata di cui all’art. 8 del d.lgs. 28 agosto 1997, n. 281, sono individuati le tipologie dei comuni che possono avvalersi della facoltà di cui alla presente lettera, le categorie dei veicoli non soggetti alle predette limitazioni, i parametri di qualità dell’aria ai quali è subordinata l’attivazione delle limitazioni consentite dalla presente disposizione nonché i livelli minimi di servizio pubblico da assicurare comunque nelle aree oggetto delle citate limitazioni. [...]».

⁴⁶ Dir. 2008/50/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 21 maggio 2008, relativa alla qualità dell’aria ambiente e per un’aria più pulita in Europa.

finalizzati alla riduzione delle emissioni in atmosfera; istituzione di ZTL “ambientali” o zone con requisiti emissivi/di accesso, spesso con regimi autorizzatori più favorevoli per veicoli elettrici o ibridi, secondo scelte consentite dalla disciplina codicistica; blocchi temporanei del traffico al superamento di soglie di inquinamento (es. misure emergenziali come targhe alterne o limitazioni orarie), talora previste nell’ambito delle politiche regionali e locali di risanamento della qualità dell’aria.

In termini sistematici, tali misure pongono in evidenza la problematica attinente alle limitazioni della libertà di circolazione in nome della tutela ambientale, con la finalità di ridurre l’inquinamento da traffico veicolare, in accoglimento delle istanze di transizione energetica, imponendo un costante scrutinio di compatibilità con l’art. 16 Cost.

A ciò si affianca un’ulteriore questione: stabilire se – e in quale misura – la tutela apprestata dall’art. 16 Cost. si estenda anche agli strumenti e alle condizioni materiali necessari per l’effettivo esercizio della circolazione, ossia se essa comprenda non solo l’assenza di divieti, ma anche l’accesso ai mezzi e ai servizi di trasporto che, in concreto, rendono possibile il diritto di movimento.

La libertà di circolazione esige, senza dubbio, l’esistenza e la garanzia di spazi per la circolazione: il diritto alla circolazione deve confrontarsi con la disponibilità e l’adeguatezza dei mezzi per circolare, i quali contribuiscono a loro volta a renderlo effettivo.

Se, da un lato, secondo l’impostazione più volte ribadita dalla Corte costituzionale, la libertà di circolazione (intesa come libertà «di portarsi da un luogo ad un altro con un qualunque mezzo di trasporto»⁴⁷) non consiste nel diritto di guidare il proprio veicolo e non può essere intesa come piena libertà di scelta dei mezzi⁴⁸, dall’altro non può sottrarsi il carattere strettamente strumentale dei mezzi di trasporto alla concretizzazione del diritto in questione.

Non a caso la stessa Corte costituzionale, in più occasione, ha qualificato il diritto di circolazione come “diritto di locomozione”⁴⁹, espressione che porterebbe a configurare una estensione del diritto di circolazione fino a comprendere un diritto non solo ai mezzi di locomozione, ma anche alla strada⁵⁰ o all’infrastruttura di trasporto in generale.

⁴⁷ Cfr. Corte cost., sent. n. 6 del 1962, in cui la Corte ha ritenuto che le norme che consentono ad un’autorità amministrativa di sospendere o di revocare la patente di guida non sono inerenti alla portata applicativa dell’art. 16 Cost.

⁴⁸ A. PAIANO, *Trasporto pubblico locale e regolazione della mobilità urbana*, cit., p. 14, *sub* nota 14.

⁴⁹ Cfr. sentenza della Corte cost. n. 127 del 2022.

⁵⁰ Cfr. M. FRASCHINA, *Il “diritto alla mobilità” e la tutela dell’ambiente*, cit., p. 2.

Al riguardo, è stato osservato in dottrina che, se è vero che per l'attuazione della libertà di circolazione risultano essenziali le vie di comunicazione, in termini di "profili strumentali"⁵¹, è parimenti vero che non possono dirsi operanti in relazione ad esse «i soli limiti previsti dall'art. 16 Cost., se non a pena di giungere a conclusioni aberranti prima di tutto sotto il profilo logico, quale quella secondo cui lo Stato, costruita una strada, non potrebbe più chiuderla al traffico»⁵².

In tale direzione si colloca la giurisprudenza costituzionale, secondo cui «l'uso delle strade, come l'uso di altri beni pubblici, può essere regolato anche sulla base di esigenze che, sebbene trascendano il campo della sicurezza e della sanità, attengano al buon regime della cosa pubblica, alla sua conservazione, alla disciplina che gli utenti debbono osservare, alle eventuali prestazioni che essi sono tenuti a compiere e così via»⁵³.

In altri termini, secondo l'approccio sopra menzionato, il profilo strumentale della libertà di circolazione, soprattutto nella sua proiezione concreta come mobilità, consentirebbe di cogliere l'esistenza di limiti ulteriori al diritto di circolare rispetto ai motivi espressamente stabiliti dalla relativa norma costituzionale (sanità e sicurezza), limiti sottesi alla regolazione dell'uso della viabilità, che rispondono ad altri interessi costituzionalmente protetti, come quelli derivanti da interventi di politica economica riconducibili ai comma 2 e 3 dell'art. 41 Cost.

6. Se, come si è visto, la libertà di circolazione – nella sua accezione di mobilità – consente di affiancare alle limitazioni tipizzate dall'art. 16 Cost. anche interventi che, pur formalmente qualificati come misure di regolazione della viabilità e dei servizi di trasporto, possono tradursi in compressioni sostanziali del diritto di spostamento, occorre allora valutare in quali condizioni e secondo quali criteri tali misure possano ritenersi compatibili con la funzione garantistica della libertà costituzionale.

In particolare, ciò impone di verificare se esse siano sorrette da un'adeguata base normativa, se perseguano interessi pubblici costituzionalmente rilevanti e se, per contenuto ed effetti, rispettino i requisiti di generalità, ragionevolezza e proporzionalità, evitando che vincoli meramente organizzativi o selettivi si risolvano, in concreto, in restrizioni non giustificate della circolazione.

⁵¹ G. AMATO, *Art. 16*, in G. BRANCA (a cura di), *Commentario alla Costituzione*, cit., p. 115 ss.

⁵² U. GOLDONI, *Circolazione e soggiorno* (libertà di), cit., p. 7, il quale richiama C. CRISAFULLI, *Questioni di costituzionalità di disposizioni di legge o questioni di legittimità del provvedimento applicativo?* (in tema di libertà di circolazione), in *Giur. Cost.*, 1965, p. 18.

⁵³ Cfr. sentenza della Corte cost. n. 16/1965.

Ne deriva che la transizione *green*, pur potendo legittimare scelte incisive nell'organizzazione dei trasporti, impone contestualmente di evitare che l'obiettivo ambientale si traduca in una compressione regressiva della mobilità, soprattutto ove incida in misura sproporzionata su determinati gruppi sociali o territori. La sostenibilità, pertanto, deve essere perseguita attraverso un assetto regolatorio e infrastrutturale in grado di conciliare transizione energetica, qualità dei servizi e tutela effettiva delle libertà costituzionali. In questa prospettiva, le politiche di transizione ecologica ed energetica non possono esaurirsi nell'introduzione di meri "vincoli", ma dovrebbero orientarsi a una trasformazione strutturale delle condizioni della mobilità, mediante investimenti, innovazione e potenziamento dei servizi, così da ridurre il ricorso a misure interdittive e rendere l'obiettivo ambientale perseguibile attraverso strumenti stabili, proporzionati e inclusivi. Da qui discende l'esigenza di definire sistemi di trasporto integrati in grado di comporre obiettivi non di rado concorrenti, tra cui: orientare la domanda verso modalità a minore impatto emissivo, promuovendo una mobilità ambientalmente sostenibile; concentrare e qualificare l'offerta nelle aree a domanda elevata, così da incidere sulle quote modali e ridurre la dipendenza dal mezzo privato; garantire livelli adeguati di servizio anche nelle aree a domanda debole, assicurando un'accessibilità "sociale" del territorio; perseguire, al contempo, criteri di efficacia ed efficienza nella produzione del servizio. Un simile approccio è coerente con l'impostazione della pianificazione urbana della mobilità (SUMP)⁵⁴, che insiste su integrazione intermodale, coordinamento tra politiche settoriali e orientamento a obiettivi misurabili di accessibilità e qualità della vita. In tale cornice, diventano centrali infrastrutture, reti e terminali "smart" capaci di sostenere un sistema multimodale e integrato: non solo punti di interscambio e corridoi di rete, ma anche architetture digitali che rendano interoperabili servizi, titoli di viaggio e informazioni in tempo reale⁵⁵. In questa direzione si collocano soluzioni quali il *Mobility-as-a-Service* (MaaS) e la logistica dell'ultimo miglio, che presuppongono integrazione tariffaria e informativa, regole di *data sharing* e *governance* pubblica capace di allineare i servizi innovativi agli obiettivi collettivi (decongestione, riduzione emissioni, inclusività). Nonostante le molteplici criticità che già accompagnano la transizione verso una mobilità ecologica a basse emissioni, è emerso un ulteriore profilo di debolezza, di natura istituzionale e regolatoria. Il "Rapporto sul futuro della competitività

⁵⁴ Cfr. *European Commission, Guidelines for Developing and Implementing a Sustainable Urban Mobility Plan* (SUMP), 2nd ed., 2019 (https://urban-mobility-observatory.transport.ec.europa.eu/sustainable-urban-mobility-plans/sump-guidelines-and-decision-makers-summary_en).

⁵⁵ Cfr. UNECE, *Handbook on Sustainable Urban Mobility and Spatial Planning*, 2020 (https://unece.org/DAM/trans/main/wp5/publications/1922152E_WEB_light.pdf).

europea” del settembre 2024 di Mario Draghi⁵⁶ segnala infatti, una persistente disarticolazione tra gli obiettivi e gli strumenti della politica climatica europea e la pianificazione nazionale energia-clima. In particolare, detto Rapporto evidenzia che «i trasporti fanno parte del piano della Commissione per l’obiettivo climatico 2040⁵⁷, ma sono esclusi dai piani nazionali obbligatori per l’energia e il clima degli Stati membri⁵⁸. Questo mancato coordinamento si traduce, ad esempio, in un quadro normativo preciso e vincolante per case automobilistiche e logistica aziendale, il che aumenta la domanda di veicoli elettrici e di infrastrutture di ricarica, senza obbligare in modo analogo i fornitori di energia a offrire un accesso alla rete stabile, potente e dalla capacità sufficiente»⁵⁹.

Tale disallineamento a livello di *governance*, secondo la ricostruzione delineata, produrrebbe un effetto di asimmetria regolatoria: da un lato, un quadro normativo puntuale e vincolante indirizzato a “settori a valle” (industria automobilistica e logistica), che incentiva (e in una certa misura impone) la rapida diffusione di veicoli elettrici e infrastrutture di ricarica; dall’altro, l’assenza di un obbligo parimenti cogente e “speculare” in capo ai soggetti “a monte” (fornitori di energia e gestori di rete) quanto alla garanzia di un accesso alla rete stabile, potente e di capacità sufficiente, cioè rispetto a quelle condizioni “abilitanti” senza le quali l’elettrificazione della mobilità rischia di rimanere, almeno in parte, un obiettivo solo dichiarato più che un risultato effettivamente conseguibile. Il Rapporto aggiunge, inoltre, che «la transizione verso la mobilità sostenibile è ulteriormente ostacolata dalla mancata interoperabilità delle infrastrutture, nonché dalla limitata adozione della digitalizzazione», elementi che incidono sull’integrazione multimodale e sulla competitività del sistema. Siffatte considerazioni risultano ancor più pregnanti se lette alla luce delle possibili ricadute in termini di restrizioni della libertà di circolazione. Infatti, se le condizioni infrastrutturali (rete elettrica, connessioni, interoperabilità e *governance* dei dati) non vengono rese adeguate con strumenti coordinati, il rischio è che gli obiettivi ambientali nel settore trasporti siano perseguiti soprattutto mediante misure “a carico” degli utenti, con effetti regressivi sulla mobilità. Se, infatti, la regolazione, a livello sovranazionale, “spinge” la trasformazione dei veicoli in chiave

⁵⁶ *Il rapporto sul futuro della competitività europea di Mario Draghi*, n. 33, 26 settembre 2024, p. 18 (<https://documenti.camera.it/leg19/dossier/pdf/AT033.pdf>). Si veda anche A. SMURRO, *Nuove prospettive in materia di mobilità sostenibile tra revisione costituzionale e PNRR*, in *Nomos. Le attualità nel diritto*, 2, 2025, p. 18 ss.

⁵⁷ *Climate Target Plan 2040* (https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2040-climate-target_en).

⁵⁸ I c.d. PNIEC.

⁵⁹ *Il rapporto sul futuro della competitività europea di Mario Draghi* n. 33, cit., p. 18.

green senza che, in parallelo, la pianificazione energetica assicuri investimenti e procedure coerenti per le reti elettriche e per la connessione delle infrastrutture di ricarica, la transizione energetica rischia di rimanere incompiuta. Tali circostanze accentuano, dunque, la necessità di una politica della mobilità elettrica spiccatamente intersettoriale, che eviti una transizione meramente prescrittiva (comportando divieti e standard) e si fondi, invece, su una solida coerenza verticale (tra Unione e Stati membri) e orizzontale (tra trasporti, energia e politica industriale). Solo un simile assetto potrebbe, di fatto, consentire di perseguire gli obiettivi di sostenibilità attraverso misure di governo della mobilità proporzionate e costituzionalmente orientate.

La mobilità autonoma: profili sistematici

Ugo Ruffolo

SOMMARIO: 1. Auto a guida autonoma e sostenibilità ambientale ed etica. Quali regole? – 2. *Segue*. In caso di *tragic choice* da «collisione inevitabile» quale la corretta programmazione *by design*? *The trolley problem* e *the fat man footbridge variant*. – 3. La trazione intelligente, per millenni demandata alla intelligenza animale, tornerebbe con l'*autonomous car*, rendendo breve l'intermezzo del cavallo (solo) meccanico. – 4. *Autonomous car, tragic choices* «altruistiche» programmate *by design* e tutele del *driver*-lavoratore e dei passeggeri-utenti nel trasporto collettivo e pubblico (un problema dimenticato?). Sostenibilità etica, esigenze di *par condicio* per le vittime «incolpevoli» e riflessi interpretativi. – 5. Neppure la «manopola etica» è una soluzione. Le «regole di ingaggio» da stato di necessità non sono pre-programmabili. Un *leading case* della Corte Costituzionale tedesca. – 6. *Segue*. Improporzionalità conseguente di programmi di guida autonoma con regola d'ingaggio «altruistica». Manopola etica, ma solo come azionabile dal *driver* in presenza di «pericolo attuale»? (E solo in assenza di passeggeri non consapevoli e concordi). – 7. Considerazioni conclusive. Accanto alla improponibilità di un programma «altruistico» di guida autonoma lesivo di aspettative e diritti di sicurezza e protezione sia del *driver*-lavoratore che dei passeggeri-utenti, la inipotizzabilità di programmi differenziati a seconda dell'uso (e per veicoli *dual use*!). – 8. Una postilla finale. L'art. 2054, comma 4, c.c. responsabilità oggettiva *ante litteram* di proprietario e conduttore per vizi di costruzione e difetto di manutenzione del veicolo, nell'era dell'*autonomous car*.

1. Il problema dei veicoli autonomi tocca molto il discorso della mobilità sostenibile. Tanti anni or sono si teorizzava, in ben altro contesto, la possibilità che il trasporto su automobili transitasse da un regime di proprietà privata del mezzo a quello di fruizione d'esso come servizio; e la sostenibilità perseguibile, dunque, mediante ricorso a sistemi di auto «condivise», ottimizzandone l'uti-

lizzazione come i tempi di circolazione. L'avvento di auto *self-driving* che dovessero giungere a diventare effettivamente *driverless* (livelli 4 e 5 di automazione) potrebbe rendere reale una siffatta opzione.

Se i *self-driving car* sono in qualche misura una realtà (in Germania è autorizzata da tempo la – seppur limitata – circolazione di quelle di livello 3, e da noi generalizzata quelle di livello «2 +»), potrebbe essere relativamente prossima la loro evoluzione nei *driverless car* di livello 4 o 5 (in quest'ultimo caso, vetture prive persino di sterzo e pedale); ed è facile prevedere che, allora, la guida umana sarà, quando non inibita, fortemente limitata perché insicura e «insostenibile».

Tale automazione razionalizzerebbe la circolazione – e la sua sostenibilità, anche urbanistica e ambientale – assicurando anche l'*optimum* energetico: circolerebbero meno auto (e meno auto con una sola persona a bordo) rispetto a quelle che oggi intasano strade e territorio urbano. E quando la stessa auto basterà a servire un elevato numero di utenti, potrà essere «chiamata da casa»; anzi, giungerà, a chiamata, «sotto casa».

Quale disciplina per il nuovo fenomeno?

I primi studi sui veicoli autonomi si ponevano l'interrogativo del come coniugare diritto ed etica e come renderne «etica» la conduzione, con particolare riguardo al come doverne «programmare» *by design* il comportamento in caso di collisione inevitabile, sempre nell'ottica del trasporto «individuale» come modello. Si trascurava (sorprendentemente) di considerare che con la mobilità automatizzata, ci saranno in strada sempre meno auto di proprietà ed uso «individuale» e sempre più vetture destinate al trasporto non individuale. L'auto del singolo, anzi, smetterà di essere «proprietaria» e diventerà prevalente oggetto di servizio. Ed il singolo, anche quando passeggero di questa sorta di taxi *self-driving*, resterebbe sempre un trasportato all'interno di un servizio di natura più o meno «collettiva» e «pubblica».

Ma torniamo a quella che può considerarsi l'archeologia delle problematiche in materia: l'interrogativo circa il come programmare un *self-driving car* per il caso di collisione inevitabile. La prima, apparentemente intuitiva, ma per noi – come diremo – non condivisibile, risposta si incentrava sul privilegiare l'esigenza di «salvare il maggior possibile numero di anni di vita sperata». Si assumeva ad esempio paradigmatico quello del guidatore che si vedesse «tagliare la strada» da un bimbo rincorrente un pallone, o da una disorientata scolaresca improvvisa, stretto fra l'alternativa di travolgere quelle giovani vite o dirottare invece l'auto verso un burrone per scongiurare la collisione, ma al prezzo di sacrificare sé stesso e gli eventuali passeggeri. E si qualificava come eticamente ottimale l'una o l'altra soluzione a seconda che la somma degli «anni di vita sperata» degli

occupanti la vettura fosse inferiore o invece superiore a quella relativa ai passanti che sarebbero rimasti altrimenti travolti.

Problemi omologhi si erano posti, nel recente periodo funestato dall'epidemia Covid-19, con riguardo alla drammatica scelta di *triage* per l'«assegnazione dell'ultimo letto», e perfino alla possibile opzione di *cut-off* generazionale, e comunque di sacrificare il paziente più anziano, ancorché «avente diritto» perché precedentemente giunto a chiedere cure (se non di preconcettamente negare la «intubazione» ai grandi anziani per lasciar liberi i pochi posti al prevedibile prossimo afflusso di giovani contagiati), sul quale si era registrata posizione critica del nostro Comitato Nazionale di Bioetica.

Su tale specifico criterio preferenziale, riportato all'ambito della circolazione automobilistica, e con riferimento alle esigenze del come programmare l'*autonomous car*, risolutiva si era rivelata, in senso contrario, in Germania, una delle (venti) linee guida dettate dalla *Ethics Commission Automated and Connected Driving* (del *Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur*): «In situazione di incidente inevitabile, in nessun caso il sistema di guida automatizzata deve fare distinzioni basate su caratteristiche personali (età, sesso, condizione fisica o mentale)».

2. Dobbiamo intanto considerare quale scelta dovrebbe, o potrebbe, legittimamente operare, in tali casi, e nell'imminenza, il guidatore umano; e per converso se e cosa possa (essere programmata ad) autonomamente «decidere» di fare l'auto a guida autonoma.

Il *driver* umano, in caso di collisione inevitabile, potrebbe legittimamente scegliere, agendo in stato di necessità (art. 54 c.p.), tanto di sacrificare altri per salvare sé stesso e i passeggeri, quanto invece di sacrificare questi e sé stesso per salvare altri. A fronte della scolaresca, o del bambino, comparsi inopinatamente sulla carreggiata egli potrebbe dunque «altruisticamente» dirottare il mezzo verso il burrone, e sacrificare anche gli occupanti, così come travolgere i pedoni per salvare sé stesso come i familiari o amici a bordo. Si verserebbe in situazione omologa ai casi di scuola, universalmente noti, del naufrago che toglie il salvagente ad altri per salvarsi, o del militare che spara alle gambe del commilitone ubriaco o in *trance* per impedirgli di correre inavvertitamente verso un burrone, o compiere altri atti lesivi di sé o altri quali azionare armi o far deflagrare esplosivi.

La questione, dunque, non è solo quale scelta si sia legittimati a compiere, in tali frangenti, ma anche quella del «chi» e del «quando»: solo personalmente l'interessato ed a fronte di pericolo attuale, o anche altri per lui, magari pre-programmando il comportamento del veicolo? In altri termini, la scelta fra compor-

tamento «egoistico» o «altruistico» può essere compiuta solo personalmente e nell'imminenza del pericolo, o potrebbe essere anche pre-programmata?

Sartor ha posto in termini più evoluti il problema, proponendo la introduzione di una «manopola etica», che consentirebbe di scegliere, all'atto dell'acquisto o premendo un bottone al momento dell'avvio dell'auto, fra il programma «etico» o «egoistico». Ma anche questa soluzione sembra preclusa: in stato di necessità, come di legittima difesa, altro è tale «esimente» per comportamenti costituenti immediata reazione a una inopinata situazione di «pericolo attuale» (è la espressione usata sia dall'art. 54 che 52 c.p.), altro pre-programmare la medesima reazione *ex ante* per il caso di futuro occorrere di quella evenienza.

Quindi, se ci sono decisioni che si possono prendere solo nel momento di grave e «attuale pericolo», e se nel programmarle neppure si può discriminare per età, allora predisporre questo tipo di programma parrebbe doppiamente censurabile. E potrebbe altresì generare problemi di *product liability* per il fabbricante dell'*autonomous car* equipaggiato col siffatto. Così come contestazioni per vizi della cosa venduta, o da vendita al consumatore di «bene non conforme», nell'ambito del mercato automobilistico.

Ancor meno, valga aggiungere, potrebbe essere pre-programmata la messa in pericolo di altrui vite «incolpevoli», come quelle dei passeggeri: tradendo il loro legittimo affidamento di sicurezza riposto nel conduttore occasionale, quando non (ed ancor più) in una vera e propria obbligazione di «trasporto sicuro» nei confronti del *driver* «professionale» che li stia trasportando in corso di esecuzione di un rapporto contrattuale (nel primo caso, di trasporto «di cortesia», il conducente risponderebbe *ex art.* 2054 c.c. soltanto; ed altresì per inadempimento nella esecuzione di contratto di trasporto, o comunque di fornitura di servizi). A parallele responsabilità verso i trasportati incorrerebbero sia proprietario e conducente dell'auto che la eventuale impresa esercente il servizio di trasporto (in caso di scelta del programma «altruistico», con la manopola etica, in particolare).

La dottrina che si confronta su questi temi continua ad affrontarli prevalentemente nell'ottica dell'automobile adibita ad uso individuale. Spesso si tralascia di considerare che il medesimo problema si pone per il caso di mezzi di locomozione adibiti a trasporto collettivo, o comunque pubblico, nella cui conduzione automatizzata dovessero porsi dilemmi omologhi. Per l'autobus, o il treno (ma anche il taxi), in caso di collisione inevitabile, sia l'aspettativa degli utenti, sia la tipologia del servizio che viene reso (e forse anche le esigenze di eticità della scelta), sembrano dover privilegiare le esigenze di sicurezza e tutela del trasportato piuttosto che quelle di coloro che abbiano incautamente generato stato di pericolo.

E si trascura altresì il problema – solo apparentemente secondario – della legittimità di pre-programmare un siffatto sacrificio della vita del conduttore quando si trovi adibito alla guida un lavoratore subordinato, al quale devono essere assicurati elevati *standard* di sicurezza e protezione.

In caso di collisione inevitabile sembra possibile affermare che per l'*autonomous car*, ove sia regolare la sua conduzione e posizione, e irregolare la condotta dei passanti che potrebbero venire travolti, privilegiare le esigenze di salvare i trasportati sembrerebbe soddisfare la normale aspettativa di un comportamento etico.

I bioetici pongono tale questione col noto quanto esemplare apologo del «*the trolley problem*», il dilemma della scelta fra premere o meno un bottone, facendo deviare su un binario secondario, dove investirebbe una sola persona, un carrello ferroviario che sarebbe altrimenti diretto a travolgere cinque bambini immobilizzati su quel binario: meglio agire, scegliendo di sacrificare una persona estranea al contesto, o restare inerti e salvarla lasciando che il destino di quei cinque bambini si compia?

Molti potrebbero essere disposti a spingere quel bottone. Ma lo stesso dilemma, negli stessi termini si porrebbe nella *fat man footbridge variant*: situazione omologa, però in questo caso il soggetto agente, situato sul ponte che sovrasta i binari, può deviare quel carrello non premendo un bottone ma facendo precipitare sul binario, dandogli una leggera spinta, il vecchio corpulento che ha accanto. La situazione si pone negli stessi termini, ma presuppone un intervento attivo molto più diretto, che solo pochi fra i (ben più numerosi) soggetti disponibili a «premere il bottone» risulterebbero disponibili a compiere.

3. Il problema della scelta etica che si riveli giuridicamente sostenibile si traduce anche in una questione di responsabilità da prodotto, come vedremo.

Ma riflettiamo prima su una circostanza singolare. Chiediamoci in materia di auto che si guidano da sole, dunque con una intelligenza (artificiale) che gestisce la trazione differente da quella del *driver* del veicolo, se sia questa cosa nuova, o in qualche misura ritorno all'antico. Tale duplicazione tra la intelligenza del *driver* e quella dei meccanismi di trazione solo a torto potrebbe sembrare prospettiva inusitata. È da meno di duecento anni, con l'avvento del «cavallo meccanico» (a differenza di quello animale privo di intelligenza) che la intelligenza del primo governa sia la conduzione del mezzo che la trazione. Per millenni il (la intelligenza del) conducente aveva un duplice compito di governo: da un lato, la conduzione del veicolo (carrozza, carro, o lettiga o risciò...); dall'altro, il controllo della trazione, affidata ad una diversa entità intelligente, animale o umana (bue o cavallo aggiogati ai primi; schiavi addetti ai secondi).

Il *driver* di un veicolo «conduceva», dunque, esercitava il governo di una trazione intelligente, «viva». Impartiva ordini all'essere vivente (animale o umano) aggiogato, «comandandogli» di eseguirli. Non «azionava» direttamente i meccanismi che facevano girare le ruote, come si fa con lo sterzo o la manopola del cambio ma impartiva – con voce, redini, morso, frustino o pungolo – l'ordine da eseguire all'essere vivo traente, animale «da tiro» o umano.

Il carrettiere di ieri poteva dunque essere chiamato a rispondere «per fatto» sia dell'una che dell'altra intelligenza: della propria, come cattivo conducente in caso di sinistro cagionato, ad esempio, sbandando in curva per eccessiva velocità; ma eventualmente anche a diverso titolo «per il fatto» di quell'animale, ad esempio per danni del cavallo scalciante, imbizarrito o «impazzito», che era cavallo «vivo», non inerte (nel senso di «privo di vita propria») come quello «meccanico».

Alla stessa maniera il guidatore dell'auto *driverless* di domani, «conducente» di un cavallo meccanico «diversamente intelligente» perché *AI-powered* (e dunque... diversamente vivo), sarà chiamato a rispondere sia dei sinistri imputabili a cattiva guida del veicolo sia di quelli cagionati da *défaillances* della trazione «intelligente». Dunque, sulla base di due distinti criteri di imputazione delle responsabilità.

Con riguardo alla «conduzione di veicolo senza guida di rotaie» continuerà ad essere invocabile l'art. 2054, comma 1, c.c. (responsabilità soggettiva: per colpa, ancorché con inversione dell'onere probatorio). Nei casi di danno da malfunzionamento del sistema di «guida autonoma» *smart* imputabili a «vizi di costruzione o da difetto di manutenzione» sarà invece invocabile quanto meno l'art. 2054, comma 4, c.c. con riguardo a quella differente fattispecie di responsabilità oggettiva (del resto, sulla base della formulazione della norma, perfino il proprietario di un'auto rubata rischia di rimanere responsabile del sinistro, anche successivo al furto, cagionato da mancato funzionamento dei freni imputabile a vizio di costruzione o difetto di manutenzione).

Mentre il produttore di auto *driverless* potrebbe essere chiamato quale corresponsabile oltre che sulla base delle norme di *product liability*, anche ad altro titolo: per responsabilità aquiliana, sulla base delle generali norme codicistiche quali gli artt. 2043 e 185 c.p.; ed altresì, talora, gli artt. 2050 e 2051 c.c., ove nel caso concreto ne ricorrano i presupposti.

Va rammentato, in proposito, che l'*AI Act* classifica «ad alto rischio» talune attività produttive. E, se e quando classificabile come tale, la produzione di auto *self-driving* o *driverless* potrebbe venir considerata «attività pericolosa», rendendo concorrentemente invocabile l'art. 2050 c.c.

Lascio la risposta a tali interrogativi, come a quello più generale sulla responsabilità da algoritmo, a quanto esposto in altre sedi. Mi limito solo a rammentare

che, come per tutti i prodotti intelligenti, si pongono nel nostro caso alcune questioni specifiche.

Prima: se dotata di algoritmo di autoapprendimento, l'auto che si guida da sola è «come noi»: tutti noi abbiamo imparato «alla scuola guida» e continuiamo a imparare guidando. Anche quella tipologia di auto riceve un addestramento iniziale. Ma tutti i beni intelligenti, che hanno «imparato a imparare», e che dunque evolvono imparando, restano esposti al rischio d'essere travolti da cattivi compagni o cattivi maestri. Quindi l'auto «intelligente» potrebbe essere portata ad assumere comportamenti su strada devianti quale effetto di cattivo apprendimento, eventualmente anche imputabile ai cattivi esempi ricevuti dalla cattiva condotta di guida del *driver* al volante, al quale è sempre chiesto di restare, anche quando non attivo, *human in command* comunque vigile, dovendo la conduzione «autonoma» del mezzo rimanere comunque sempre sottoposta al controllo, o intervento correttivo, del conducente.

Valga anzi solo rammentare che la presenza di conducente rimane, nella disciplina eurounitaria, imposta persino per i veicoli terrestri con autonomia di livello 5, che pur potrebbero essere privi di sterzo ed altri comandi, ad eccezione del bottone di avvio ed arresto (la presenza di un – seppur inutile – conducente sembra imposta persino per i droni per trasporto passeggeri, che si sarebbe in procinto di voler utilizzare nei trasferimenti fra centri cittadini ed aeroporti).

Alla domanda se il costruttore che invoca la messa in commercio di quel prodotto come conforme allo stato dell'arte possa ritenersi non responsabile dei difetti «sopravvenuti», per essere questi imputabili solo ad effetti del successivo addestramento, o alla esposizione del prodotto ad esperienze improprie, deve darsi risposta negativa.

L'autore dell'algoritmo di autoapprendimento, e comunque il produttore che lo incorpora, rispondono anche dei danni da prodotto difettoso quando divenuto tale a causa di apprendimento deviante. Si tratta di algoritmo che entra, quale sua componente «viva», a caratterizzare la struttura e la scelta di comportamenti futuri della *machina*; e che, per non essere considerato componente difettosa, dovrebbe essere dotato, all'atto del ricevere capacità *self-learning*, di un «codice macchina», di un «blocco», che inibisca al prodotto *smart* di tralignare, imponendo idonei ed invalicabili limiti alle evoluzioni devianti dell'autoapprendimento.

La scintilla di vita come capacità di imparare ad imparare, che l'algoritmo di autoapprendimento conferisce alla *machina*, può essere impressa solo se accompagnata da parallela imposizione di quei limiti, quali invalicabili *guard rail*. Come le famose tre (anzi, quattro) leggi di Asimov: concepite non come prescrizioni esterne cui l'entità robotica è chiamata a conformarsi, ma quali istruzioni inibenti *embedded*, *incorporate by design* «nella sua testa».

4. Tornando in tale logica agli interrogativi su quali comportamenti di guida autonoma programmare *by design*, per le auto *self-driving* e *driverless*, con riguardo alla scelta tragica da privilegiare in caso di collisioni inevitabili, dobbiamo constatare che il problema della mobilità autonoma è questione non marginale nel quadro dei processi di razionalizzazione sia dell'uso delle risorse che degli strumenti di tutela dell'ambiente. E, in ultima analisi, della «sostenibilità» su entrambi i piani.

È singolare allora, si ripete, che in dottrina tale problematica continui a essere tarata sul discorso delle auto private che si guidano da sole, laddove l'impiego di sistemi di guida autonoma, come di «pilota automatico», ha sinora storicamente riguardato mezzi di trasporto – terrestre, aereo, per mare – essenzialmente impiegati nel pubblico trasporto. Ed è anzi oggi molto rilevante il ruolo, ed elevata la incidenza, del «pilota automatico» nella conduzione degli aerei, delle navi, dei treni (soprattutto ad alta velocità). Mentre resta trascurabile, per converso, quello relativo al trasporto stradale su ruota (soprattutto se comparato a quello per aria, per acqua o «con guida a rotaie»).

Con riguardo a quelli «su ruota», quanto agli ADAS per le automobili, oggi mezzo di proprietà ed uso prevalentemente individuale e «privato», va notato che, in Italia, è consentita al massimo la guida «assistita» di livello 2+; ed il livello 3 (oggi limitatamente permesso in Germania) sarà autorizzato da noi fra anni. E si tratta, comunque, di ADAS presenti solo su una ristretta fascia di auto circolanti. Eppure, nel dibattito dottrinale, giuridico come etico, il problema del come programmare mezzi di trasporto a guida autonoma per il caso di «scelte tragiche» in situazione di collisione inevitabile resta prevalentemente (se non esclusivamente) riferito alla produzione automobilistica; venendo da più parti ventilata come massimo etico la richiamata soluzione della scelta d'una programmazione volta a minimizzare i «costi» in termini (neppure di vite umane ma) di «anni di vita sperata» salvati.

In particolare, sembrerebbe volersi parificare la tutela del conducente e dei trasportati (sempre «incolpevoli» ed «estranei») a quella dei passanti che dovessero venire travolti, quale che fosse la correttezza di comportamento di questi ultimi; ed anzi anche a fronte di situazione di pericolo creata dalla loro imprudenza ed a fronte, per converso, di irrepreensibile conduzione di guida del primo.

Non ripetiamo qui la critica esposta *retro* a tale posizione con riferimento sia alla disciplina degli atti consentiti al conducente in situazione di «stato di necessità», sia alle tutelabili aspettative di guidatore e trasportati (posizioni a loro volta differenziate) con riguardo a situazioni di pericolo imputabili ad imprudenti comportamenti di quei pedoni che, in caso di collisione inevitabile, secondo quelle tesi, anche a prescindere dalle loro autoresponsabilità, potrebbero dover essere salvati perfino a costo di sacrificare l'«incolpevole» *driver* e gli altri

occupanti il veicolo, che dovrebbe essere dirottato verso un burrone, ove unico modo per evitare di travolgere quei pedoni).

Poniamo, e ci poniamo, un doppio conseguente interrogativo.

Il primo: i fautori della tesi che l'*autonomous car* dovrebbe essere programmato per «salvare il maggior numero di anni di vita sperata», anche – rendendo più specifico il precedente esempio – a costo di sacrificare una comitiva di anziani a bordo, dirottati verso un burrone pur di preservare da collisione inevitabile un sommamente imprudente gruppo di giovani brilli inopinatamente materializzatosi sulla carreggiata, imporrebbero identica programmazione di guida autonoma per un mezzo adibito a trasporto pubblico? Come giustificerebbero tale posizione anche con riguardo a situazione di trasporto collettivo e pubblico (autobus, treni...)? Come sostenere che dei bimbi, o una scolaresca incauta, presenti sulla carreggiata (e poco importa se e quanto imprudenti) dovrebbero essere salvati comunque, anche a costo di poter imporre il sacrificio della vita del *driver*, e degli «incolpevoli» ed «estranei» passeggeri del veicolo che – pur «dalla parte della ragione» perché condotto nel rispetto delle leggi sulla circolazione stradale e dei normali dettami di prudenza – li avrebbe altrimenti travolti?

Il secondo: nella diversa ipotesi che tale soluzione volesse essere mantenuta nel caso di auto «individuale» e «privata» ma esclusa in quella di trasporto collettivo e pubblico, con quali argomenti giustificare una siffatta «disparità di trattamento» degli «incolpevoli» ed «estranei» trasportati?

E, questione nella questione, come operare eventuali distinzioni fra trasporto pubblico «collettivo», ad es. autobus, e «individuale», ad es. taxi?

E, questione ancora ulteriore, come poter imporre ad un «incolpevole» *driver*-«lavoratore» (guidatore dell'autobus o del taxi) lo stesso sacrificio preteso dal privato alla guida della propria auto, pur di salvare degli incauti ma più giovani e numerosi pedoni? (E poi, questione ancor più specifica, si potrebbe differenziare fra il lavoratore subordinato, quale è spesso il primo, ed autonomo, come è di norma il secondo?).

Interrogiamoci, allora, sulle legittime aspettative dei trasportati, quanto alla propria incolumità e sicurezza, quale che sia il grado di automazione di guida del veicolo, con riguardo agli usuali mezzi di trasporto a conduzione umana. E rammentiamo che chi viaggia in treno o autobus «si aspetta» (pone legittimo affidamento, anche potendo e dovendo confidare sul corretto adempimento della prestazione di trasporto) che chi rende il servizio faccia di tutto per assicurare la sicurezza dei passeggeri, senza mai poter decidere di sacrificarli per salvaguardare terzi incautamente presenti su strada o sui binari.

Facciamo esempi concreti. Domandiamoci prima se possa essere legittima una siffatta scelta «altruistica» come decisione personale dell'autista di un au-

tobus che volesse determinarsi a sacrificare sé stesso e le poche persone a bordo pur di non travolgere una imprudente ma numerosa scolaresca palesatasi improvvisamente sulla carreggiata nel mezzo di una corsa imprudente e sconsiderata.

Si pone l'interrogativo se possa essere considerata legittima una siffatta scelta «personale» da parte dell'autista. È egli libero di compierla, ancorché «in stato di necessità» (sacrificare i passeggeri trasportati al fine di salvare l'elevato numero di scolari presenti sulla strada e destinati altrimenti a rimanere travolti)? O tale scelta dovrebbe essergli inibita in quanto investito del «professionale» dovere di salvaguardare i (privilegiare la sicurezza ed incolumità dei) trasportati, che inibisce ogni possibilità di «scegliere chi salvare»? Si tratta di scelta che lo stato di necessità altrimenti consentirebbe al *driver* privo di obblighi o doveri verso i trasportati diversi da quello, generale, del *neminem laedere*, ma che è inibita a chi si trovi in «stato di dovere» perché obbligato (anche contrattualmente) a operare una scelta determinata: quella a favore di specifici soggetti da tutelare. Stato «di dovere» che prevale su quello «di necessità».

Valga illustrarlo riecheggiando un caso di scuola universalmente noto: lo stato di necessità quale esimente, invocabile dal naufrago che sottragga ad altri, mentre la nave affonda, un salvagente o un posto nella scialuppa di salvataggio per salvare il figlio, è invece preclusa al capitano della nave che volesse levare quel salvagente o togliere da quel posto nella scialuppa una anziana e fragile passeggera per insidiarvi il proprio giovane e prestante figlio. Tale scelta, che egli potrebbe altrimenti assumere come padre che agisce in «stato di necessità», gli è invece inibita per il trovarsi in «stato di dovere» (doveri e obblighi inderogabili) verso i passeggeri quanto al come disporre dei mezzi di salvataggio dovendo persino rispettare la più antica delle regole marinare: *women and children first* (ordine reso famoso perché risuonato nel naufragio del Titanic).

Se la risposta al precedente quesito è, come crediamo, affermativa, ad una siffatta – poco importa quanto «altruistica» – scelta, ove assunta dall'autista dell'autobus di linea in contrasto con il proprio «stato di dovere», potrebbe corrispondere una sua diretta e personale responsabilità: sia aquiliana verso i trasportati, sia per inadempimento verso il committente (che è quasi sempre il datore di lavoro).

Quest'ultimo, poi, sarebbe altresì chiamato a rispondere quale cor(responsabile) nei confronti dei trasportati lesi, a titolo di responsabilità vicaria: tanto contrattuale, *ex art. 1228 c.c.*, che extracontrattuale, *ex art. 2049 c.c.*

In altri termini, sembra questa la più corretta risposta alla domanda se l'autista di un mezzo di trasporto di linea possa ritenersi legittimato a compiere una siffatta «personale» scelta, o debba invece considerarsi delegato a guida-

re un mezzo la cui conduzione deve essere tesa a preservare (e privilegiare) gli occupanti in caso di situazione di pericolo cagionata da altrui comportamenti scorretti.

La risposta a tale interrogativo è determinante per rispondere a quello ulteriore che è centrale al nostro tema: un mezzo di trasporto pubblico *self-driving* o *driverless* potrebbe venire dotato di guida autonoma con programma «altruistico»? O invece la natura della attività cui è adibito lo inibirebbe, dovendosi privilegiare le aspettative di sicurezza dei trasportati ed i corrispondenti obblighi del vettore nei loro confronti? Deve in tal caso prevalere comunque l'esigenza di salvaguardia degli occupanti (senza dimenticare, poi, un ulteriore non secondario interrogativo: quello della esigenza di tutelare la «sicurezza» del conducente come lavoratore subordinato)? Si tratta di problematiche e dilemmi che appaiono sorprendentemente poco considerati nella pubblicistica di settore.

5. In sintesi finale, dunque, ogni comportamento «altruistico» che, in caso di *tragic choice*, comporti la decisione di ledere altrui vite per «salvare sé o altri», può invocare lo «stato di necessità» come scriminante solo ove tale decisione sia assunta direttamente e nel concreto ed attuale manifestarsi dello stato di «pericolo attuale» (art. 54 c.p.). Una siffatta decisione non può essere quindi pre-programmata, e come tale incorporata in un programma di guida autonoma di autoveicoli. Neppure nella richiamata variante della «manopola etica».

Quest'ultima proposta risolverebbe alcuni problemi, ma ne aprirebbe altri sulla legittimità di una simile preimpostata scelta *ex ante* – concettualmente omologa a una sorta di «testamento biologico» – in materia di siffatti diritti indisponibili. E cosa accadrebbe se il guidatore diverso dal proprietario (unitamente ad eventuali passeggeri ignari) «subisse» l'impostazione «eroica» pre-selezionata da una manopola etica che egli non ha azionato, e della quale poteva ignorare l'esistenza? E, soprattutto, è programmabile preordinandolo *ex ante* il futuro comportamento da tenere in ipotesi di stato di necessità, o tale «razionalizzazione omicida» (si tratta comunque della attiva decisione di sacrificare altrui vite «incolpevoli») diventa priva di scriminante, potendosi invocare la giustificazione dello stato di necessità idoneo a escludere la antiigiuridicità del comportamento solo quando appaia sia deciso che eseguito nella contingente imminenza del pericolo in atto?

Così, facendo ricorso a un parallelismo illuminante, se in stato di necessità, per scongiurare una strage da collisione altrimenti non evitabile, potrebbe essere assunta la decisione di abbattere un aereo civile dirottato da terroristi e puntato a schiantarsi su un grattacielo, non è tuttavia legittimo programmare preventivamente *ex lege* una siffatta «regola d'ingaggio» antiaerea per l'aviazione militare,

come ha sancito la sentenza del 15 febbraio 2006 della Corte Costituzionale tedesca (*Bundesverfassungsgericht*, 15.02.2006, 1, BvR 357/05) che ha dichiarato una tale legge incostituzionale in quanto lesiva della dignità e diritti umani di quei passeggeri «incolpevoli». Non sacrificabili dunque, ancorché «morituri» perché destinati inevitabilmente a perire nell'arco di una manciata di minuti o di secondi, nel disastroso impatto programmato dai terroristi dirottatori, e non altrimenti scongiurabile.

Si tratta di *leading case* la cui massima enuncia un basilare principio: «La tutela della dignità umana è intangibile. Lo Stato non può ridurre la dignità umana ad oggetto della propria azione. La legge sulla sicurezza aerea che autorizza l'abbattimento di un aereo civile con a bordo passeggeri incolpevoli (*unschuldigen*) è incompatibile. Anche nelle situazioni estreme, la vita di persone non coinvolte (*unbeteiligter*) non può essere trasformata dallo Stato in un mero mezzo al servizio di altri fini». E, dunque, non può esserne pre-programmato («regole d'ingaggio») il sacrificio, ancorché idoneo a salvare molte vite e nonostante la circostanza che quelle da sacrificare resterebbero distrutte comunque.

Naturalmente, altro è consentire tale *tragic choice* a fronte di pericolo attuale, altro è pre-programmarlo. Un militare (ma anche un civile che ne avesse i mezzi) può abbattere quell'aereo nell'imminenza di quel pericolo e sacrificare la vita di quei passeggeri per «adempiere ad un dovere» (art. 51 c.p.) in esecuzione di siffatto «ordine» che andrebbe considerato, in quel frangente, «legittimo»: in simili evenienze, ed a fronte di pericolo attuale, si può agire per «legittima difesa» (art. 52 c.p.); o in stato di necessità (art. 54 c.p.); o – ove ne ricorrano i presupposti – compiendo «uso legittimo delle armi» (art. 53 c.p.).

Tali scriminanti esigono sempre la necessità di un «pericolo attuale», in assenza del quale non può essere pre-programmata reazione o azione alcuna. Non nell'ambito di «regole d'ingaggio» militari, ancorché prefiguranti future situazioni di stato di necessità e per salvare vite, come nel caso deciso dalla sentenza tedesca. E neppure predisponendo un'arma con programma «intelligente» che la renda capace di automatizzare la «legittima difesa abitativa» con la predisposizione di idoneo *smart gun* capace di distinguere la imminenza di minaccia letale, ad esempio nel caso di irruzioni di malviventi *intruders* in una abitazione (evitiamo, per brevità, ogni comparazione con i divieti, o comunque le severe limitazioni, oggi molto discusse con riguardo al ricorso in ambito militare a forme di *autonomous weapon system*, che pure ci offrirebbe un ulteriore argomento *a fortiori*).

6. Ancor meno, dunque, appare legittimamente programmabile un sistema di guida autonoma – con manopola etica o meno – capace di scegliere, in caso di collisione inevitabile, se e quando sacrificare *driver* e passeggeri trasportati «non

coinvolti» (*unbeteiligter*) ed «incolpevoli» (*unschuldigen*), per usare il lessico del richiamato *leading case* tedesco, o invece i passanti, ancorché «in difetto».

Senza contare, poi, le ulteriori perplessità quando si tratti di veicolo utilizzato nella esecuzione di un contratto di trasporto, o comunque di un dovere o obbligo di prestazioni omologhe (si pensi al militare o funzionario trasportato dall'auto di servizio, o alla personalità da proteggere nell'auto di polizia impiegata in servizio di scorta, o anche solo al trasporto di altro personale, o al trasferimento di detenuti). In siffatti casi, ma anche nei numerosi casi simili, seri appaiono gli interrogativi circa la legittimità della scelta di un programma di guida autonoma che prevedesse in situazioni di pericolo il sacrificio dei passeggeri («incolpevoli» e «non coinvolti») per salvare dei passanti («coinvolti» e «non incolpevoli») che avessero imprudentemente dato causa alla situazione di pericolo; e dunque circa la legittimità della predisposizione della «automatica» scelta robotica di sacrificare quei passeggeri (sia pure in nome di interessi eticamente commendevoli) inadempiendo e contravvenendo agli obblighi e doveri di sicurezza, salvaguardia e protezione dei trasportati.

Senza contare le perplessità ancor maggiori ove si versi in ambito di esecuzione di pubblico servizio di trasporto (autobus, treni, taxi...). E sotto un duplice profilo: sia degli ancor maggiori doveri ed obblighi, generali «di protezione» e specifici di «trasporto sicuro» verso quei passeggeri; sia di quelli «lavoristici» di salvaguardia del conducente-lavoratore subordinato che, primo tra i soggetti «sacrificabili», verrebbe a subire (sia pure per nobile causa) un tal (inaccettabilmente) pre-programmato «incidente sul lavoro».

Come visto *retro*, poi, un siffatto *driver* non avrebbe potuto godere della scriminante d'aver agito in stato di necessità, neppure ove avesse personalmente deciso, al fine di salvare i passanti e nell'immediatezza ed attualità del pericolo, di sacrificare (sé e) i passeggeri, quale personale scelta di conduzione del mezzo nel caso di collisione inevitabile, essendo egli (non libero di effettuare tali personali scelte, altrimenti scriminate *ex art. 54 c.p.*, ma) vincolato da doveri ed obblighi di salvaguardare incolumità e sicurezza dei trasportati. Egli potrebbe anzi essere, in tal caso, personalmente (cor)responsabile per i danni aquiliani cagionati come conducente.

Il conducente, «professionale» e non, sarebbe altresì chiamato a rispondere (art. 2054, comma 4, c.c.) anche «da vizi di costruzione o da difetti di manutenzione del veicolo»; e dunque anche dello specifico vizio o difetto costituito dalla presenza o funzionamento di un programma di guida autonoma che avesse incongruamente operato la scelta di sacrificare i passeggeri a favore dei pedoni.

A maggior ragione, poi, in siffatti casi il conduttore-lavoratore subordinato avrebbe titolo per considerarsi vittima di infortunio sul lavoro.

7. In sintesi finale, seri sono dunque i dubbi che un produttore di veicoli destinati al mercato ed all'uso sia «personale» e da consumatori che «professionale» e d'impresa, possa equipaggiarli con ADAS incorporanti un programma di guida autonomo «altruistico» (dotato o meno di manopola etica) capaci di decidere, in caso di collisione inevitabile, il sacrificio di «incolpevoli» occupanti e conduttore del veicolo per salvare degli imprudenti pedoni occupanti la carreggiata.

La presenza di ogni programma di guida autonoma punitivo per i soggetti a bordo nonostante la regolarità della condotta stradale del veicolo appare suscettibile, dunque, di rendere il mezzo che lo incorpora prodotto «difettoso e dannoso»; oltre che bene affetto da «vizio» della cosa (art. 1490 c.c.) ove fatto oggetto di compravendita, e da difetto di conformità in caso di «vendita al consumatore» (art. 129 cod. cons.).

Tali questioni non concernerebbero, poi, i soli rapporti fra acquirente o utente di un veicolo e chi lo produce o commercializza, investendo altresì la sostenibilità della corrispondente complessiva attività di produzione e commercializzazione, potendo altresì generare criticità nelle macroforniture interne al processo produttivo e distributivo (si pensi ai mercati d'esportazione, o ai complessivi rapporti fra produttori e concessionari). Ne deriverebbe comunque un rischio d'incertezza insostenibile, anche ove non si volesse aderire alle tesi fin qui esposte.

Concludendo, reputiamo che un'auto che si guida da sola non possa che essere dotata di programma che privilegi *by design* un comportamento su strada irreprensibilmente rispettoso delle regole, con inevitabile sacrificio di chi si trovi in posizione irregolare, potendosi consentire una contraria «altruistica» *tragic choice* solo ove decisa ed operata personalmente dal *conducente* (anche quando inerte, ma comunque vigile *human in command* pronto a riprendere la conduzione personale del veicolo).

Ne deriva che le «regole di ingaggio» in caso di *tragic choice* da assumere nella eventualità di collisione inevitabile possono ben essere pre-programmate, purché attuabili solo su positivo comando azionato dal *driver* nella imminenza ed attualità dello stato di pericolo. Tale comando potrà dunque essere impartito azionando un dispositivo con le vesti di una (più ridotta) manopola etica: competerà al solo essere umano il compito di premere il bottone; e solo quando egli fosse libero di operare tale scelta, e non vincolato ad astenersene (v. *retro*).

Al «pilota automatico» potrebbero competere doppie funzioni e doppi compiti: censire la presenza del rischio grave di collisione inevitabile e segnalarlo al conducente che sarebbe messo così in condizione di scegliere fra due opzioni: «proseguire per la sua strada», come avrebbe sempre diritto di fare se l'alterna-

tiva fosse altrimenti sacrificarsi, o azionare la manopola etica che comanderebbe la miglior esecuzione, in regime di guida autonoma, della manovra «altruista», ancorché potenzialmente lesiva dei trasportati, per privilegiare la salvezza dei passanti che si vuole evitare di travolgere.

Una siffatta opzione di scelta produttiva del fabbricante si rivelerebbe eticamente come giuridicamente sostenibile, riservando la *tragic choice* alla volontà «attuale» di un essere umano, ma affidandone la esecuzione alla tecnicamente più affidabile conduzione robotica. Resterebbe, tuttavia, quantomeno un unico punto debole, già illustrato: non tutti i *driver* ospitanti altre persone a bordo sarebbero legittimati a decidere di sacrificarle come scelta «altruistica» in «caso di necessità» da collisione inevitabile (v. *retro*). E non sarebbe sostenibile la messa in produzione di auto su misura.

In conclusione, l'avvento delle auto a guida autonoma sarebbe soluzione ottimale sul piano della sostenibilità urbanistica e ambientale: tendenzialmente trasformerebbe l'automobile da bene d'uso a regime proprietario a mezzo di erogazione di servizi, con potenziale diminuzione del parco veicoli circolanti ed ottimizzazione dell'impatto della loro presenza. E tale avvento, molto prossimo sulla base della attuale evoluzione tecnologica, resterebbe rimandato quasi *sine die* qualora all'*autonomous car* dovesse essere chiesto di saper (istantaneamente) valutare numero ed età delle persone presenti a bordo e su strada per decidere ed attuare in microsecondi la *tragic choice* che le sarebbe affidata.

Sia considerazioni di analisi economica del diritto che esigenze di sostenibilità e massimo etico (le auto *self-driving* e *driverless* riducono drasticamente incidenti e numero delle vittime, oltre che razionalizzare l'impatto urbanistico ed ambientale della circolazione automobilistica) consigliano quindi di abbandonare ogni progetto di programmazione «altruistica» dell'*autonomous car* ove si dovessero persino considerare superabili, in tutto o in parte, le nostre obiezioni alla sua etica e giuridica praticabilità. A tacer d'altro, resterebbe comunque uno stato di incertezza in materia di commerciabilità, con ogni effetto disincentivante sul piano produttivo di settore, già sufficiente a renderne problematica la sostenibilità.

8. Un'ultima notazione a margine con riguardo alla nuova mobilità che l'avvento dell'*autonomous car* prefigura. Noi tutti che da mezzo secolo ci occupiamo di responsabilità da prodotto trascuriamo di considerare che in materia di responsabilità per «danni da vizi di costruzione e difetti di manutenzione» di uno specifico prodotto, il «veicolo senza guida di rotaie», già da poco meno di un secolo erano «fatti responsabili» (non il produttore, né il venditore, ma) il «conducente», ed il «proprietario», ex art. 2054 c.c.

Tale norma, sorprendentemente negletta, appare singolarmente formulata (anzi, codificata) in tempi di quasi indiscusso predominio del primato della colpa nelle tesi interpretative (pur con le avvertite eccezioni delle posizioni non allineate di illustri autori quali Coviello, Barassi, Venezian). Eppure, è norma che né allora, né oggi, sembra potersi prestare all'ipocrita artificio ermeneutico della colpa presunta *iuris tantum*, o addirittura *iuris et de iure* (quest'ultimo vero e proprio ossimoro). Tale presunzione di responsabilità oggettiva gravante sul conducente, è suscettibile di produrre effetti anche sorprendenti: quali responsabilizzare personalmente e direttamente un conducente che operi quale lavoratore subordinato, anche come pubblico dipendente; e persino se militare o facente parte delle forze dell'ordine o di altri simili corpi (es. pompieri).

La situazione non può non ritenersi singolare. Ancorché nella quasi totalità dei casi la copertura assicurativa o la «tasca profonda» del datore di lavoro bastino a rendere immune – quando non anche ignaro – da rischi concreti quella categoria di conducenti, in particolari casi potrebbero per i medesimi essere fonte di seri problemi: si pensi all'autista aziendale dipendente di impresa in *default*, o in situazione di irregolare copertura assicurativa; o al guidatore di autobus facente capo ad un ente territoriale in crisi.

Se (a torto) si potrebbero trascurare tali ipotesi, qualificandole come casi di scuola, più che indice di problemi nella realtà significativi, l'avvento delle auto a guida autonoma sembrerebbe elevare a dismisura la incidenza dei «vizi di costruzione o difetti di manutenzione», rientrando spesso tra gli uni (ma in qualche ipotesi anche gli altri) i programmi di guida autonoma che in casi quali quello delle scelte tragiche da operare in situazioni di collisione inevitabile indirizzassero il veicolo a cagionare «danni ingiusti». Così, sulla base di quanto finora esposto, un veicolo con programmazione di guida «altruistica», ove utilizzato come mezzo pubblico di trasporto, o come veicolo utilizzato per trasferimenti di personale militare, costituirebbe potenziale fonte di elevato quanto incontrollabile personale rischio del conducente: rischio sia della vita che di esposizione a responsabilità risarcitoria verso terzi. Tale situazione (o anche la mera incertezza circa la sua configurabilità) basterebbe a generare effetti dissuasivi determinanti, rendendo ogni corrispondente scelta produttiva su ogni piano insostenibile.

La responsabilità civile e i veicoli a guida autonoma alla luce del nuovo quadro normativo italo-europeo

Emanuela Maio

SOMMARIO: 1. Introduzione: il fatto illecito causato da un veicolo a guida autonoma. – 2. Quadro normativo italo-europeo: le diverse ipotesi di responsabilità. – 3. Uno sguardo all'esperienza anglosassone. – 4. L'incidenza del Reg. (UE) n. 2024/1629 sull'IA e della l., 23 settembre 2025, n. 132 "Disposizioni e deleghe al Governo in materia d'intelligenza artificiale". – 5. Conclusioni: l'applicazione del metodo interpretativo dell'*analogia iuris*.

1. Lo sviluppo dell'intelligenza artificiale (IA) presenta diverse questioni¹, tra le quali emerge il vuoto di tutela per quanto riguarda i profili omogenei di responsabilità civile, soprattutto all'interno dell'Unione europea, nonostante sia intervenuto il Reg. (UE) n. 2024/1629. Ciò è tanto più evidente quando si analizza il caso di un incidente causato da un veicolo a guida autonoma², poiché non

¹ L'intelligenza artificiale ha riscontro in diversi settori, oltre quello dell'*automotive*, come ad esempio quello medico, agroalimentare vedi E. ADAMO, E. MAIO, S. SCALZINI *et al.* (a cura di), *L'utilizzo degli Smart contract e della Blockchain nel settore agro-alimentare*, Napoli, 2025; sportivo dove il riferimento è agli e-sport, sul punto si rinvia a: G. BEVILACQUA, E. MAIO, *Approaching the Legal Issues Surrounding Social Sustainability in Electronic Sports*, in *Rades*, 2022, 2, p. 277 ss.; E. ADAMO, *Gli sport elettronici e gli sport tradizionali. Spunti di regolamentazione del settore videoludico*, in *Rades*, 2022, 2, p. 246 ss.; G. BEVILACQUA, A. LEPORE (a cura di), *Sport elettronici, sicurezza e diritti umani*, in *Quad. Rass. dir. econ. sport.*, Napoli, 2024; e recentemente anche i beni culturali sono coinvolti in questo fenomeno, così E. MAIO, *Beni culturali e nuove tecnologie*, Napoli, 2025.

² Sulle questioni inerenti le macchine a guida autonoma si sono espressi anche G. CALABRESI, E. AL MUREDEN, *Driverless car. Intelligenza artificiale e future della mobilità*, Bologna, 2021; A. LEPORE, *I.A. e responsabilità civile. Robot, autoveicoli e obblighi di protezione*, in *Tecn. e dir.*, 2021, 1, p. 190; B. ROSHAN, *Automatisiertes und autonomes Fahren im Überblick*, in *NJW-Spezial*, 2021, p. 138; U. RUFFOLO, E. AL MUREDEN, *Autonomous vehicles e responsabilità nel nostro sistema ed in quello statunitense*, in *Giur.it.*, 2019, p. 1709; E. AL MUREDEN, *Autonomous cars e responsabilità civile tra disciplina vigente e prospettive*

vi è una soluzione unitaria e non è ancora chiaro chi sia responsabile e chi debba risarcire i danni conseguenti all'illecito.

Preliminarmente, è bene precisare che nel presente lavoro si cercherà di proporre una soluzione idonea al fine di fornire una tutela giuridica alle parti lese, per cui prima si verificherà se le risposte tradizionali (previste per gli incidenti stradali causati da veicoli non automatizzati) possano essere adottate anche in queste nuove fattispecie, poi si illustrerà la possibilità di una prospettiva alternativa³.

Il quesito posto sull'identificazione del responsabile quando si verifica un incidente causato da un veicolo *driverless* richiede innanzitutto uno studio approfondito dei diversi livelli di autonomia dei veicoli in esame, perché sulla base di questi si può appurare se la soluzione giuridica tradizionale possa essere applicata o meno.

Tali informazioni però non sono del tutto sufficienti, perché oltre al livello di autonomia del veicolo, è necessaria anche una panoramica del quadro giuridico in quanto, come si vedrà, non tutti i livelli di autonomia sono consentiti e anche se alcuni paesi hanno autorizzato veicoli completamente autonomi, o comunque altamente automatizzati, in punta di disciplina ciò non trova poi riscontro nella normativa di riferimento.

A tal proposito, è necessario un confronto con sistemi giuridici diversi dall'ordinamento giuridico italiano, poiché questo si rivela essere un passaggio necessario prima di analizzare se il nuovo regolamento europeo sull'IA risponda alla domanda sopra posta o se sia necessaria una proposta diversa.

Se si escludono i livelli di autonomia da 0 a 3⁴, dove la disciplina dell'illecito civile trova piena applicazione, è più difficile fornire una risposta univoca dal livello 3 al 5⁵, in quanto nei primi livelli il veicolo è sotto il controllo del conducente, per cui sarà più facile identificare il responsabile.

de iure condendo, in *Contr.impr.*, n. 3, 2019, p. 909; G. BORGES, *Rechtliche Rahmenbedingungen für autonome Systeme*, in *Neue jur. Wochenschr.*, 2018, p. 982.

³ Sul tema si veda *amplius* E. MAIO, *Civil Liability and Autonomous Vehicles*, Napoli, 2022; EAD., *Reflections on Civil Liability and Autonomous Vehicles*, in *EJCCL*, 2024, p. 34 ss.; EAD., *Argomentazioni a sostegno della responsabilità civile dei veicoli a guida autonoma*, in *AJI*, n. 18, 2023.

⁴ I livelli di autonomia dei veicoli sono definiti dalla *Society of Automotive Engineers* (SAE). I livelli SAE da 0 a 2 sono quelli dove «*you are the driver whenever these driver support features are engaged, even if your feet are off the pedals and you are not steering. You must constantly supervise these support features; you must steer, brake or accelerate as needed to maintain safety*».

⁵ Livello 3 – *conditional automation*: il conducente potrebbe non avere il controllo continuo sul movimento longitudinale e laterale del veicolo. È complesso prevedere come e quando il conducente riprenderà il controllo del veicolo. Livello 4 – *high level of automation*: i veicoli viaggiano da soli in determinate situazioni, come le autostrade o il parcheggio automatico. Il conducente attiva il pilota automatico e riprende la guida al di fuori delle zone automatizzate. Se il conducente non riprende la guida, il sistema interviene

Infatti, al di fuori del caso straordinario di malfunzionamento dell'auto o di forza maggiore, il responsabile sarà il conducente o il costruttore, se il primo non dimostra che l'evento dannoso non è stato causato da lui.

Per tali ragioni, l'attenzione si concentrerà su nuove fattispecie, ovvero quando l'autonomia del veicolo è quasi completa o totale, perché quando c'è una forma ibrida di autonomia (vedi il livello 3 SAE) non è così facile distinguere se il responsabile sia il conducente o il produttore, mentre la piena autonomia da un lato esclude la responsabilità del conducente, dall'altro non chiarisce su chi questa ricada.

2. Nel tentativo di dare un ordine alla disciplina nel settore, la risoluzione del Parlamento europeo del 20 ottobre 2020 con raccomandazioni alla Commissione «su un regime di responsabilità civile per l'intelligenza artificiale»⁶ suggerisce che la responsabilità civile è lo strumento giuridico più appropriato in termini di tutela. Due anni dopo, nel 2022, è stata presentata una proposta di direttiva⁷ europea «sull'adeguamento delle norme in materia di responsabilità extracontrattuale all'intelligenza artificiale», la quale non aggiunge nulla rispetto alla precedente e lascia agli Stati membri la facoltà di decidere come applicarla, pur ritenendo che talvolta il livello di tutela nazionale sia inferiore a quello richiesto. Questo perché i livelli di rischio delle attività connesse a tali sistemi di guida sono diversi e non sempre è facile dimostrare quando il nesso causale tra condotta ed evento viene meno.

La questione non è più il tipo di responsabilità, la cui natura giuridica è stata chiarita grazie anche al Reg. (UE) n. 2024/1629 sull'IA che opta per una responsabilità extracontrattuale, ma come questa possa essere provata. Bisogna, infatti, considerare che il livello di rischio dell'attività aumenta o diminuisce la possibilità che si verifichi un evento dannoso, per cui non vi è una certezza nell'accertamento della responsabilità.

Infatti, la proposta di direttiva sulla responsabilità extracontrattuale e il nuovo regolamento sull'IA si concentrano sulla prova della responsabilità, poiché, come afferma il testo, è difficile provare o escludere il nesso di causalità quando sono coinvolte le tecnologie⁸, per cui è stata sancita una regola generale sulla responsabilità degli attori lungo l'intera catena del valore.

spostando il veicolo in una posizione più sicura. Livello 5 – (*top level*) *complete automation*: il veicolo guida da solo, senza alcun intervento da parte del conducente.

⁶ *eur-lex.europa.eu*.

⁷ *eur-lex.europa.eu*.

⁸ G. VALCAVI, *Intorno al rapporto di causalità nel torto civile*, in *Riv. Crit. Dir. Priv.*, 1995, II, p. 481 ss.; M. TARUFFO, *La prova del nesso causale*, in *Riv. Crit. Dir. Priv.*, 2006, I, p. 101 ss.

La *ratio* che sta alla base dell'orientamento del legislatore europeo è quella di agevolare il soggetto leso nell'ottenimento del risarcimento dei danni, perché una responsabilità «presunta» dei soggetti coinvolti lungo tutta la catena del valore, gli consentirà di non dover provare il fatto, ma sarà l'azienda, il produttore, ecc. a dover escludere che il danno non sia stato causato dal proprio comportamento negligente⁹.

Queste disposizioni rispondono a due esigenze principali: una tutela giuridica certa per la parte lesa e la facilità per quest'ultima di ottenere un risarcimento, ciò però significa che l'azienda produttrice o utilizzatrice di nuove tecnologie occupa una posizione sbilanciata nel rapporto con i consumatori. Infatti, il rischio potrebbe essere una (nuova) responsabilità oggettiva¹⁰ del produttore, perché l'evento dannoso non sarebbe direttamente imputabile a lui, ma dipenderebbe dal suo ruolo all'interno della catena del valore.

L'UE ha rinviato alle soluzioni adottate in ciascuno Stato membro, ma non ha elaborato un nuovo quadro di tutela giuridica né ha emanato alcuna normativa specifica, il che significa che spetterà agli stessi Stati decidere come raggiungere gli obiettivi della direttiva.

In Italia manca una legislazione specifica in materia e in futuro sorgeranno problemi di tutela né, come si vedrà nel prosieguo del presente lavoro, la nuova l., 23 settembre 2025, n. 132 non sembra dare una risposta risolutiva alla questione.

In merito all'attribuzione della responsabilità del produttore sono state avanzate diverse teorie, le cui differenze non riguardano tanto la struttura, ma le funzioni della responsabilità extracontrattuale, in quanto a cambiare è la sua imputabilità, per cui è necessario partire dall'analisi della disposizione normativa di riferimento.

L'art. 2043 c.c. definisce la responsabilità civile come: «ogni fatto, dannoso o colposo, che arrechi un danno ingiusto ad altri, obbliga chi lo ha commesso a risarcirlo¹¹».

La prima parte della norma indica un illecito civile, ovvero un soggetto compie un atto con dolo o colpa causando un evento che danneggia la sfera giuridica

⁹ V. GERI, *Il rapporto di causalità in diritto civile*, in *Resp. Civ. Prev.*, 1983, nn. 3-4, p. 338 ss. «Laddove si risponde senza colpa, o, come impropriamente suol dirsi, in via obbiettiva, l'accertamento del nesso causale, anche se non riferito direttamente a colui che è chiamato a rispondere, deve pur sempre ricorrere con riferimento alla sua sfera giuridica».

¹⁰ M. COMPORTI, *Fatti illeciti: responsabilità oggettive*, Milano, 2009, in *Il Codice Civile*, comm. Schlesinger, ed. Busnelli, Artt. 2049-2053, Milano, 2013, p. 210.

¹¹ Per una panoramica generale sulla responsabilità civile, senza pretesa di esaustività si rinvia a: M. BIANCA, *La responsabilità*, in *Tratt. dir. civ.*, Milano, 1994, p. 726; F. GALGANO, *Tratt. dir. civ.*, 2009, 3, p. 199 ss.; P.G. MONATERI, *La responsabilità civile*, in *Tratt. dir. civ.* Sacco, Torino, 1998, 22; M. FRANZONI, *L'illecito*, in *Tratt. resp. civ.*, Milano, 2010, p. 506. Vedi anche G. VISINTINI, *Fatti illeciti: Fondamenti e nuovi sviluppi della responsabilità civile*, Pisa, 2019.

soggettiva di un terzo. Il rapporto tra condotta ed evento è il c.d. nesso causale che identifica il responsabile dell'illecito civile. Una volta accertata la responsabilità, il giudice condannerà la parte al risarcimento dei danni, in base alla seconda parte dell'art. 2043 c.c. sopra citato.

Quest'ultimo punto si riferisce al tipo di nesso tra l'illecito civile e il danno, ovvero la c.d. causalità giuridica, per cui affinché sussista la responsabilità civile, devono essere presenti sia il nesso causale che quello giuridico. È evidente come la disposizione normativa analizzata segua il principio generale della responsabilità personale.

L'ordinamento giuridico italiano prevede solo limitati casi in cui può verificarsi la responsabilità oggettiva, i quali costituiscono delle eccezioni al principio generale della responsabilità personale e, al di fuori di tali eccezioni, la responsabilità oggettiva non è ammissibile.

Il riferimento è agli artt. da 2047 a 2054 c.c., ma in realtà esistono diversi tipi di responsabilità oggettiva, la maggior parte dei quali (artt. 2047, 2048, 2049 c.c.) hanno in comune il fatto che l'autore dell'evento dannoso è sotto il controllo di un altro soggetto, per cui solamente se quest'ultimo dimostra di aver fatto tutto il necessario per impedire all'autore di commettere il danno è possibile ritenerlo responsabile.

Nel campo della responsabilità oggettiva, però, vi sono anche casi in cui il particolare nesso tra soggetto e oggetto che ha determinato il fatto illecito rende responsabile il soggetto (artt. 2051, 2052, 2053 c.c.). In questi casi, la parte responsabile è quella che ha obblighi legati alla proprietà: un proprietario può essere responsabile dei danni quando non ha provveduto alla cura della proprietà e tale inadempienza ha causato un danno a terzi, ad esempio quando il tetto di un edificio crolla e provoca danni a un passante.

D'altra parte, vi sono casi in cui il nesso causale esiste, ma l'autore dell'evento dannoso non è responsabile, ad esempio quando agisce per forza maggiore o per necessità (art. 2045 c.c.).

Alla luce di ciò, è necessario verificare se la responsabilità civile italiana corrisponda all'idea di responsabilità civile contenuta nella risoluzione del Parlamento europeo del 20 ottobre 2020 su «un regime di responsabilità civile per l'intelligenza artificiale» e nella successiva proposta di Direttiva del 2022, per quanto riguarda i veicoli autonomi.

Il problema sorge perché il nostro codice civile contiene un articolo specifico sulla «circolazione dei veicoli», collegato alla l. n. 990 del 24 dicembre 1969, «Assicurazione obbligatoria della responsabilità civile derivante dalla circolazione dei veicoli a motore e dei natanti» e al d.lgs. n. 285 del 30 aprile 1992, ovvero il «Nuovo codice della strada». Tuttavia, la Convenzione di Vienna del 1968,

recentemente modificata e attualmente in vigore, impone che ogni veicolo in movimento abbia un conducente che ne abbia il pieno controllo.

Il conducente dell'auto può lasciare il volante solo in determinate condizioni, ma deve controllarlo in ogni momento ed essere in grado di riprendere rapidamente il controllo. Il regolamento UN/ECE R79¹² prevede le stesse specifiche.

È chiaro che fino ad oggi la responsabilità civile negli incidenti stradali è stata principalmente legata all'azione umana, un esempio è l'art. 2054, comma 1, c.c. sulla «circolazione dei veicoli» che identifica chiaramente la responsabilità, secondo il quale «Il conducente di un veicolo diverso da quello che circola su rotaia è tenuto a risarcire i danni causati dal veicolo a persone o cose. [...]».

Ciò rientra ancora nell'ambito della responsabilità civile, ma non in quello della responsabilità oggettiva, poiché in questo caso il veicolo è uno strumento sotto il pieno controllo del conducente. Purtroppo, però, le auto a guida autonoma non sembrano essere coperte dall'art. 2054 c.c. e finora non sono state accettate proposte di nuova regolamentazione. Ciò potrebbe significare che non esiste una tutela giuridica contro gli incidenti per i veicoli a guida autonoma, poiché essi non sono coperti né dalla responsabilità civile né dalla responsabilità oggettiva, quest'ultima possibile solo se prevista espressamente dalla legge.

È anche vero, che il livello di automazione non è lo stesso ovunque, ad esempio, in Germania il livello di automazione è 4°, mentre in Italia è ancora 3° e in fase di sperimentazione, motivo per cui alcuni aspetti sono disciplinati dalla legge in Germania¹³ e non ancora in Italia.

Pertanto, poiché i livelli di autonomia sono diversi, è chiaro che anche il tipo di responsabilità non sarà sempre lo stesso. Non esiste, quindi, una risposta univoca alla domanda posta all'inizio e possono essere applicate diverse teorie.

¹² I. FERRARI, *Analisi comparata in tema di responsabilità civile legata alla circolazione dei veicoli a guida autonoma*, in *Smart Roads e driverless cars: tra diritto, tecnologie, etica pubblica*, a cura di S. SCAGLIARINI, Torino, 2019, p. 99; A. DI ROSA, *Il legal framework internazionale ed europeo*, in *Smart Roads e driverless cars: tra diritto, tecnologie, etica pubblica*, a cura di S. SCAGLIARINI, Torino, 2019, p. 65.

¹³ Il sistema giuridico tedesco è oggi l'unico ad aver promulgato una legge sulla responsabilità in caso di incidenti con veicoli autonomi. Al fine di evitare di attribuire la causa a forza maggiore, la Sezione 63 della StVG (Legge sul traffico stradale) stabilisce che nei veicoli altamente e completamente automatizzati deve essere installato un sistema di navigazione satellitare che registri quando il controllo automatico del veicolo è stato attivato e quando il sistema ha istruito il conducente a prendere il controllo del volante del veicolo. Ciò significa che il produttore o il proprietario saranno responsabili e la parte danneggiata sarà risarcita. Sul punto B. ROSHAN, *Automatisiertes und autonomes Fahren im Überblick*, in *NJWSpezial*, 2021, p. 138. Per un maggiore approfondimento sull'illecito civile nell'ordinamento tedesco si rinvia a A. DE FRANCE-SCHI, *Intelligenze artificiali e responsabilità civile nell'esperienza tedesca*, in *Rapporti civilisti e intelligenze artificiali: attività e responsabilità* a cura di P. PERLINGIERI, S. GIOVA, I. PRISCO, Atti del 15° Convegno SISDic, Napoli, 2020, p. 45.

La responsabilità potrebbe quindi essere trasferita dal conducente al produttore, applicando così il codice del consumo in armonia con la risoluzione del Parlamento europeo su «un regime di responsabilità per l'intelligenza artificiale», che afferma che le attuali leggi nazionali in materia di responsabilità sono sufficienti a garantire una protezione equa. La risoluzione del Parlamento europeo richiama la Dir. 85/374/CEE del Consiglio, del 25 luglio 1985, relativa al ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari e amministrative degli Stati membri in materia di responsabilità per danno da prodotti difettosi.

La questione principale è se la Dir. 85/374/CEE del Consiglio relativa alla responsabilità per danno da prodotti difettosi, oggi sostituita dal Dir. (UE) n. 2024/2853, possa essere applicata in Italia alla responsabilità per danno da prodotti difettosi, introdotta dagli artt. da 114 a 127 del Codice del consumo italiano. Permangono, inoltre, dubbi circa la possibilità di applicare la responsabilità per attività pericolosa ai veicoli autonomi.

Nel sistema giuridico italiano, la responsabilità per attività pericolosa (art. 2050 c.c.) è simile alla responsabilità per danno da prodotti difettosi; entrambe possono essere applicate nello stesso caso e la prima non esclude la seconda, ma hanno due diversi campi di applicazione.

La responsabilità del produttore sorge quando il danno è causato da un difetto di fabbricazione, mentre la responsabilità per attività pericolosa non dipende dal prodotto, ma dal tipo di attività che può comportare un rischio (un esempio tipico è la vendita di tabacco).

Con un veicolo autonomo che rientra nell'ambito della responsabilità da prodotto difettoso o della responsabilità per attività pericolosa o in entrambi, si potrebbe pensare che la risoluzione del Parlamento europeo sia favorevole alla responsabilità da prodotto difettoso, ma è interessante notare cosa accade nel nostro ordinamento giuridico.

In Italia, la normativa in materia di incidenti stradali (art. 2054 c.c.) attribuisce la responsabilità al conducente o, congiuntamente, al conducente e al proprietario, salvo nei casi in cui il proprietario del veicolo possa dimostrare che il mezzo è stato utilizzato senza la sua autorizzazione. Ciò non sembra essere completamente applicabile ai livelli SAE 3 e 4 dei veicoli autonomi, perché in questi veicoli il conducente non è solo l'operatore: grazie all'IA anche il veicolo può essere un operatore. Oltre al proprietario e al conducente, ora c'è un terzo elemento ovvero il veicolo autonomo.

I casi in cui il conducente è il veicolo a guida autonoma non rientrano nell'art. 2054 c.c. perché, quando il pilota automatico è attivato, il veicolo agisce da solo. Il malfunzionamento potrebbe essere dovuto a un difetto di costruzione, per cui

è stato suggerito che il produttore sia responsabile del difetto del prodotto, dove il prodotto è il veicolo a guida autonoma.

La risoluzione del Parlamento europeo non segue interamente questa teoria e, data la rapidità dei progressi, ha richiesto un aggiornamento della Dir. 85/374/CEE del Consiglio sui prodotti difettosi, in quanto ha ritenuto che sia importante riscrivere la nozione di prodotto per includere le nuove tecnologie come il veicolo autonomo. La risposta è arrivata con la Dir. (UE) n. 2024/2853 che abroga e sostituisce quella precedente.

Benché la nuova Dir. (UE) n. 2024/2853 presenti importanti novità, soprattutto con riferimento alla nozione di «prodotto», rispetto alla responsabilità limita i casi in cui questa sia imputabile al fornitore, distributore od operatore, attenendosi comunque al rapporto *business to consumer*, dove la parte danneggiata è comunque il consumatore.

Tale previsione appare limitata, in quanto se venissero applicate le norme sulla responsabilità del produttore, non sarebbero coperte tutte le ipotesi. Se il danneggiato è un occupante del veicolo, il medesimo può essere considerato un consumatore, al quale si dovrebbe applicare la tutela consumeristica. Invece, non è chiaro cosa accadrebbe se la persona danneggiata non fosse nel veicolo, in questo caso la responsabilità del produttore non potrebbe essere applicata perché la persona ferita non sarebbe il «consumatore». Quale tutela potrebbe essere impiegata? Si potrebbe prospettare un'ipotesi di responsabilità per attività pericolosa (art. 2050 c.c.).

Secondo quest'ottica, potrebbe esserci responsabilità del produttore quando la parte danneggiata è un occupante del veicolo e responsabilità per attività pericolosa quando è coinvolta una terza persona, che si trova all'esterno del veicolo; in entrambi i casi, il produttore sarebbe responsabile.

Questa soluzione potrebbe essere in linea con l'art. 127 cod. cons., che ammette la possibilità di applicare la responsabilità del produttore insieme ad un altro tipo di responsabilità¹⁴ (in questo caso la responsabilità per attività pericolosa).

¹⁴ A. VENCHIARUTTI, *Artt. 114-127 Codice del consumo (Responsabilità per danno da prodotti difettosi)*, in G. ALPA, *Codice delle leggi civili speciali*, 2015⁴. In tal senso, la Corte di giustizia ha chiarito che la direttiva ha come obiettivo un'armonizzazione totale, in quanto consente la coesistenza di ulteriori fattispecie di danno da prodotto disciplinate da normative differenti (Corte Giust., Grande Sezione, 10 gennaio 2006, in C-402/03; Corte Giust., 4 giugno 2009, in C-285/10; Corte Giust., 21 dicembre 2011, in C-495/10; Corte Giust., 20 novembre 2014, in C-310/13). *Contra* la commistione tra i vari regimi vedi: Cass., 28 marzo 2025, n. 8224, che ha enunciato il seguente principio di diritto «La disciplina sulla responsabilità per danno da prodotti difettosi, di cui agli artt. 114-127 del d.lgs. n. 206/2005 (Codice del consumo) già prevista dal d.P.R. n. 224/1988 in attuazione della Dir. 85/374/CEE, poi abrogata dalla Dir. 2024/2853/UE (inapplicabile *ratione temporis* nella presente controversia) non esclude, né limita, secondo quanto

Il regime tradizionale, con le relative novità in tema di responsabilità per danno da prodotto difettoso, sembra resistere solo parzialmente alle nuove fattispecie, in quanto non appare adeguato ai casi in cui il danno sia stato causato da un veicolo a guida totalmente autonoma, che non presenta di per sé difetti materiali o di funzionamento.

3. Il punto di vista cambia tra i sistemi di diritto civile e quelli di *common law*: il primo si concentra sulla parte lesa, mentre il secondo guarda al ricorrente e alla sua azione.

Il criterio per qualificare l'azione della parte danneggiata è il dovere di diligenza e conformità, per cui al fine di verificare il rispetto del dovere di diligenza da parte dell'agente, diventa importante la prevedibilità del rischio, ovvero la possibilità di prevedere che tale comportamento possa causare un danno a terzi.

Nel sistema di *common law* esiste tuttavia una differenza fondamentale nel ruolo del dovere di diligenza (e della sua prova) tra il Regno Unito e gli Stati Uniti. Negli Stati Uniti non vi è alcuna verifica in tal senso, poiché la responsabilità oggettiva è più ampiamente consentita rispetto al Regno Unito.

Nel sistema statunitense, all'origine della responsabilità da fatto illecito non vi è né un rimprovero morale né una colpa, ma piuttosto un oggettivo mancato rispetto di un obbligo sociale. L'attore dell'azione risarcitoria deve provare la negligenza¹⁵ dell'autore del fatto, per cui il danno non si sarebbe verificato se la condotta di quest'ultima fosse stata corretta, ne consegue quindi che il dovere di diligenza è stato violato. Questo significa che la condotta illecita dell'autore del fatto prova il danno *ex se*.

C'è poi un'altra differenza nel diritto civile statunitense rispetto ad altri sistemi giuridici, che riguarda il risarcimento dei danni¹⁶. In altri ordinamenti, il risarcimento dei danni si concentra tendenzialmente sul ripristino dello *status quo ante* attraverso un risarcimento monetario, mentre il sistema statunitense mira anche a "punire" l'autore del fatto come forma di deterrenza per evitare futuri illeciti.

previsto dall'art. 127 cod. cons. (e già dall'art. 13 della Dir. 85/374/CEE e, comunque, ulteriormente confermato dall'art. 4 della Dir. 2024/2853), la possibilità per il danneggiato di usufruire della tutela somministrata da un regime di responsabilità differente da quello stabilito dalle anzidette disposizioni del codice del consumo (come, ad es., dalle fattispecie di responsabilità di cui agli artt. 2043 e 2050 c.c.), il quale, una volta individuato sulla scorta dei fatti allegati e provati, dovrà, però, trovare applicazione in coerenza con la disciplina per esso specificamente dettata dal legislatore, senza potersi operare commistioni tra regimi di responsabilità diversamente regolati».

¹⁵ Cfr. G. VILLA, *Il tort of negligence nel sistema inglese dei fatti illeciti*, in *Contr. Impr.*, 2011, 1, p. 273.

¹⁶ Z. ZENCOVICH, *La responsabilità civile*, in *Dir. priv. comp.*, 2008.

Quanto illustrato dimostra che il principio di personalità e la responsabilità civile non sono strettamente collegati nel sistema statunitense, come dimostra la responsabilità del produttore. Il ricorrente deve generalmente dimostrare i seguenti elementi¹⁷: il prodotto presentava un difetto; il difetto esisteva nel momento in cui il prodotto ha lasciato il controllo del produttore; il difetto ha reso il prodotto irragionevolmente pericoloso; e il difetto ha effettivamente e direttamente causato le lesioni al ricorrente.

È chiaro che un attore che rivendica la responsabilità oggettiva non ha bisogno di dimostrare la colpa del produttore, perché i produttori possono essere ritenuti responsabili anche se hanno agito in modo ragionevole nella progettazione e nella fabbricazione del prodotto e hanno seguito tutte le procedure e i protocolli applicabili, ma hanno comunque realizzato un prodotto successivamente giudicato “difettoso”.

La questione è se questa forma di responsabilità oggettiva possa essere applicata ai veicoli a guida autonoma in caso di incidente. Per rispondere a questa domanda, è necessario chiarire se le auto altamente automatizzate siano consentite nel sistema statunitense e quindi se la responsabilità oggettiva, ovvero la responsabilità del produttore, possa essere applicata a esse.

La *National Highway and Transportation Safety Administration* (NHTSA) ha definito il fenomeno delle diverse normative sui veicoli altamente automatizzati (HAV) una sorta di mosaico legislativo e osserva che esso non consente uno sviluppo armonioso di queste nuove tecnologie¹⁸.

Nel 2017 la NHTSA, insieme al Dipartimento dei trasporti degli Stati Uniti, ha pubblicato la nuova guida federale per i sistemi di guida automatizzata (ADS): *A Vision for Safety 2.0* e ha delineato la *Federal Automated Vehicle Policy*. Il rapporto intitolato *Preparing for the Future of Transportation: Automated Vehicles 3.0* è più recente. L'obiettivo di entrambi i rapporti è quello di riprogettare il quadro giuridico per rimuovere i limiti alla crescita delle nuove tecnologie a un costo equamente ripartito¹⁹.

Il successivo *Self-Drive Act*, da un lato, delinea il ruolo della legge federale nella promozione dei test e dell'impiego di veicoli altamente automatizzati,

¹⁷ G. PONZANELLI, *La responsabilità civile, profili di diritto comparato*, Bologna, 1992; G. CALABRESI, *The complexity of tort. The case for punitive damages*, in *Liber amicorum per Francesco D. Busnelli*, Milano, 2008; P. CANE, *The anatomy of tort law*, Hart Publishing, Oxford, 1997.

¹⁸ B.W. SMITH, *Automated vehicles are probably legal in the United States*, 1 Tex. A&M L. Rev. 411 (2014).

¹⁹ M.A. GEISTFELD, *The Regulatory Sweet Spot for Autonomous Vehicles*, in *Wake Forest L. Rev.*, 2018, p. 354; E. AL MUREN, *Autonomous vehicles e responsabilità nel nostro Sistema e in quello statunitense*, in *Giur. it.*, 2019, p. 1716.

dall'altro lato, mira ad aggiornare gli standard federali di sicurezza dei veicoli eliminando ogni riferimento al conducente umano.

Si noti che la disciplina è preventiva e, affermando che solo il Dipartimento dei Trasporti ha giurisdizione in materia, impedisce ai legislatori statali di promulgare leggi in conflitto con la legislazione federale²⁰.

Cosa succede e chi è responsabile quando si verifica un incidente, ma il veicolo autonomo è conforme alle norme federali?

La prima risposta escluderebbe la responsabilità del produttore qualora quest'ultimo abbia rispettato tutte le norme federali, ma in questo caso la persona danneggiata dall'uso del prodotto conforme potrebbe non essere tutelata.

Diverse sentenze²¹ affermano infatti che la conformità alle norme federali costituisce la garanzia minima di sicurezza del prodotto, ma non esclude la responsabilità del produttore²².

Al fine di identificare la parte responsabile, l'attenzione si sposta dalla conformità formale da parte del produttore al danno effettivo causato dal prodotto attraverso un'analisi del caso concreto. Alcune sentenze individuano una differenza tra un prodotto difettoso e un prodotto nocivo, poiché solo in alcuni casi questi sono la stessa cosa. In altri casi, invece, il prodotto nocivo può essere conforme²³ e questo può spiegare perché la responsabilità del produttore non è automatica.

²⁰ M. A. GEISTFELD, cit., p. 112, «*Relying on this type of approach, the U.S. Supreme Court interpreted the meaning of substantively identical statutory provisions in Geier v. American Honda Motor Company, 529 U.S. 861 (2000)*».

²¹ Ad es. Washington State Physicians Ins. Exch. & Ass. V Fisons Corp. 858 P.2d 1054, 1069 (Wash 1993), in E. AL MUREDEN, *Il danno da prodotto conforme*, Torino, 2016, nota 38, p. 108, dove la Corte afferma che il rispetto delle norme stabilite dalla *Food and Drug Administration* non esclude la responsabilità del produttore, che produce farmaci conformi agli standard minimi stabiliti dall'agenzia, poiché l'obbligo di adottare ulteriori precauzioni ricade comunque sul produttore.

²² G. CALABRESI, *The Cost of Accidents: A Legal and Economic Analysis*, New Haven, 1970; ID., *Costo degli incidenti e responsabilità civile. Analisi economico-giuridica*, tradotta da A. DE VITA, V. VARANO, V. VIGORITI, *Introduzione* di S. RODOTÀ, ristampa con *Introduzione* di E. AL MUREDEN, Milano, 2015; ID., *The Future of Law Economics*, New Haven-London, 2016.

²³ Spiega E. AL MUREDEN, *Il danno da prodotto conforme tra responsabilità per esercizio di attività pericolosa ed armonizzazione del diritto dell'Unione europea*, in *Corr. giur.*, 2020, f. 5, p. 688: «[I]l prodotto non conforme rispetto alle caratteristiche tecniche prescritte dal legislatore, e quindi difettoso, può sicuramente assumere in alcune circostanze un carattere dannoso (si pensi, ad esempio, all'automobile il cui difetto provochi un incidente o al telefono cellulare difettoso che, per ipotesi, esplode durante il funzionamento), ma potrebbe, in altre, risultare – quasi paradossalmente – completamente privo di rischi (è il caso, ad esempio, dell'automobile o del telefono cellulare non funzionanti e per questo motivo assolutamente privi di rischi); al tempo stesso il prodotto conforme alle caratteristiche tecniche prescritte dalla legislazione sulla sicurezza potrebbe conservare significativi margini di dannosità proprio perché perfettamente funzionante. In quest'ultimo caso l'utilizzatore o colui che entra in contatto con il prodotto si troverebbe a subire

4. Il metodo utilizzato dal sistema statunitense del caso concreto è auspicabile anche negli ordinamenti europei, in quanto permette di adattare la normativa in essere alle nuove fattispecie.

Questa sembra, infatti, l'unica strada percorribile, dal momento che anche alla luce della nuova normativa europea su IA e prodotti difettosi, non ci sono delle chiare linee guida in tema di responsabilità nei casi di incidenti provocati da veicoli parzialmente o completamente autonomi.

Tra l'altro l'*AI Act* e la nuova direttiva europea sui prodotti difettosi hanno rispettivamente una funzione generale e specifica, in quanto il primo si propone come regolamento che si occupa degli aspetti più complessi dell'utilizzo dell'intelligenza artificiale, soprattutto con riguardo al tipo di attività.

Probabilmente è in quest'area che trova spazio la questione inerente all'imputabilità della responsabilità in caso di incidenti causati da veicoli a guida autonoma, là dove sia utilizzata l'intelligenza artificiale.

Il legislatore europeo si concentra, infatti, sui tipi di attività rischiose consentite o categoricamente escluse, a ragione di ciò bisogna verificare in quale di queste rientra quella delle *driverless car*, per poi ragionare sulla forma di responsabilità extracontrattuale che qui opera.

Analizzando il testo della normativa, si potrebbe affermare innanzitutto che la *driverless car* rientra nella definizione di sistemi di IA, data all'art 3, par. 1, n.1, Reg. (UE) n. 2024/1629, secondo cui «un sistema automatizzato progettato per funzionare con livelli di autonomia variabili e che può presentare adattabilità dopo la diffusione e che, per obiettivi espliciti o impliciti, deduce dall'input che riceve come generare output quali previsioni, contenuti, raccomandazioni o decisioni che possono influenzare ambienti fisici o virtuali²⁴».

Appurato che le *driverless car* sono sistemi di IA, bisogna quindi verificare il tipo di attività che queste svolgono, anche su questo punto viene in soccorso l'*IA act*²⁵, che al Considerando n. 50), in apertura del regolamento chiarisce che «per quanto riguarda i sistemi di IA che sono componenti di sicurezza di prodotti, o che sono essi stessi prodotti, e rientrano nell'ambito di applicazione di una determinata normativa di armonizzazione dell'Unione elencata nell'allegato al presente regolamento, è opportuno classificarli come sistemi ad alto rischio a norma del presente regolamento [tra cui rientrano i] veicoli automobilistici e aeronautici».

un danno derivante da un prodotto pienamente conforme agli standard legislativi di sicurezza ed utilizzato secondo modalità appropriate, ma, nondimeno, caratterizzato da un'elevata capacità di produrre danni».

²⁴ *eur-lex.europa.eu*.

²⁵ Reg. (UE) n. 2024/1629.

Chiarita quindi la categoria di appartenenza dei veicoli a guida autonoma e il tipo di attività (ad alto rischio) che svolgono, restano ancora da analizzare i profili di responsabilità ma, come si era già anticipato all'inizio del presente lavoro, l'*AI act* non prende una posizione chiara, in quanto l'unica indicazione evidente è che ad essere coinvolti sono tutti i soggetti che operano nella catena di valore della produzione e immissione sul mercato di tali sistemi. Il medesimo orientamento si riscontra anche nella nuova Dir. (UE) n. 2024/2853 «sulla responsabilità per danni da prodotti difettosi».

Il legislatore quindi, nuovamente, lascia agli Stati membri il compito di disciplinare l'area della responsabilità nell'ambito dei sistemi autonomi, e quindi delle *driverless car*, in armonia con la normativa europea precedentemente richiamata.

È, dunque, necessario esaminare l., 23 settembre 2025, n. 132 «Disposizioni e deleghe al Governo in materia d'intelligenza artificiale», per accertare se la normativa nazionale abbia colmato il vuoto che si è creato.

In realtà, anche la norma in esame non sembra apportare alcuna novità sul punto, in quanto si limita a una mera enunciazione di principio all'art. 1²⁶, dove è possibile leggere che: «la presente legge reca principi in materia di ricerca, sperimentazione, sviluppo, adozione e applicazione di sistemi e di modelli di intelligenza artificiale. Promuove un utilizzo corretto, trasparente e responsabile, in una dimensione antropocentrica, dell'intelligenza artificiale, volto a coglierne le opportunità». Infatti, il legislatore italiano all'art. 24²⁷, comma 3, precisa che «il Governo è altresì delegato ad adottare, entro dodici mesi dalla data di entrata in vigore della presente legge, uno o più decreti legislativi per adeguare e specificare la disciplina dei casi di realizzazione e di impiego illeciti di sistemi di intelligenza artificiale».

5. Alla luce di quanto appena analizzato, risulta palese che la questione rimane aperta, per cui occorre una soluzione che possa ovviare alla mancanza di disciplina per quanto riguarda gli illeciti provocati dai veicoli a guida totalmente autonoma.

A tal fine, s'intende proporre una tesi alternativa, che si basa sull'utilizzo del metodo interpretativo dell'*analogia iuris*²⁸, il quale fa ricorso ai principi per

²⁶ Normattiva.it.

²⁷ Normattiva.it.

²⁸ P. PERLINGIERI, *Il diritto civile nella legalità costituzionale*, Napoli, 2020, v. II, p. 357; L. TULLIO, *Analogia tra eguaglianza, ragion d'essere e meritevolezza*, a cura di G. PERLINGIERI, M. D'AMBROSIO, in *Fonti, metodo e interpretazione*, in ADP, Napoli, 2017, p. 101; G. FILANTI, *Interpretazione, nuova retorica e fattispecie*, in *Liber amicorum per Bruno Troisi*, a cura di C. CICERO, G. PERLINGIERI, Napoli, 2017, I,

estendere l'applicazione della norma oltre la specifica ipotesi contenuta nella disposizione.

Per procedere in tale direzione è, però, necessario tenere presente la condizione e il limite di tale metodo interpretativo, in quanto «l'analogia si fonda su una ragione di eguaglianza comparativa secondo il criterio dell'eguale trattamento degli eguali, mentre l'argomento *a contrario* si fonda sul non assoggettamento alla medesima normativa delle situazioni valutate come diverse²⁹».

Tenuti in considerazione tali presupposti, bisogna accertare se le fattispecie che si vogliono comparare possano o meno essere disciplinate dal medesimo principio.

La tesi che si vuole qui propugnare riguarda la possibilità del riconoscimento della personalità giuridica in capo ai sistemi autonomi di IA, la quale non va però confusa con quella proposta da una parte della dottrina³⁰ che si basa sul riconoscimento di una personalità elettronica, la quale non appare ammissibile³¹. Infatti, l'attribuzione della personalità di cui all'art. 1 c.c. ai sistemi di IA incorre nei limiti dell'applicazione del metodo analogico, in quanto si tratta di fattispecie diverse, che non possono essere disciplinate dalle medesime norme.

La personalità umana non può essere equiparata a una personalità elettronica, in quanto non sono ravvisabili elementi comuni. Sebbene i sistemi di IA possano presentare un'autonomia decisionale notevole, questa sarà comunque il risultato di *input* inseriti nel *dataset* dall'uomo e poi rielaborati tramite una combinazione di algoritmi, che anche se è di per sé (il)limitata, il risultato è comunque prevedibile in base al calcolo delle probabilità, per cui l'*output* dell'IA non potrà essere connotato da originalità e unicità, caratteristiche proprie dell'intelletto umano. Tale riflessione non aiuta a trovare la soluzione al quesito posto, tant'è vero che l'*IA Act* sancisce il principio generale di responsabilità dei soggetti coinvolti in tutta la catena del valore, ma tace in ordine all'onere della prova, a dimostrazione del fatto che vi è incertezza nell'imputare la responsabilità.

p. 515; G. D'AMICO, *L'insostituibile leggerezza della fattispecie*, in *Giust. civ.*, 2019, I, p. 15 ss.; E. BETTI, *Interpretazione della legge e degli atti giuridici*, Milano, 1949, p. 124.

²⁹ P. PERLINGIERI, *o.u.c.*, p. 360; vedi anche L. GIANFORMAGGIO, *L'analogia giuridica*, in E. DICIOTTI, V. VELLUZZI (a cura di), *Filosofia del diritto e ragionamento giuridico*, Torino, 2008, p. 140 ss.; EAD., *Analogia*, in *Dig. disc. priv.*, Sez. civ., 1987, I, Torino, p. 140 ss.; V. VELLUZZI, *Analogia giuridica, uguaglianza e giurisprudenza della Corte di giustizia europea*, in *Teoria e critica della regolazione sociale*, 2009, p. 221.

³⁰ A. SANTOSUOSSO, *Diritto, scienza, nuove tecnologie*, Padova, 2016, p. 44.

³¹ M. COSTANZA, *L'AI: de iure codito e de iure codendo*, in *Intelligenza artificiale. Il diritto, i diritti, l'etica*, a cura di U. RUFFOLO, Milano, 2020, pp. 411; U. RUFFOLO (a cura di), *La "personalità elettronica"*, in *Intelligenza artificiale. Il diritto, i diritti e l'etica*, Milano, 2020; A. LEPORE, *IA e responsabilità civile. Robot, autoveicoli e obblighi di protezione*, in *Tecn. e dir.*, 2021, I, p. 190; M. PORCELLI, *Tecnologie robotiche e responsabilità per danni tra prospettive reali e falsi miti*, in *Tecn. e dir.*, 2020, 2, p. 506.

È da considerare, allora, un altro aspetto e cioè che tali sistemi possono essere degli strumenti attraverso i quali si realizza la personalità umana, principio cardine non solo del nostro ordinamento giuridico, ma anche obiettivo del regolamento in esame, che pone l'obiettivo di una IA a servizio dell'uomo.

L'*analogia iuris*, dunque, in questo caso ha ad oggetto il principio contenuto negli artt. 2 e 3, comma 2, Cost., che è alla base del riconoscimento della personalità giuridica degli enti.

Di conseguenza la comparazione è tra due fattispecie che presentano profili analoghi con riguardo alla funzione che svolgono, in quanto sia gli enti con personalità giuridica sia i sistemi autonomi di IA sono strumenti per la manifestazione della personalità umana, per cui sarebbe contraddittorio non riconoscere anche a questi ultimi una particolare forma di personalità giuridica.

Non esiste, infatti, una sola forma³² di personalità giuridica, ma deve essere specificata nel singolo caso concreto, per cui non vi sono ragionevoli argomentazioni per escludere la personalità giuridica dei sistemi autonomi di IA. Tra l'altro, tale soluzione risolverebbe anche il vuoto di tutela dell'*AI Act* relativo all'onere probatorio e si porrebbe in armonia con la previsione normativa contenuta nel regolamento rispetto a una responsabilità presunta e diffusa di tutti i soggetti operanti nella catena del valore. Questo in quanto sarebbe possibile costituire un patrimonio separato di cui è titolare il medesimo sistema di IA, e sul quale ricadrebbe il risarcimento del danno in caso di illecito da questi causato, a garanzia di una polizza assicurativa *ad hoc*, quest'ultima già possibile nel sistema anglosassone³³.

Tale meccanismo non escluderebbe *tout court* la responsabilità dei soggetti coinvolti nella catena del valore, ma si porrebbe come ulteriore garanzia di risarcimento del danno nel caso di illecito per il soggetto danneggiato, quando non sia possibile accertare con sicurezza la responsabilità o quando non si rientri nelle ipotesi di responsabilità per danno da prodotto difettoso. Allo stesso tempo, sarebbe alleggerito l'onere probatorio degli attori operanti lungo la catena del valore, poiché verrebbe attenuata una loro responsabilità a prescindere dal caso concreto, escludendo di fatto la possibilità di una responsabilità oggettiva atipica contraria al principio della responsabilità personale.

³² R. ORESTANO, *Il problema delle "persone giuridiche" in diritto romano*, Torino, 1968, I, pp. 77-78.

³³ La *Trinity Lane insurance* (vedi *Adrianflux.co.uk*), che prevede una clausola relativa alla «modalità senza conducente», copre solo alcuni tipi di danni legati a un prodotto difettoso. La proposta di cui sopra relativa alla responsabilità diretta del sistema autonomo di IA potrebbe invece garantire un risarcimento più ampio. Cfr. anche *Automated and Electric Vehicles Act* 2018, 19 luglio 2018, in *legislation.gov.uk*.

L'organizzazione della rete dei fornitori dei servizi di mobilità sostenibile da parte delle case automobilistiche e i vari tipi di servizi (*car sharing*, *car pooling*, noleggio)

Miriam Zulli

SOMMARIO: 1. Introduzione. – 2. L'evoluzione della casa madre automobilistica: la meccanica. – 3. Quadro giuridico. – 4. L'evoluzione della casa madre automobilistica: i servizi integrati e le società *captive*. – 5. I servizi “*asset based*”. – 6. Attività “*service based*”. – 7. Conclusioni.

1. Per quanto concerne l'espressione “mobilità sostenibile”, a ben vedere la parola “mobilità” rappresenta l'insieme delle soluzioni di trasporto, siano esse legate ai veicoli o alle piattaforme digitali, necessarie allo spostamento di persone e merci. La sostenibilità, invece, viene generalmente considerata – in termini di impatto – sotto diversi aspetti, che consistono nella riduzione dell'impatto ambientale del mezzo di trasporto, sotto il profilo dell'inquinamento atmosferico, acustico, nonché nella diminuzione del traffico e del degrado delle aree urbane (causato dallo spazio occupato dagli autoveicoli a scapito dei pedoni), per incidere anche sul consumo di territorio (causato dalla realizzazione delle strade e infrastrutture) e sui costi degli spostamenti (sia a carico della comunità sia del singolo). La riduzione dell'impatto ambientale, quindi, ad avviso di chi scrive, comporta una responsabilizzazione del singolo, da un lato, e il miglioramento della qualità della vita della collettività, dall'altro. Nell'ambito della mobilità sostenibile, occorre distinguere due filoni di analisi, soltanto apparentemente distinti tra loro: il trasporto pubblico e il trasporto privato. Sotto il profilo del trasporto pubblico, sono allo studio temi di trasporto più intelligente e multimodale, come ad esempio, la creazione di partenariati pubblico-privati per la mobilità, i servizi flessibili di risposta alla domanda, le restrizioni all'uso dell'auto privata, così come gli incentivi e i premi per gli spostamenti sostenibili. Per

quanto concerne, invece, il settore privato, sono le stesse case automobilistiche che, man mano, stanno affrontando un processo di transizione da meri distributori di autoveicoli a vere e proprie imprese di mobilità. Ad ogni modo, per poter apprezzare appieno il concetto di mobilità sostenibile, il settore pubblico e quello privato devono essere considerati nell'ottica di una piena integrazione.

2. Le tematiche connesse alla mobilità sostenibile sono state al centro di recenti interventi legislativi, come, ad esempio, il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), definitivamente approvato in sede europea il 13 luglio 2021 con Decisione di esecuzione del Consiglio, successivamente modificata a dicembre 2023. Il Reg. 2021/241/UE (Reg. RRF). Per favorire lo sviluppo della mobilità stradale pulita, elettrica ed ibrida, a partire dalla legge di bilancio per il 2019 sono stati concessi i contributi c.d. *ecobonus* per l'acquisto di autoveicoli elettrici o ibridi, nonché contributi per l'acquisto di colonnine di ricarica per i veicoli elettrici. A livello di legislazione europea, il Parlamento europeo e il Consiglio hanno adottato il Reg. 2023/851/UE del 19 aprile 2023, che prevede una forte riduzione (del 100% rispetto al 2021) entro il 2035 del livello delle emissioni di CO₂ delle autovetture nuove e dei veicoli commerciali leggeri nuovi, in linea con la maggiore ambizione dell'Unione in materia di clima nell'ambito della strategia europea "*Fit for 55*". Inoltre, è stato definitivamente approvato, il 19 aprile 2023, sempre nell'ambito del pacchetto "*Fit for 55*", il Reg. 2023/857/UE, sulla condivisione degli sforzi (ESR), che modifica il Reg. 2018/842/UE, aggiornando gli attuali obiettivi vincolanti di riduzione annuale delle emissioni degli Stati membri fino al 2030 in settori che rappresentano attualmente circa il 60% delle emissioni totali dell'UE, quali trasporto su strada, edifici, agricoltura e rifiuti.

Per quanto riguarda l'utilizzo di combustibili alternativi nel trasporto stradale è stato approvato il Reg. 2023/1804/UE, il quale si pone l'obiettivo di ridurre le forti differenze esistenti in questo ambito tra i diversi Paesi membri dell'UE. Nei settori del trasporto aereo e del trasporto marittimo si ricordano la proposta di regolamento europeo sulla garanzia di condizioni di parità per il trasporto aereo sostenibile e il Reg. 2023/1805/UE sull'uso di combustibili rinnovabili e a basse emissioni di carbonio nel trasporto marittimo. Per il settore aereo è stato approvato il Reg. 2023/2405/UE sulla garanzia di condizioni di parità per un trasporto aereo sostenibile (*ReFuelEU Aviation*) per la decarbonizzazione del settore.

3. Come si è già accennato, in tempi recenti la casa madre automobilistica, che storicamente si è sempre occupata soltanto della distribuzione degli auto-

veicoli e, quindi, della compravendita degli stessi, negli anni più recenti, si muove in due direzioni distinte, ma tra loro coordinate. Invero, da un lato, sotto il profilo più “ingegneristico”, la casa automobilistica sta adottando tipologie di motori sempre più tendenti a garantire basse emissioni di sostanze inquinanti; dall'altro, invece, si sta convertendo in un'impresa che fornisce anche sistemi di mobilità alternativa ed eco-sostenibile, integrati con l'attività distributiva. Pertanto, sotto il primo profilo, si assiste ad una rapida evoluzione delle tecnologie elettrificate. Tra esse, quelle prese attualmente in considerazione sono quattro: l'elettrico, l'ibrido, l'ibrido *plug in* e l'idrogeno. Per quanto concerne il motore ad idrogeno, in virtù dei fondi stanziati con il PNRR, vi sono numerosi progetti di nuovi distributori ad idrogeno in fase di realizzazione nel territorio italiano. Ad ogni modo, sotto il profilo della valutazione dell'impatto della sostenibilità delle automobili, non si devono considerare soltanto le emissioni, ma è necessario valutare tutto il ciclo di vita del prodotto nel suo insieme: dalla realizzazione, allo smaltimento, all'approvvigionamento di materie prime necessarie per costruirlo, fino ad arrivare al costo e alle modalità di produzione di carburanti.

4. Lasciando da parte il tema della “meccanica”, si rende ora necessario analizzare la conversione delle case automobilistiche da imprese distributrici di veicoli a imprese che integrano nella propria offerta servizi di mobilità sostenibile. Nella maggior parte dei casi, la costruzione del nuovo ecosistema di mobilità da parte delle case automobilistiche si concretizza nella costituzione di nuove società di mobilità, che propongono alternative alla compravendita del veicolo. In taluni casi le predette società fanno parte di un gruppo a cui appartiene anche la casa madre automobilistica (le c.d. “società *captive*”). Nei casi più avanzati, le società *captive* di mobilità sostenibile offrono numerosi servizi. Essi si lasciano distinguere in servizi “*asset based*”, come noleggio a lungo e breve termine, e in “*service based*”, consistenti in soluzioni disancorate dal godimento del veicolo e basate sull'utilizzo di piattaforme digitali di mobilità. Tra queste si possono includere il “*car sharing*”, il “*car pooling*” e le applicazioni per l'acquisto di biglietti di autobus, treni e prenotazione taxi.

5. Per quanto concerne i servizi “*asset based*”, che, quindi, non possono prescindere dal godimento di un veicolo fornito dalla società *captive*, il noleggio garantisce il mantenimento della proprietà del veicolo stesso da parte della società di mobilità. In questo modo, a ben vedere, tale società mantiene il controllo su tutto il ciclo di vita del veicolo stesso. Dal lato della sostenibilità, ciò garantisce l'utilizzo del veicolo per la sua intera vita, mediante lo sfruttamento dello stesso nei molteplici cicli di noleggio. Inoltre, la sua sottoposizione a costanti

sessioni di assistenza, ricomprese nei canoni di locazione, ne garantisce la migliore conservazione. Inoltre, come già accennato in precedenza, nel caso in cui i servizi di mobilità sostenibile siano forniti da società *captive*, il noleggio viene generalmente intermediato dagli stessi concessionari della casa automobilistica, che si occupa della distribuzione dei veicoli. Invero, in tale ipotesi, i concessionari automobilistici si pongono come agenti che permettono la conclusione del contratto di noleggio tra l'impresa proprietaria (la c.d. società *captive*) e il cliente finale. Ebbene, il sistema così delineato incide in modo significativo sul concetto di sostenibilità, perché la casa automobilistica è già di per sé dotata di una rete di concessionari automobilistici e ciò permette alla società *captive* di mobilità di avvalersi di strutture e di personale che formano già parte integrante di una rete precostituita.

6. Tra le attività “*service based*”, si annoverano il *car sharing*, il *car pooling* e la fornitura di piattaforme digitali di mobilità. Per quanto concerne il *car sharing*, si tratta di un servizio che viene effettuato nei centri urbani sulla base di specifiche convenzioni con i comuni di riferimento. Tale servizio permette agli utenti di fruire di autoveicoli, collocati in specifiche aree di parcheggio su strada, a tariffa oraria. La prenotazione del veicolo e il pagamento del servizio avvengono mediante una piattaforma digitale utilizzabile da telefono cellulare. Sotto il profilo ambientale, la fruizione del servizio sopra descritto porta ad un disincentivo all'acquisto dell'automobile, specialmente nelle zone altamente urbanizzate, per i soggetti che fanno della vettura un utilizzo sporadico. Il *car pooling*, invece, generalmente è un servizio fornito dalla società di mobilità *captive* a imprese di grandi dimensioni per permettere ai dipendenti di condividere il tragitto casa-lavoro. Per la fruizione del predetto servizio la società *captive* mette a disposizione dei dipendenti dell'impresa cliente un'applicazione digitale, utilizzabile tramite *smartphone*. Segnatamente, mediante l'uso di tale applicazione i dipendenti dell'impresa possono agevolmente organizzarsi per condividere il tragitto. L'uso di tale applicazione garantisce una riduzione del traffico e delle emissioni nocive in atmosfera, perché i dipendenti utilizzano nel complesso un numero minore di autoveicoli per recarsi sul posto di lavoro. Tale soluzione favorisce altresì iniziative di conoscenza e di coesione sociale tra colleghi. Infine, tra le soluzioni “*service based*” occorre menzionare un aggregatore multimodale, che prende le forme di un'applicazione da *smartphone*, fornita dalla società *captive* e normalmente sponsorizzata dagli stessi concessionari automobilistici. Tale applicazione, sempre nell'ottica della mobilità sostenibile, permette di prenotare agevolmente taxi, aerei, treni e parcheggi.

7. Come abbiamo avuto modo di vedere, i nuovi servizi di mobilità sostenibile del mondo *automotive*, che sono stati descritti nel presente contributo, assumono una valenza significativa in termini di sostenibilità ambientale e, tra l'altro, possono innalzare il livello reputazionale delle stesse società *captive*, che possono anche acquisire la denominazione di “società *benefit*”. In tal modo i gruppi automobilistici hanno l'opportunità di fornire un'impronta concreta sui temi della sostenibilità e, in generale, sull'utilizzo di soluzioni di mobilità più virtuose, efficienti e innovative.

Smart roads, smart cities e diritti fondamentali*

Erika Giorgini

SOMMARIO: 1. Considerazioni introduttive. Il fenomeno *smart road* e *smart cities* e la sua incidenza nel livello di tutela della personalità nell'*habitat* urbano. – 2. Caratteri fisionomici delle strade intelligenti: interoperabilità dei dispositivi operanti nella *smart road* e centralità della condivisione dei dati. – 3. *Governance* dei dati e dei sistemi di IA nelle strade e città intelligenti. – 4. Sovranità *vs.* condivisione dei dati nella *smart city*. Tecniche volte a superare i rischi per la tutela dei dati personali: dalla *privacy by design* alla *differential privacy*. – 5. *Segue*. Decisioni automatizzate quale ulteriore fattore di rischio alla tutela dei diritti della persona nel contesto di città ed edifici intelligenti. L'intervento dell'operatore umano difficilmente può essere in grado di rivedere una decisione automatizzata frutto di tecnologie quali quelle di *deep learning* supervisionato. – 6. *Segue*. La effettiva tutela della persona impone riflessioni sulla qualità dei dati che deve essere intesa quale idoneità allo scopo. Qualità dei dati tra principio di esattezza (art. 5 GDPR) e *governance* dei dati (art. 10 *AI Act*). – 7. *Segue*. Il trattamento dei dati non personali acquisiti da città e edifici intelligenti consente agli algoritmi di combinare e incrociare dati personali e non personali in modo tale da ricavare anche da questi ultimi informazioni rilevanti che arricchiscono e specificano quelle già ottenute dai dati personali. Rischi di *social scoring*. – 8. *Segue*. Esigenza di ripensare l'apparato rimediale: rendere sistematica la convivenza della disciplina del GDPR, della normativa antidiscriminatoria, nonché dei rimedi civilistici quali la rinegoziazione, la risoluzione, l'invalidità a seconda del singolo caso concreto. – 9. Considerazioni conclusive.

* Sul tema, sia consentito rinviare, sin d'ora, anche per ulteriori riferimenti, ad E. GIORGINI, *Città, edifici intelligenti e benessere*, in *Tecn. dir.*, 2024, 2, p. 373 ss.

1. Lo studio sull'incidenza della digitalizzazione di strade e città sui diritti fondamentali della persona umana, impone di indagare sia il ruolo che le nuove tecnologie possono avere nel garantire un elevato livello di tutela della personalità nell'*habitat* urbano, sia i rischi che, nondimeno, possono essere insiti nell'impiego di tali strumenti tecnologici.

Sotto il primo profilo, in molti sostengono che le nuove tecnologie potrebbero rivestire non soltanto un impatto positivo sulle condizioni di vita e sul benessere della persona nel tessuto urbano, ma anche contribuire alla riduzione dell'inquinamento ambientale e delle emissioni climalteranti, nell'interesse tanto dei presenti, quanto delle future generazioni. Ciò emerge sia nel c.d. *European Green Deal*¹ sia, e soprattutto, nella più recente "Strategia per una mobilità sostenibile e intelligente" della Commissione UE del 9 dicembre 2020², ove si è posto in evidenza che «I sistemi connessi e automatizzati hanno enormi potenzialità per migliorare profondamente il funzionamento dell'intero sistema dei trasporti e contribuire al raggiungimento dei nostri obiettivi di sostenibilità e sicurezza»³.

In questa direzione, le c.dd. *smart road*, come è stato già evidenziato in letteratura⁴, consentono di realizzare, tra l'altro: *a*) un miglioramento della viabilità e, dunque, una riduzione dell'impatto sull'ambiente determinato dalla circolazione dei veicoli; *b*) una diminuzione dei tempi di trasporto e dei relativi costi, anche in termini ambientali; *c*) un aumento del livello di sicurezza della

¹ Commissione europea, Comunicazione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle Regioni, *Il Green Deal europeo*, Bruxelles, 11 dicembre 2019, COM(2019) 640 final, in *eur-lex.europa.eu*, nella quale si afferma, tra l'altro, che la transizione digitale costituirebbe un «fattore determinante per conseguire gli obiettivi del Green Deal». Sul c.d. *European Green Deal*, v., tra gli altri, G. CARAPEZZA FIGLIA, *Doppia transizione ed European Green Deal*, in *Tecn. dir.*, 2024, 2, p. 339 ss.; L. RUGGERI, *Verso un diritto comune delle transizioni: l'impatto del principio di sostenibilità*, in *Riv. dir. impr.*, 2024, 2, p. 297 ss.

² Commissione europea, Comunicazione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle Regioni, *Strategia per una mobilità sostenibile e intelligente: mettere i trasporti europei sulla buona strada per il futuro*, Bruxelles, 9 dicembre 2020, COM(2020) 789 final, in *eur-lex.europa.eu*.

³ Nell'intendimento della Commissione UE, elementi cruciali della digitalizzazione del settore trasporti sono individuati, come è naturale che sia, nell'impiego delle nuove tecnologie e in particolare dei sistemi di intelligenza artificiale (d'ora innanzi IA) e, prima ancora, nell'accesso, nella disponibilità e nello scambio di dati. Così, anche la Dir. UE n. 2661/2023 che ha modificato la Dir. UE 40/2010 sul quadro generale per la diffusione dei sistemi di trasporto intelligente nel settore del trasporto stradale e nelle interfacce con altri modi di trasporto, in *eur-lex.europa.eu*.

⁴ S. SCAGLIARINI, *Smart roads e driverless cars nella legge di bilancio: opportunità e rischi di un'attività economica "indirizzata e coordinata a fini sociali"*, in *Quad. cost.*, 2018, p. 497 ss.; D. CERINI, *Tra c.d. "smart roads" e "smart vehicles": prospettive e problematiche in tema di responsabilità ed assicurazioni*, in Id., A. PISANI TEDESCO (a cura di), *Smart mobility, smart cars e intelligenza artificiale*, Torino, 2019, p. 3 ss.

circolazione su strada, atteso che la progettazione dei veicoli tecnologicamente avanzati (nonché caratterizzati da un più o meno elevato livello di autonomia) può essere effettuata in modo da risultare *compliant* alle relative regole, con conseguente riduzione del numero degli incidenti⁵.

Per comprendere meglio il fenomeno occorre volgere l'attenzione al versante internazionale, ove non mancano applicazioni pratiche di *smart roads*.

Negli Stati Uniti, uno dei progetti più significativi è quello promosso dal Dipartimento dei Trasporti del Michigan insieme a Cavnue, società *leader* nel settore *smart road*, che prevede l'installazione di pali alti 55 piedi equipaggiati con telecamere, radar e piccoli computer⁶. Questi dispositivi raccolgono informazioni in tempo reale su traffico, condizioni meteorologiche e ostacoli lungo la strada, con lo scopo di aiutare sia i conducenti sia i veicoli autonomi a rispondere prontamente in caso di incidenti o veicoli fermi.

In Australia, la società Transurban, che gestisce autostrade a pedaggio, sta sperimentando dei sistemi tecnologicamente avanzati per il controllo del traffico e la comunicazione con i veicoli connessi, sfruttando una rete di oltre 5.000 telecamere installate sulle proprie infrastrutture e che sono già in grado di individuare schemi di traffico irregolari, contribuendo così a una gestione più efficiente della circolazione⁷.

Nel Regno Unito, l'ente statale *National Highways* ha finanziato il *test* di sei tecnologie innovative per le strade intelligenti e, tra queste, un sistema in grado di individuare automaticamente oggetti pericolosi e una piattaforma di analisi in tempo reale pensata per fornire dati sul traffico e ridurre il rischio di incidenti⁸.

Né mancano iniziative assunte nel nostro paese.

In proposito, è significativo notare che l'ANAS, in forza di un investimento di circa 1 miliardo di euro finanziato mediante contributi europei, ha avviato, nel 2016, un ambizioso progetto («*Anas Smart Road*») proteso a realizzare una mobilità *smart* e a misura di utente della strada nonché a basso impatto ambientale, mediante la trasformazione, entro il 2032, di ben 6.700 chilometri di stra-

⁵ In proposito, si è così espressa anche la Dichiarazione sottoscritta ad Amsterdam dai Ministri europei dei trasporti nel 2016 (*Declaration of Amsterdam on Cooperation in the Field of Connected and Automated Driving*), ove si è affermata «la straordinaria opportunità che le tecnologie avanzate per i veicoli e le infrastrutture offrono, non solo per migliorare la sicurezza stradale e per sviluppare una mobilità rispettosa dell'ambiente, ma anche per fornire nuove soluzioni di trasporto a beneficio di tutti i segmenti di popolazione», riconoscendosi che «[q]uesti sistemi hanno un grande potenziale per garantire un accesso equo al trasporto, e quindi migliorare le loro opportunità».

⁶ Ulteriori informazioni sul progetto al link <https://www.cavnue.com>.

⁷ V., in proposito, la scheda consultabile al link <https://www.transurban.com/smartroads>.

⁸ Per ulteriori dettagli, può consultarsi il link <https://nationalhighways.co.uk/our-work/digital-data-and-technology/digital-roads/>.

de⁹. Nella sua prima fase sperimentale, *Anas Smart Road* concerne alcuni dei più rilevanti tratti autostradali del Nord, Centro e Sud Italia. L'obiettivo del progetto è, in definitiva, quello di elevare il livello qualitativo dei servizi offerti alla platea di automobilisti attraverso l'impiego di strumenti e dispositivi intelligenti di ultima generazione che consentiranno il controllo del traffico e un miglioramento della gestione della mobilità, contribuendo così ad aumentare l'efficienza e la sicurezza della circolazione stradale e, al contempo, a perseguire obiettivi di riduzione del relativo impatto ambientale.

Non meno rilevante, poi, è l'esperienza di Milano, ove l'Amministrazione comunale ha redatto un nuovo Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (PUMS)¹⁰, con l'obiettivo «di perseguire e rafforzare il possibile ottimale equilibrio tra domande di mobilità efficiente, di qualità della vita, di protezione ambientale e di salute»¹¹.

2. A fronte del predetto fenomeno, l'Unione europea si è occupata, con lo strumento delle direttive, della diffusione dei sistemi di trasporto intelligente; tuttavia, l'unica definizione di *smart road* è contenuta nel d.m. del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 28 febbraio 2018, n. 70, recante "Modalità attuative e strumenti operativi della sperimentazione su strada delle soluzioni di Smart Road e di guida connessa e automatica" (per brevità, "d.m. *Smart Road*"¹²).

Segnatamente, l'art. 2 del d.m. richiamato definisce le *smart road* come «le infrastrutture stradali per le quali è compiuto [...] un processo di trasformazione digitale orientato a introdurre piattaforme di osservazione e monitoraggio del traffico, modelli di elaborazione dei dati e delle informazioni, servizi avanzati ai gestori delle infrastrutture, alla pubblica amministrazione e agli utenti della strada, nel quadro della creazione di un ecosistema tecnologico favorevole all'interoperabilità tra infrastrutture e veicoli di nuova generazione».

Tale definizione sollecita sin da subito alcune prime riflessioni.

⁹ <https://www.stradeanas.it/it/smartroad>.

¹⁰ Reperibile all'indirizzo <https://www.comune.milano.it/aree-tematiche/mobilita/pianificazione-mobilita/piano-urbano-della-mobilita>.

¹¹ In termini, M. ONETA, *Smart Roads: le esperienze in corso nella città di Milano*, in D. CERINI, A. PISANI TEDESCO (a cura di), *Smart mobility, smart cars e intelligenza artificiale*, cit., p. 173, il quale fa notare che tale finalità viene perseguita mediante «un approccio globale al governo della mobilità urbana, in grado di garantire e accrescere l'accessibilità sostenibile della città, fattore di ricchezza e condizione di sviluppo e, nel contempo, di ridurre il peso delle esternalità negative prodotte da uno sviluppo squilibrato dei sistemi di trasporto».

¹² In proposito, v., per una prima analisi, D. CERINI, *Tra c.d. "smart roads" e "smart vehicles"*, cit., p. 3 ss.

In primis, occorre porre in evidenza che tali infrastrutture tecnologicamente avanzate presuppongono, per poter funzionare correttamente, la realizzazione di piattaforme idonee a osservare e monitorare non soltanto il traffico stradale (come si limita ad affermare l'art. 2 del d.m. *Smart Road*), ma, e più ampiamente, tutti i fatti (accadimenti naturali) e atti (comportamenti umani) rilevanti per la creazione di un sistema di mobilità intelligente, e che sono suscettibili di essere digitalizzati in dati. Questi, a loro volta, sono provenienti da diverse fonti e costituiscono la «materia prima» da cui è possibile inferire nuove informazioni di diversa natura. Ciò comporta, lo si anticipa, conseguenze di non poco momento in punto di individuazione della disciplina applicabile, specie, come si dirà tra poco, rispetto ai rischi insiti nell'utilizzo di dati che, a prescindere dalla loro qualificabilità come personali o no, possono rivestire un impatto negativo sulla tutela dei diritti fondamentali.

Inoltre, va segnalato che la realizzazione di una piattaforma di mobilità intelligente nella sua forma più compiuta non può prescindere dal garantire l'interoperabilità – aspetto che pure è presente nella definizione di *smart road* dell'art. 2 del d.m. cit. – tra i dispositivi installati nella *smart road* con quelli collocati nelle *smart car*¹³ e, cioè, dalla necessità che gli stessi siano costantemente in grado di interconnettersi reciprocamente e, dunque, di scambiare dati fra loro¹⁴. A tale proposito, si è già efficacemente evidenziato che l'infrastruttura stradale e i veicoli intelligenti «saranno chiamati a costituire un sistema integrato, caratterizzato da uno scambio di informazioni continuo»¹⁵, nel quale «da sistemi di connessione singola del tipo “veicolo-rete” e quindi “veicolo-utente”, si assiste

¹³ Per una definizione di «veicolo a guida automatica», v. art. 1, comma 1, lett. f, d.m. *Smart Road*, ove per tale si intende «un veicolo dotato di tecnologie capaci di adottare e attuare comportamenti di guida senza l'intervento attivo del guidatore, in determinati ambiti stradali e condizioni esterne. Non è considerato veicolo a guida automatica un veicolo omologato per la circolazione sulle strade pubbliche italiane secondo le regole vigenti e dotato di uno o più sistemi di assistenza alla guida, che vengono attivati da un guidatore al solo scopo di attuare comportamenti di guida da egli stesso decisi e che comunque necessitano di una continua partecipazione attiva da parte del conducente alle attività di guida». In tema, v. U. RUFFOLO, *Self driving cars, auto driverless e responsabilità*, in ID. (a cura di), *Intelligenza artificiale e responsabilità*, Milano, 2017, p. 31 ss.; A.C. NAZZARO, *Macchine intelligenti (smart cars): assicurazione e tutela della privacy*, in *Dir. merc. ass. fin.*, 2018, 1, p. 77 ss.; D. CERINI, *o.u.c.*; E. AL MUREDEN, *Autonomous vehicles e responsabilità nel nostro sistema ed in quello statunitense*, in *Giur. it.*, 2019, 7, p. 1704 ss.; G. CALABRESI, E. AL MUREDEN, *Driverless cars. Intelligenza artificiale e futuro della mobilità*, Bologna, 2021.

¹⁴ In termini, A.C. NAZZARO, *o.u.c.*, p. 78, la quale rileva che «[l]a specificità del fenomeno di cui si discute è la connessione in rete dei veicoli che sono in grado di scambiare dati in tempo reale con la rete, con i *device* personali, con le altre automobili e i sistemi informatici integrati alle infrastrutture stradali».

¹⁵ Così, testualmente, S. PELLEGGATTA, *La sperimentazione dei veicoli a guida automatica nell'ordinamento italiano: strumenti di tutela dei terzi danneggiati nella fase di test*, in D. CERINI, A. PISANI TEDESCO (a cura di), *Smart mobility, smart cars e intelligenza artificiale*, cit., p. 102.

alla realizzazione di tecnologie di collegamento “veicolo-veicolo” e “veicolo-infrastruttura”»¹⁶.

Ciò complica ulteriormente il quadro, se si considera, inoltre, che la circolazione di dati e informazioni acquisisce una portata più estesa di quella riconducibile all'ambito dei sistemi di connessione fra veicoli ed infrastrutture stradali, in quanto è destinata a iscriversi nella più ampia dimensione della città intelligente (*smart city*)¹⁷, là ove anche quest'ultima – pur in assenza di una definizione legislativa o unanimemente condivisa in dottrina – rappresenta un nuovo modello di sviluppo urbano proteso a migliorare la qualità della vita dei cittadini proprio attraverso l'uso strategico di grandi quantità di dati di diversa natura e provenienti da diverse fonti¹⁸.

3. Di fronte a questo scenario in continua evoluzione, all'interprete è demandato il compito di evidenziare come la progressiva diffusione delle moderne tecnologie digitali, pur presentando indubbi vantaggi, se non accompagnata da

¹⁶ S. PELLEGGATTA, *o.l.c.*

¹⁷ In argomento, v. T. FAVARO, *Verso la “smart city”: sviluppo economico e rigenerazione urbana*, in *Riv. giur. edil.*, 2020, 2, p. 87 ss.; G. DELLE CAVE, *Smart city, smart business: evolution and role of technology in the development of the so called “intelligent communities”*, in *Ambienteditto.it*, 2020, 4, p. 355 ss.; ID., “Smart city”, *diritto alla città e pianificazione c.d. “intelligente”*, in *Federalismi.it*, 2023, 21, p. 41 ss.; A. AQUILI, *La “smart city” e le infrastrutture digitali*, in *Munus*, 2021, 3, p. 641 ss.; C. LAURI, *Smart city*, in *Dig. disc. pubbl.*, VII, Torino, 2021, p. 378 ss.; G. STRAZZA, *Città, benessere e salute: le implicazioni giuridiche*, in *Federalismi.it*, 2021, 17, p. 219 ss.; G. SUFFIA, “Smart cities” e “digital divide”: una proposta di analisi, in *Cib. dir.*, 2021, 2, p. 287 ss.; F. PAOLUCCI, O. POLLICINO, *Intelligenza urbana e tutela dei diritti fondamentali. Antinomia o complementarità nella nuova stagione algoritmica?*, in *MediaLaws*, 2022, 3, p. 137 ss.; e in M. GIANNELLI, V. PAGNANELLI (a cura di), *Smart cities. Diritti, libertà e governance*, Torino, 2023, p. 17 ss. (da cui le citazioni successive); F. PIZZOLATO, *Città e diritti fondamentali: le ambivalenze della politicità dei diritti*, in *Istituzioni del Federalismo*, 2022, 1, p. 155 ss.; L. PREVITI, “Smart city”, *mobilità, energia: nuove prospettive di sviluppo urbano al tempo della transizione*, in *Munus*, 2022, 1, p. 89 ss.; C. COLAPIETRO, *Intelligenza artificiale e smart cities. A mo' di introduzione*, in M. GIANNELLI, V. PAGNANELLI (a cura di), *Smart cities. Diritti, libertà e governance*, cit., p. XVII ss.; A. SIMONCINI, *IA e smart cities. Una cornice costituzionale*, *ivi*, p. 3 ss.; V. PAGNANELLI, *La smart city come ecosistema digitale. Profili di data governance*, *ivi*, p. 183 ss.; G. RESTA, *Le smart cities e il rilievo sociale dei dati*, *ivi*, p. 203 ss.; P. STANZIONE, *Intelligenza artificiale e smart cities. Sfide e opportunità*, *ivi*, p. 227 ss.; D. TESTA, *Governo e autogoverno della città digitale, luogo di conflitti tra valori pubblici e interessi privati*, in *Dir. pubbl. comp. eur.*, 2023, 1, p. 175 ss.

¹⁸ Secondo il Considerando 4 della Dir. UE n. 2661/2023, «La crescente necessità di utilizzare meglio i dati per rendere le catene di trasporto più sostenibili, sicure, efficienti e resilienti, richiede un maggiore coordinamento del quadro ITS con altre iniziative volte ad armonizzare e facilitare la condivisione dei dati nei settori della mobilità, dei trasporti e della logistica in una prospettiva multimodale come lo spazio comune europeo dei dati sulla mobilità e le sue componenti, il Reg. (UE) 2020/1056 del Parlamento europeo e del Consiglio, e il lavoro portato avanti dal Forum per la logistica e il trasporto digitale [Digital Transport and Logistics Forum (DTLF)] tenendo nel contempo conto delle norme in materia di protezione dei dati e tutela della vita privata».

adeguate cautele e da una regolamentazione ispirata ai principi sia fondamentali¹⁹, sia tecnici (si pensi, ad esempio, ai principi di prevenzione, di precauzione²⁰, di approccio basato sul rischio²¹), potrebbe rivelarsi foriera di rischi superiori a tali benefici e suscettibili di rivestire un impatto negativo proprio sui diritti fondamentali della persona²².

In questa ottica, l'attenzione del giurista deve senza dubbio essere rivolta al delicato tema della *governance* dei sistemi di IA²³, anche in considerazione della

¹⁹ P. PERLINGIERI, *Il diritto civile nella legalità costituzionale secondo il sistema italo-europeo delle fonti*, I, *Metodi e tecniche*, Napoli, 2020, p. 164 ss.; ID., *Diritto civile e Intelligenza Artificiale*, in *Tecn. dir.*, 2025, 2, p. 137, p. 142; E. CATERINI, *L'intelligenza artificiale «sostenibile» e il processo di socializzazione del diritto civile*, Napoli, 2020, *passim*, ma spec. p. 30 ss., 123 ss.

²⁰ Pone in evidenza la «necessità di un controllo ispirato al principio di precauzione e di prevenzione con la previsione anche di doveri specifici imposti al titolare del trattamento», P. PERLINGIERI, *Privacy digitale e protezione dei dati personali tra persona e mercato*, in *Foro nap.*, 2018, p. 481, il quale, con specifico riferimento al GDPR. Sull'incidenza dei principi in esame nell'ambito del trattamento dei dati, v., altresì, N. MATTA, *Circolazione dei dati relativi alla persona e rapporti giuridici*, Napoli, 2025, p. 17.

²¹ È noto come la regolamentazione europea, dettata in materia di circolazione di dati e di *governance* dei sistemi di IA, sia complessivamente ispirata ad un approccio basato sul rischio (c.d. *risk based approach*). Cfr., in proposito, P. PERLINGIERI, *Diritto civile e Intelligenza Artificiale*, cit., p. 137, il quale rileva che l'*AI Act* «ha introdotto un approccio basato sul rischio, inteso, nel duplice aspetto, sia di “combinazione della probabilità del verificarsi di un danno”, sia di “gravità del danno stesso”, esigendo soprattutto per i sistemi di IA generativa, requisiti di trasparenza in modo che, nella progettazione del “modello”, venga evitata la riproduzione di contenuti illegali e sia evidenziato che si tratti di un risultato ottenuto tramite IA»; G. RESTA, *Cosa c'è di “europeo” nella Proposta di Regolamento UE sull'intelligenza artificiale?*, in *Dir. inf.*, 2022, p. 338 ss.; A. MANTELERO, *Responsabilità e rischio nel Regolamento UE n. 2016/679*, in *Nuove leggi civ. comm.*, 2017, p. 147 ss.

²² Per un'accurata panoramica dei rischi insiti nella mobilità intelligente, v. A.C. NAZZARO, *Macchine intelligenti*, cit., p. 81, la quale osserva che «qualsiasi elemento meccanico ed elettronico della macchina, controllato dal sistema operativo di bordo, può essere obiettivo di minacce informatiche di ogni tipo come ad esempio la sottrazione di dati sensibili del mezzo e del passeggero, l'installazione di *software* maligni, la manipolazione delle informazioni del computer di bordo, la perdita finale del controllo del mezzo, il sabotaggio dei sistemi di identificazione e accesso al veicolo»; cfr. anche A. PISANI TEDESCO, *Rischi satellitari e informatici*, in D. CERINI, ID. (a cura di), *Smart mobility, smart cars e intelligenza artificiale*, cit., p. 79 ss., spec. p. 83 ss.; sull'impatto delle *smart city* sui diritti fondamentali, cfr. sin d'ora C. COLAPIETRO, *Intelligenza artificiale e smart cities*, cit., p. XXVI ss.; F. PAOLUCCI e O. POLLICINO, *Intelligenza urbana e tutela dei diritti fondamentali*, cit., p. 18, i quali rilevano che «Osservando singolarmente ogni componente della *smart city* si può notare come il comun denominatore non sono solo i dati, ma anche i rischi alla tutela dei diritti fondamentali degli individui. Difatti, è nelle vulnerabilità di questi singole architetture che si sostanziano le questioni aperte sulla regolazione della *smart city*»; con particolare riferimento ai diritti alla *privacy* e alla protezione dei dati personali, A.C. NAZZARO, *Privacy e smart mobility*, in D. CERINI, A. PISANI TEDESCO (a cura di), *Smart mobility, smart cars e intelligenza artificiale*, cit., p. 45 ss.; N. MINISCALCO, *Il diritto alla protezione dei dati personali al tempo della mobilità intelligente*, in *Forum Quad. cost.*, 2020, 1, p. 248 ss., spec. 250 ss.

²³ Sul punto, v., di recente, le considerazioni sviluppate da M. ANGELONE, *Alla ricerca del paradigma regolativo ottimale. La governance dell'IA tra legislazione e regolazione*, in *Tecn. dir.*, 2024, p. 277 ss.; ID., *L'euristica dei principi nell'era digitale. (A mo' di introduzione)*, in ID., C. COLOMBO, I. MARTONE, C. PERLINGIERI, A. VALONGO (a cura di), *Intelligenza artificiale e piattaforme digitali: dalla co-regolamenta-*

recente entrata in vigore del Reg. UE n. 1689/2024 (*AI Act*²⁴), ma ancora prima è necessario focalizzare l'indagine su quanto si è già anticipato in premessa e, cioè, sul fatto che questi sistemi – così come i dispositivi dell'Internet delle cose che consentono l'interoperabilità di *smart car*, *smart road* e *smart city* – funzionano soltanto se hanno dati, anche personali, a disposizione²⁵. D'altra parte, questo profilo emerge con nettezza dalla mera lettura della già richiamata Dir. UE n. 2661/2023, la quale è sostanzialmente protesa a creare obblighi di condivisione di dati tra Stati e tra soggetti privati e pubblici.

Occorre, allora, prendere atto, una volta per tutte, che il vero motore del cambiamento non si incentra sulle II.AA. e più in generale sulle nuove tecnologie, ma sulla «materia prima» da cui esse sono alimentate: i dati. Sì che diviene imprescindibile riflettere su come essi vengono prodotti, raccolti, analizzati, nonché sulle loro elaborazioni²⁶. I sistemi di II.AA. incidono fortemente sul valore del dato, anche economico, e sulla capacità di ricavarne di ulteriori.

La digitalizzazione di automobili, strade e città costituisce un'altra occasione di produrre una miniera di dati utili sia al funzionamento delle stesse, sia, nondimeno, di altri sistemi di IA che nulla hanno a che vedere con quelli legati alla mobilità urbana²⁷.

zione alla co-vigilanza, Atti del Convegno 10-11 febbraio 2025, Università degli Studi di Perugia, Napoli, 2025, p. 12, il quale rileva, opportunamente, che «il punto non è tanto se l'Intelligenza Artificiale debba essere regolata, quanto come farlo senza sacrificare, ma anzi realizzare *quam maxime*, le istanze valoriali delle quali il vigente ordinamento si fa promotore. In questa prospettiva, la soluzione non può che risiedere in una normazione basata su principi e clausole generali».

²⁴ In proposito, v. G. RESTA, *Cosa c'è di "europeo" nella proposta di Regolamento UE sull'intelligenza artificiale?*, cit., p. 323 ss.; ID., *L'ambito territoriale di applicazione del Regolamento europeo sull'intelligenza artificiale: note critiche*, in *Dir. inf.*, 2024, p. 731 ss.; G. FINOCCHIARO, *Intelligenza artificiale. Quali regole?*, Bologna, 2024; R. PETRUSO, G. SMORTO, *Il Regolamento europeo sull'intelligenza artificiale: una prima lettura*, in *Nuova giur. civ. comm.*, 2024, 4, p. 989 ss.; R. RUOPPO, *Il Regolamento UE in materia di Intelligenza Artificiale (c.d. AI Act): un quadro normativo uniforme per la tutela dei diritti fondamentali*, in *Rass. dir. civ.*, 2024, p. 996 ss.; nonché i contributi raccolti in O. POLLICINO, F. DONATI, G. FINOCCHIARO, F. PAOLUCCI (a cura di), *La disciplina dell'intelligenza artificiale*, Milano, 2025, e in A. MANTELERO, G. RESTA, G.M. RICCIO (a cura di), *Intelligenza Artificiale. Commentario*, Milano-Padova, 2025.

²⁵ Per tutti, K. CRAWFORD, *Né intelligente, né artificiale. Il lato oscuro dell'IA*, trad. it., Bologna, 2021, p. 105 ss.

²⁶ Il punto è posto in evidenza da P. PERLINGIERI, *Sul trattamento algoritmico dei dati*, in *Tecn. dir.*, 2020, 1, p. 181 s., il quale rileva che «[i] dati raccolti, catalogati, confrontati, comparati e tra loro connessi, rappresentano comunque una miniera consultabile e fruibile da chi può accedervi ma, trattati algoritmicamente, concorrono agevolmente a creare prodotti utilizzabili per le finalità più diverse e non sempre prevedibili».

²⁷ Cfr. N. MINISCALCO, *Il diritto alla protezione dei dati personali al tempo della mobilità intelligente*, cit., p. 253, la quale osserva che «l'impiego massivo di dati determina l'incontrollabilità *ex ante* di tutte le operazioni di trattamento e, con essa, *a fortiori*, l'indeterminatezza delle finalità».

Chi ha accesso ai dati finisce per decidere quali problemi affrontare e per plasmare non tanto il modo in cui le II.AA. sono sviluppate e impiegate, ma a quali valori e principi dare priorità²⁸ e quali obiettivi perseguire. In altri termini, si è di fronte ad un grave problema di allineamento tra gli obiettivi degli esseri umani e, conseguentemente, quelli compatibili con un sistema basato sulla legalità costituzionale, che è fondato proprio sul pluralismo, e quelli che, invece, può raggiungere il sistema di intelligenza artificiale²⁹.

Ne deriva che il tema in parola è intrinsecamente legato al potere e ai suoi nuovi assetti nell'epoca attuale³⁰, ove la crisi dei c.dd. pubblici decisori e della sovranità degli Stati fa da contraltare alla transizione del potere «verso nuove residenze sia in sedi internazionali, sia specialmente in sedi private»³¹ e, conseguentemente, all'emersione di «autorità private»³² – le piattaforme digitali³³ –, la cui posizione di predominio, che si traduce anche in un vantaggio competitivo rispetto alle concorrenti, si fonda proprio sulla superiore capacità tecnologica che si esprime anche nella possibilità di accedere ad ingenti quantità di dati e di utilizzarli per sviluppare nuova conoscenza, gestire i servizi in modo più efficiente, effettuare analisi predittive, monitorare i comportamenti della clientela,

²⁸ Si è osservato, in proposito, che «le criticità maggiori non riguardano il trattamento dati in sé e per sé considerato, quanto piuttosto gli scopi applicativi dello stesso ed i principi, anche valoriali, che ne devono guidare l'applicazione nei casi concreti»: A. MANTELERO, *Artificial Intelligence, dati e diritti: spunti di riflessione per i regolatori*, in P. BERTOLI, F. FERRARI, G. RIPAMONTI, G. TIBERI (a cura di), *Data protection tra Unione europea, Italia e Svizzera*, Torino, 2019, p. 22 ss.

²⁹ Sia consentito rinviare, in proposito, a E. GIORGINI, *Profilazione automatizzata e contratto assicurativo*, in *Assicurazioni*, 2024, 4, p. 758.

³⁰ Cfr. F. PAOLUCCI, O. POLLICINO, *Intelligenza urbana e tutela dei diritti fondamentali*, cit., p. 19, i quali pongono in evidenza come «la corsa alla digitalizzazione dello spazio urbano stia coinvolgendo ogni settore, pubblico e privato, portando alla luce una serie di riflessioni che concernono sicuramente il mercato, ma anche il nuovo assetto di poteri».

³¹ Così, M.R. FERRARESE, *Poteri nuovi. Privati, penetranti, opachi*, Bologna, 2022, p. 9.

³² L'espressione – mutuata da C.M. BIANCA, *Le autorità private*, Napoli, 1977 – è sovente impiegata (al pari dell'omologa «poteri privati») nelle riflessioni dottrinali in tema di piattaforme digitali. Cfr., al riguardo, P. SIRENA, A. ZOPPINI (a cura di), *I poteri privati e il diritto della regolazione*, Roma, 2018; D. D'ALBERTI, *Google e le nuove autorità private: la metamorfosi dal fatto al diritto*, in *Riv. dir. civ.*, 2021, 4, 745 ss.; R. PARDOLESI, *Piattaforme digitali, poteri privati e concorrenza*, in *Dir. pubbl.*, 2021, 3, p. 999 ss.; M.R. FERRARESE, *Poteri nuovi*, cit., p. 1 ss.; P. STANZIONE (a cura di), *I "poteri privati" delle piattaforme e le nuove frontiere della privacy*, Torino, 2022; G. VETTORI, *Sui poteri privati. Interazioni e contaminazioni*, in *Dir. pubbl.*, 2022, 3, p. 829 ss.; E. CREMONA, *I poteri privati nell'era digitale. Libertà costituzionali, regolazione del mercato, tutela dei diritti*, Napoli, 2023; O. POLLICINO, *Potere digitale*, in *Enc. dir., I Tematici*, V, *Potere e costituzione*, dir. da M. CARTABIA, M. RUOTOLO, Milano, 2023, p. 410 ss.; G. RESTA, *Poteri privati e regolazione*, *ivi*, p. 1008 ss.; A. VALONGO, *Il potere normativo delle piattaforme digitali*, in M. ANGELONE, C. COLOMBO, I. MARTONE, C. PERLINGIERI, A. VALONGO (a cura di), *Intelligenza artificiale e piattaforme digitali*, cit., p. 139 ss.

³³ In proposito, v. le considerazioni sviluppate da P. STANZIONE, *Introduzione*, in ID. (a cura di), *I "poteri privati" delle piattaforme*, cit., p. 2 ss.

e così via³⁴. In altre parole, è a tutti noto che con l'avvento della società digitale si è assistiti alla progressiva ascesa del c.d. potere tecnologico³⁵.

4. Non desta, allora, alcuna sorpresa il fatto che l'Unione europea si proponga di dar vita ad un vero e proprio spazio comune di condivisione di dati per finalità «di sovranità tecnologica dell'Europa», che costituisce l'obiettivo precipuo dei recenti regolamenti UE nn. 868/2022 (*Data Governance Act*³⁶) e 2854/2023 (*Data Act*³⁷), e, nondimeno, anche della più volte evocata Dir. UE n. 2661/2023 sui trasporti intelligenti, ove non v'è dubbio che l'interoperabilità abbia, quale prima accezione, proprio il significato di condivisione dei dati.

Si che, anche al fine di rafforzare la tutela della persona³⁸, diviene decisivo affrontare la questione relativa alla c.d. sovranità dei dati³⁹. Dati generati da privati, raccolti da imprese fornitori di servizi, hanno un importante rilievo dal punto di vista dell'interesse pubblico: così, per esempio, quelli relativi ad alcuni aspetti cruciali della vita urbana come i servizi pubblici (compreso il settore trasporti), il consumo di energia, la gestione dei rifiuti, e, più in generale, il comportamento dei cittadini⁴⁰.

³⁴ V., tra gli altri, F. VESSIA, *Big data: dai vantaggi competitivi alle pratiche abusive*, in *Giur. comm.*, 2018, p. 1064, la quale afferma che «il vantaggio competitivo degli operatori economici è largamente basato sulla capacità di raccogliere, immagazzinare e analizzare dati, facendo uso di algoritmi sempre più sofisticati, per offrire servizi sempre nuovi, qualitativamente migliori, personalizzati rispetto alle esigenze dei singoli consumatori e a prezzi più bassi di quelli rinvenibili sui mercati tradizionali».

³⁵ Potere che, come si è efficacemente rilevato, è «granulare e fundamentalmente acefalo, opaco e spesso inintelligibile, [...] opera in maniera persuasiva piuttosto che coercitiva, [...] si esprime nella dimensione del fatto piuttosto che in quella del diritto, [...] non abbisogna di autorità formale, ha carattere reticolare piuttosto che verticale ed è dislocato in spazi che non coincidono con i luoghi fisici dello Stato nazione»: così, G. RESTA, *Poteri privati e regolazione*, cit., p. 1028.

³⁶ In merito, v. almeno G. RESTA, *Pubblico, privato, collettivo nel sistema europeo di governo dei dati*, in *Riv. trim. dir. pubbl.*, 2022, p. 971 ss.; K. SCHREIBER, P. POMMERENING, P. SCHOEL, *New Data Governance Act. A Practitioner's Guide*, Baden-Baden-München, 2023; A. MORACE PINELLI, *Dalla "Data Protection" alla "Data Governance": il Regolamento UE 2022/868*, in *Nuova giur. civ. comm.*, 2024, p. 486 ss.

³⁷ Sul quale v., per una prima analisi, M. HENNEMANN, G.K. EBNER, B. KARSTEN, G. LIENEMANN, M. WIENROEDER, *Data Act: An Introduction*, Baden-Baden, 2024; A. RICCI, *Introduzione al Regolamento europeo sull'accesso equo ai dati e sul loro utilizzo*, in *Nuove leggi civ. comm.*, 2024, 4, p. 79 ss.

³⁸ Si è, difatti, condivisibilmente osservato che «Il modello europeo per la trasformazione digitale e dell'IA è volto [...] a rafforzare la dimensione umana e la centralità della persona e dei suoi diritti fondamentali nell'ecosistema digitale»: in termini, C. PERLINGIERI, *Intelligenza Artificiale tra principi e regole*, in *Al Law*, 2025, 1, p. 41.

³⁹ Cfr. F. PASQUALE, *Two Visions for Data Governance: Territorial vs. Functional Sovereignty*, in A. CHANDER, H. SUN (a cura di), *Data Sovereignty. From the Digital Silk Road to the Return of the State*, Oxford, 2023, p. 35 ss.; A. SY CHEUNG, *From Data Subjects to Data Sovereigns. Addressing the Limits of Data Privacy in the Digital Era*, ivi, p. 89 ss.; F. VON SCHERENBERG, M. HELLMEIER, B. OTTO, *Data Sovereignty in Information Systems*, in *Electronic Markets*, 2024, p. 14 ss.

⁴⁰ M. MICHELI, S. GONZALEZ THABIT, S. SIGNORELLI, E. FARRELL, A. KOTSEV, *Data sovereignty for local governments. Considerations and enablers*, European Commission, Ispra, 2024, reperibile all'URL <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC138657>.

Non deve infatti sfuggire che una grande quantità di dati urbani rilevanti per il perseguimento di finalità di interesse generale viene raccolta dalle società private che offrono i relativi servizi⁴¹ (come, ad esempio, le *app* che consentono di monitorare il traffico stradale) e che i governi locali non hanno, generalmente, accesso a tali dati. Da un verso, allora, è facile intuire lo squilibrio di potere nella *governance* stessa dei dati tra soggetti pubblici e privati, che, come si è efficacemente rilevato, «esplicano una sovranità digitale in uno spazio nuovo colonizzato solo da loro»⁴²; dall'altro, appare evidente che la condivisione del dato di interesse pubblico impone, per il governo locale, la capacità di proteggere la riservatezza e sicurezza dei dati.

La tensione tra i due suddetti interessi sollecita il civilista. Sono al vaglio, infatti, molti strumenti giuridici che consentono l'accesso ai dati di interesse pubblico raccolti da soggetti privati: si va dalle clausole negoziali sulla sovranità dei dati⁴³, che possono financo essere imposte in sede di procedure di appalto pubblico o incluse nelle stesse licenze di utilizzo di talune infrastrutture, a meri strumenti di rafforzamento della sovranità dei dati da parte di governi locali (quali, ad esempio, la possibilità di stabilire partenariati volontari).

Svariate sono, peraltro, le città che si stanno muovendo in tale direzione in Europa e oltreoceano. Barcellona, ad esempio, è stata fra le prime città europee a promuovere una visione c.d. alternativa delle città intelligenti basata proprio sulla sovranità dei dati, posto che il Comune, infatti, ha introdotto l'obbligatorietà di condividere i dati raccolti durante la fornitura di servizi.

Non meno significativa, poi, è l'esperienza nordamericana, là ove la città di Los Angeles ha realizzato una *partnership* pubblico-privato con Google, che distribuisce l'*app Waze*: i dati forniti a quest'ultima dagli utenti dell'*app*, relativi all'andamento del traffico, alla presenza di eventuali incidenti o avvallamenti

⁴¹ Lo rileva anche A. SIMONCINI, *IA e smart cities. Una cornice costituzionale*, cit., p. 14.

⁴² Così, testualmente, L. VIOLANTE, *Diritto e potere nell'era digitale*. Cybersociety, cybercommunity, cyberstate, cyberspace: *tredici tesi*, in *BioLaw J.*, 2022, 1, p. 148, il quale fa notare che «[l]e “compagnie del digitale” [...] hanno un potere politico di fatto che nessuno ha mai avuto: creano opinioni, hanno una funzione regolatrice della vita dei privati e degli Stati, rendono servizi indispensabili e per questo condizionano la qualità dell'attività privata e pubblica. Se decidessero di staccare la spina, il mondo smetterebbe di funzionare».

⁴³ Il riferimento corre, in particolare, alle c.dd. *Standard Contractual Clause (SCC)*, elaborate in seno alla Commissione europea col fine di promuovere una regolazione conforme dei rapporti che producono il trasferimento dei dati al di fuori del territorio europeo. Su tali profili, v. C. BERTOLDI, *Tutela dei diritti e accesso ai dati personali da parte delle autorità governative: l'equilibrio precario della decisione di adeguatezza e delle clausole contrattuali standard*, in *Federalismi.it*, 2022, 16, p. 1 ss.; E. GIORGINI, *Governance dei dati e Autorità amministrative indipendenti*, in M. ANGELONE, M. ZARRO (a cura di), *Diritto civile della regolazione. Conformazione degli atti di autonomia e disciplina dei mercati*, Napoli, 2023, p. 193 ss., spec. 219 ss., al quale sia consentito il rinvio, anche per ulteriori riferimenti.

nella strada, vengono scambiati coi dati, inerenti ad eventi, lavori di costruzione e di manutenzione e altre iniziative che pure possono incidere sulla circolazione stradale, forniti dall'amministrazione locale⁴⁴.

D'altra parte, proprio il tema dei trasporti intelligenti ha condotto il legislatore europeo ad esplicitare, in maniera ancora più netta, che anche il trattamento dei dati personali, qualora necessario per il funzionamento delle applicazioni, dei servizi dei trasporti intelligenti viene escluso dalla portata applicativa del GDPR (art. 10, Dir. UE n. 2661/2023). Tale assunto, seppur non particolarmente distante, dalla previsione contenuta nello stesso GDPR che considera lecito il trattamento dei dati per motivi di interesse pubblico a prescindere dal consenso dell'interessato, può o forse deve condurre a nuove riflessioni sulla stessa obbligatorietà della condivisione. Se vi è utilità sociale tanto da essere esclusi dalla disciplina GDPR dovrebbero essere dati condivisibili.

Per di più, le strade e le città intelligenti stressano notevolmente il principio c.d. *privacy by design*, che, seppure accolto dal GDPR, necessita di uno sforzo ulteriore⁴⁵, posta l'assoluta esigenza di anticipare il momento di valutazione e adozione delle misure organizzative alla fase della progettazione dei sistemi di rilevazione e di elaborazione dei dati.

La circolazione dei dati e la loro sovranità in capo a più soggetti costringono il giurista a riflettere ulteriormente sulla introduzione della c.d. *differential privacy* che potrebbe superare le criticità tipiche delle tecniche di c.d. anonimizzazione, le quali spesso si caratterizzano per essere un processo non permanente, che non assicura l'"anonimato" del dato, mantenendo un rischio elevato di identificabilità della persona cui lo stesso si riferiva⁴⁶. Tra l'altro, appare infatti impossibile individuare un singolo soggetto destinatario degli obblighi imposti dal GDPR al titolare (e al responsabile) del trattamento, sia esso persona fisica o ente, dal momento che occorre prima correttamente ripartire le responsabilità tra tutti i soggetti coinvolti nella creazione dell'ecosistema digitale: l'ente pub-

⁴⁴ Ulteriori informazioni sulla *partnership* tra l'amministrazione della città di Los Angeles e Google sono reperibili all'indirizzo <https://nextcity.org/urbanist-news/traffic-app-waze-los-angeles-open-data-deal>.

⁴⁵ Cfr. C. COLAPIETRO, *Intelligenza artificiale e smart cities*, cit., p. XXVII, a parere del quale «il principio di *privacy by design* deve rappresentare, ancor di più nella costruzione delle fondamenta teoriche delle *smart cities*, il principio portante al quale improntare lo sviluppo, l'applicazione e la valorizzazione delle tecnologie di utilizzate, costruendo delle reti "a prova di *privacy*"».

⁴⁶ Lo mettono in evidenza, tra gli altri, C. PERLINGIERI, *Creazione e circolazione del bene prodotto dal trattamento algoritmico dei dati*, in P. PERLINGIERI, S. GIOVA, I. PRISCO (a cura di), *Il trattamento algoritmico dei dati tra etica, diritto ed economia*, Atti del 14° Convegno Nazionale SISDiC, 9-10-11 maggio 2019, Napoli, 2020, p. 183, nel rilevare la possibile sovrapposizione dei dati personali con quelli non personali, che «può agevolmente desumersi dalla trasformabilità anche di dati anonimizzati in dati personali con conseguente operatività della disciplina del trattamento dei dati personali»; N. MATTA, *Circolazione dei dati relativi alla persona*, cit., p. 16.

blico locale che amministra la città; il soggetto costruttore dell'edificio o degli impianti; il gestore-concessionario della strada intelligente; lo sviluppatore del *software* di elaborazione dei dati acquisiti o le aziende che forniscono i servizi di IT necessari per la trasmissione dei dati⁴⁷.

5. Un ulteriore e delicatissimo profilo di tensione tra le innovazioni delle *smart road* e *smart city* e la tutela dei dati personali riguarda l'ambito delle decisioni automatizzate.

Per ragioni di economicità, non è possibile, in questa sede, compendiare l'intenso, e ormai noto, dibattito sull'ambito di applicazione dell'art. 22 del GDPR⁴⁸. Ad ogni modo, è piuttosto ferma una certa parte della dottrina – che, peraltro, condivido –, secondo la quale lo strumentario rimediale a disposizione dell'interessato non può limitarsi a prevedere l'intervento umano nel processo di assunzione della decisione automatizzata⁴⁹.

D'altra parte, non può sfuggire che lo stesso legislatore europeo non ha mancato di accompagnare la previsione del supporto umano dalla dizione «almeno» (così, l'art. 22, par. 3, GDPR); segnalando, in tal modo, che comunque lo scopo finale da raggiungere è l'efficace tutela dei diritti fondamentali rilevanti nella singola fattispecie. Questi ultimi non possono dirsi garantiti da una mera sopraggiunta incursione dell'uomo nell'ambito di una procedura, giova ribadirlo, che si è già conclusa. Difatti, non è inutile sottolineare che le disposizioni dell'evocato

⁴⁷ Su tali profili, V. PAGNANELLI, *La "smart city" come ecosistema digitale*, cit., p. 188 ss.

⁴⁸ In argomento, v., senza pretesa di esaustività, E. PELLECCIA, *Profilazione e decisioni automatizzate al tempo della "Black Box Society": qualità dei dati e leggibilità dell'algoritmo nella cornice della "responsible research and innovation"*, in *Nuove leggi civ. comm.*, 2018, 5, p. 1209 ss.; con particolare riferimento alla profilazione, G. D'IPPOLITO, *Profilazione e pubblicità targettizzata online. Real-Time Bidding e behavioural advertising*, Napoli, 2021, p. 19 ss.; C. COLAPIETRO, *Circolazione dei dati, automatizzazione e regolazione*, in *Oss. fonti*, 2021, 2, p. 831 ss.; G. GOMETZ, *Intelligenza artificiale, profilazione e nuove forme di discriminazione*, in *Teoria e storia dir. priv.*, 2022, 15, p. 1 ss.; A. SPANGARO, *Il concetto di profilazione tra "direttiva madre" e GDPR*, in *Giur. it.*, 2022, 7, p. 1579 ss.; G. CARAPEZZA FIGLIA, *Decisioni algoritmiche tra diritto alla spiegazione e divieti di discriminare*, in *Pers. merc.*, 2023, 4, p. 638 ss.; A.G. GRASSO, *GDPR Feasibility and Algorithmic Non-Statutory Discrimination*, Napoli, 2023, p. 29 ss.; B. PARENZO, *Profilazione e discriminazione. Dal GDPR alla Proposta di Regolamento sull'IA*, in *Tecn. dir.*, 2023, p. 105 ss.; Id., *La profilazione algoritmica nel prisma dell'autonomia privata*, Napoli, 2024; C. ALVISI, *Profilazione automatizzata, discriminazione contrattuale e rimedi civilistici*, in *Ann. Sisdir*, 2024, p. 11 ss.

⁴⁹ V., in particolare, le considerazioni sviluppate da C. ALVISI, *o.c.*, p. 4 ss. Sui limiti del GDPR, G. CARAPEZZA FIGLIA, *o.c.*, p. 645, a parere del quale la disciplina europea «non tiene conto del mutato scenario dischiuso dalle applicazioni di intelligenza artificiale che, in contrasto con il principio di minimizzazione, si avvalgono di ingenti volumi di dati, di là da ogni limite qualitativo e quantitativo di congruità funzionale minima dell'attività di trattamento e, in contrasto con il principio di limitazione della finalità, non raccolgono i dati per finalità determinate preventivamente né li trattano esclusivamente in modo non incompatibile con esse».

art. 22 GDPR fanno riferimento a procedimenti che hanno ormai condotto all'assunzione di una decisione capace di produrre effetti giuridici sulla sfera giuridica del soggetto interessato⁵⁰. Diviene, allora, decisivo riflettere sulla stessa portata del coinvolgimento umano in parola nell'ambito dell'attività del sistema di IA⁵¹: anche una eventuale previsione di doverosità di intervento si scontra con le reali possibilità di incidere da parte dell'operatore umano. Quest'ultimo, difficilmente può essere in grado di rivedere una decisione automatizzata frutto di tecnologie (quali quelle di *deep learning* supervisionato) che si sono alimentate e addestrate da dati che, come già detto, l'uomo neppure conosce.

La complessità algoritmica rende nei fatti l'intervento umano, nella fase di una decisione già assunta, privo di significativa efficacia. Di talché, coglie nel segno la posizione di chi ha ritenuto affidabile un sistema di intelligenza artificiale soltanto se rende controllabili e trasparenti i processi utilizzati per la determinazione dei valori che deve raggiungere il sistema stesso e che i metodi utilizzati per individuare i valori in parola devono essere chiaramente identificati e documentati, nonché resi espliciti a tutti gli attori coinvolti. Andrebbe, cioè, ancora una volta, anticipato il c.d. diritto alla leggibilità e, dunque, l'intervento umano, alla fase della progettazione del sistema di IA.

Così peraltro, non sfugge, si muove l'*AI Act*, che, all'art. 13, par. 1, prevede che i sistemi ad alto rischio, quali, senza tema di smentita, quelli relativi ai trasporti intelligenti⁵², siano giustappunto progettati e sviluppati in modo tale da garantire che il loro funzionamento sia sufficientemente trasparente da consentire agli utenti di interpretare l'*output* del sistema e utilizzarlo adeguatamente.

⁵⁰ Sulla portata applicativa dell'art. 22 GDPR si è pronunciata, di recente, la Corte di giustizia dell'Unione europea, la quale ha chiarito che nella nozione di «decisione automatizzata» rientra anche il *credit scoring* elaborato da una società che fornisce informazioni commerciali (nel caso di specie, SCHUFA Holding AG), nei casi in cui l'impiego dello stesso da parte di una società terza abbia determinato in modo decisivo la stipula, l'esecuzione o la cessazione di un rapporto contrattuale: Corte giust., 7 dicembre 2023, c. 634/21, OQ c. Land Hessen, commentata da F. D'ORAZIO, *Il credit scoring e l'art. 22 del GDPR al vaglio della Corte di giustizia*, in *Nuova giur. civ. comm.*, 2024, 2, p. 410 ss.

⁵¹ V. DIGNUM, *Responsible Artificial Intelligence*, in *ACM SIGIR Forum*, 2022, p. 1 ss.

⁵² Giova, infatti, rilevare che tra i sistemi di IA classificati come «ad alto rischio» rientrano quelli impiegati nelle infrastrutture critiche e, segnatamente, nell'ambito del traffico stradale: così il par. 2, All. III, *AI Act*. Cfr. anche il Considerando 55 del Reg. cit., ove si evidenzia che «è opportuno classificare come ad alto rischio i sistemi di IA destinati a essere utilizzati come componenti di sicurezza ai fini della gestione e del funzionamento delle infrastrutture digitali critiche di cui all'allegato, punto 8, della Dir. (UE) 2022/2557, del traffico stradale nonché della fornitura di acqua, gas, riscaldamento ed elettricità, in quanto un loro guasto o malfunzionamento può mettere a rischio la vita e la salute di un grande numero di persone e provocare perturbazioni significative del normale svolgimento delle attività sociali ed economiche».

6. Qualche riflessione è necessaria anche in ordine alla qualità del dato, sia esso personale o no. Come più volte ricordato, i sistemi di IA oggetto della nostra attenzione usano quale carburante dati che si inseriscono nel meccanismo computazionale grazie alla loro etichettatura e annotazione⁵³ che sono, comunque, anche attività umane. Sulla *data quality*, nonostante la crescente considerazione ad essa riservata dalle istituzioni europee⁵⁴ e dai gruppi di esperti⁵⁵, è purtroppo limitato l'apporto della dottrina⁵⁶, avendola superficialmente ritenuta una mera attività di *data entry*.

Muovendo anche dagli studi civilistici sulla qualità di un bene giuridico e, dunque, anche dei dati⁵⁷, la qualità attiene alla «totalità delle caratteristiche di un prodotto o servizio che influiscono sulla sua capacità di soddisfare le esigenze dichiarate o implicite».

Ciò sembra trovare riscontro anche nel GDPR⁵⁸ e, in particolare, nel c.d. principio di esattezza sancito dall'art. 5 del Regolamento⁵⁹, che richiede che i

⁵³ Sulla complessità dell'attività di annotazione dei dati, v., da ultimo, J. BECK, *Quality Aspects of Annotated Data*, in *AStA Wirtschafts- und Sozialstatistisches Archiv*, 2023, p. 331 ss.

⁵⁴ A parere del Consiglio d'Europa, la qualità dei dati rappresenta un requisito fondamentale per uno sviluppo equo e proporzionato degli algoritmi e dell'IA: così, *European Council Conclusions*, 28 giugno 2018, *Comunicato stampa*, reperibile in www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2018/06/29/20180628-euco-conclusions-final/. V. anche l'*Opinion of the Committee on Civil Liberties, Justice and Home Affairs on a comprehensive European industrial policy on Artificial Intelligence and Robotics*, 11 dicembre 2018, in www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-8-2019-0019_EN.html#title4, nella quale si è manifestata la consapevolezza in ordine ai rischi insiti nell'utilizzo di dati non aggiornati, errati o di bassa qualità, il quale potrebbe condurre all'adozione di decisioni algoritmiche lesive dei diritti fondamentali.

⁵⁵ Secondo il Gruppo indipendente di esperti ad alto livello sull'Intelligenza artificiale istituito dalla Commissione europea nel giugno 2018, *Orientamenti etici per un'IA affidabile*, 8 aprile 2019, in www.ec.europa.eu/futurium/en/ai-alliance-consultation.1.html, § 73, difatti, «La qualità dei set di dati utilizzati è di fondamentale importanza per le prestazioni dei sistemi di IA. I dati che vengono raccolti, possono contenere distorsioni, imprecisioni, errori e sbagli socialmente costruiti, ed è un aspetto da affrontare prima di addestrare la macchina con un determinato set di dati. Si deve inoltre garantire l'integrità dei dati. Se si immettono dati malevoli, un sistema di IA può cambiare il suo comportamento, in particolare con i sistemi di autoapprendimento. I processi e i set di dati utilizzati devono essere testati e documentati in ogni fase (ad es. pianificazione, addestramento, prova e distribuzione). Ciò dovrebbe valere anche per i sistemi di IA che non sono sviluppati internamente ma acquisiti altrove».

⁵⁶ Cfr., comunque, C. COLAPIETRO, *Circolazione dei dati, automatizzazione e regolazione*, cit., pp. 831 ss., spec. 839 ss.; M.G. PELUSO, *Intelligenza Artificiale e dati di qualità: la tecnologia come valido alleato*, in *MediaLaws*, 2022, 2, pp. 322 ss., spec. 326 ss.

⁵⁷ Sui dati come beni in senso (economico e) giuridico in quanto punto di riferimento oggettivo di situazioni soggettive, F.G. VITERBO, *Protezione dei dati personali e autonomia negoziale*, Napoli, 2008, p. 153; più di recente, C. PERLINGIERI, *Diritto privato delle nuove tecnologie: contenuti e competenze*, in *Tecn. dir.*, 2021, 2, p. 75; E. GIORGINI, *Governance dei dati e Autorità amministrative indipendenti*, cit., p. 217 ss., al quale sia consentito rinviare, anche per ulteriori riferimenti; N. MATTA, *Circolazione dei dati relativi alla persona*, cit., p. 20 ss.

⁵⁸ Cfr. D. DIMITROVA, *The rise of personal data quality principle: is it legal and does it have an impact on the right to rectification?*, in *Eur. Journal of L. and Tech.*, 2021, 12(3), consultabile all'indirizzo www.ejlt.org/index.php/ejlt/article/view/768/1042.

⁵⁹ Come rileva C. COLAPIETRO, *Circolazione dei dati, automatizzazione e regolazione*, cit., p. 840 s.

dati trattati debbano essere esatti e aggiornati, nonché nel disposto dell'art. 3, comma 2, del recente d.d.l. n. 1146 del 20 maggio 2024, a tenore del quale «[l]o sviluppo di sistemi e di modelli di intelligenza artificiale avviene su dati e tramite processi di cui deve essere garantita e vigilata la correttezza, l'attendibilità, la sicurezza, la qualità, l'appropriatezza e la trasparenza, secondo il principio di proporzionalità in relazione ai settori nei quali sono utilizzati».

Sì che può dirsi che la qualità degli stessi attiene alla loro accuratezza, completezza e coerenza, nonché al loro essere aggiornati. Così, una volta intesa la qualità dei dati quale idoneità allo scopo, è evidente che annotazioni preparate per allenare un sistema di IA non è detto che siano adeguate ad addestrare altri sistemi di IA che hanno obiettivi completamente diversi. Tale inadeguatezza si rivela foriera di conseguenze negative pari, se non superiori, ai dati insufficienti e/o distorti.

In questo contesto si inserisce la disciplina contenuta nell'*AI Act*, la quale richiede la messa a punto di procedure di *governance* e di gestione dei dati per i sistemi di IA classificati come «a rischio elevato». In particolare, l'art. 10 del Reg. prevede che «I sistemi di IA ad alto rischio che utilizzano tecniche che prevedono l'uso di dati per l'addestramento di modelli di IA sono sviluppati sulla base di set di dati di addestramento, convalida e prova che soddisfano i criteri di qualità di cui ai paragrafi da 2 a 5 ogniqualvolta siano utilizzati tali set di dati»⁶⁰. Inoltre, viene in rilievo il successivo art. 15, Reg. cit., il quale, là ove prevede il requisito di accuratezza, allude alla capacità dei sistemi intelligenti di pervenire a risultati corretti e affidabili rispetto agli obiettivi programmati, implicando, dunque, anche la qualità dei dati utilizzati. Sotto questo profilo, appare apprezzabile la scelta del legislatore europeo di adottare un approccio preventivo (*ex ante*) al fine di assicurare la corretta qualità dei dati impiegati nello sviluppo dei sistemi di IA⁶¹ e, in definitiva, per evitare – o, quanto meno, contenere – even-

⁶⁰ Nei par. 2-5 dell'art. 10, *AI Act*, si precisa, poi, che i set di dati (di addestramento, convalida e prova) debbano essere soggetti a pratiche di *governance* adeguate alla finalità del sistema di IA; che tali set di dati debbano essere pertinenti, rappresentativi, sufficienti, corretti e completi, con proprietà statistiche appropriate (soprattutto per i gruppi umani interessati dal sistema), e che tali caratteristiche possono essere garantite da un singolo set così come da una combinazione di più set di dati; che i dati debbano riflettere, ove necessario, le specificità geografiche, comportamentali o funzionali del contesto d'uso del sistema di IA; infine, si prevede che il trattamento di dati riconducibili alle categorie particolari di informazioni personali sia consentito soltanto ai fini del rilevamento e della correzione di *bias*, e sempreché siano rispettate rigide condizioni di sicurezza, limitazione d'uso, riservatezza e cancellazione dei dati una volta raggiunta la finalità. V. anche il Considerando n. 67, Reg. cit.

⁶¹ Cfr. B. PARENZO, *La profilazione algoritmica*, cit., p. 230, il quale, nel valorizzare l'innovatività della previsione dell'art. 10 *AI Act*, mette in evidenza che essa «va a indicare dei puntuali principi direttivi tesi a vincolare la "qualità statistica" dei dati utilizzati per la creazione dei profili (o, secondo la terminologia impiegata, per l'"addestramento di modelli")».

tuali pregiudizi che possano derivare, in capo agli interessati, dall'impiego di dati di basso livello qualitativo⁶².

7. I temi sopra toccati – vale a dire, l'acquisizione ed elaborazione in modo pervasivo ed automatizzato di dati nelle strade e città intelligenti, nonché la *data quality* – si pongono anche in ordine ai dati non personali, come, per esempio, quelli relativi all'inquinamento dell'aria, l'inquinamento acustico e il livello di rumore, la temperatura, il traffico stradale, il consumo di energia elettrica, ecc.

Come è noto, infatti, nel diritto di matrice europea vi è una sensibile differenza tra i dati personali e non personali, laddove i primi sono regolati da una normativa con finalità di protezione, i secondi sono principalmente trattati come beni la cui circolazione, priva di pericoli particolari per la persona, deve essere agevolata allo scopo di promuoverne l'accesso e la disponibilità in favore delle imprese⁶³.

E tuttavia, anche l'impiego di dati non personali⁶⁴ può celare rischi per la tutela della persona. Se, infatti, si sposta il centro dell'attenzione dalla nozione di «dato»⁶⁵ verso i suoi possibili utilizzi, ci si avvede che anche da un dato apparentemente non personale – perché non riferibile neppure indirettamente ad un soggetto o perché anonimizzato successivamente – possono essere ricavate informazioni riferibili ad una cerchia più o meno precisa di persone fisiche⁶⁶, con evidenti rischi di sorveglianza e di profilazione dei cittadini. Per fare un

⁶² Al fine di conferire effettività a tali previsioni, che si sostanziano nell'introduzione di (ulteriori) obblighi in capo all'utilizzatore dell'IA e nell'attribuzione, agli Stati membri, del compito di predisporre un apparato sanzionatorio *ad hoc*, si prevede, altresì, che la violazione degli stessi comporti la possibilità di irrogare una sanzione amministrativa pecuniaria fino a 15.000.000 euro o, per le imprese, pari all'importo massimo del 3% del fatturato mondiale totale annuo dell'esercizio precedente, se superiore (cfr. artt. 16 e 99, par. 4, lett. a, *AI Act*).

⁶³ A tal fine, il legislatore europeo ha adottato, com'è noto, il Reg. UE n. 1807/2018, relativo a un quadro applicabile alla libera circolazione dei dati non personali nell'Unione europea, il quale «mira a garantire la libera circolazione dei dati diversi dai dati personali all'interno dell'Unione stabilendo disposizioni relative agli obblighi di localizzazione dei dati, alla messa a disposizione dei dati alle autorità competenti e alla portabilità dei dati per gli utenti professionali» (art. 1, Reg. cit.).

⁶⁴ Sui dati non personali, tra gli altri, A. VIGORITO, *I dati non personali: modelli di attribuzione e circolazione*, in *Riv. crit. dir. priv.*, 2020, 3, p. 369 ss.; M. GRANIERI, *Problema e sistema dei dati non personali nel diritto euro-unitario*, in *Ann. it. dir. aut.*, 2023, p. 197 ss.

⁶⁵ Inteso come «qualsiasi rappresentazione digitale di atti, fatti o informazioni e qualsiasi raccolta di atti, fatti o informazioni, anche sotto forma di registrazione sonora, visiva o audiovisiva», secondo la definizione che ne offre l'art. 2, *Data Governance Act*, poi ripresa anche dall'art. 2, *Data Act*. Sul punto, v. S. ORLANDO, *Data vs capta: intorno alla definizione di dati*, in *Nuovo dir. civ.*, 2023, p. 14 ss., spec. p. 26 ss.; N. MATTA, *Circolazione dei dati relativi alla persona*, cit., p. 11 ss.

⁶⁶ C. PERLINGIERI, *Creazione e circolazione del bene prodotto dal trattamento algoritmico dei dati*, cit., p. 183; N. MATTA, *o.c.*, p. 16.

esempio, si pensi che una città intelligente ha facilmente accesso ad una serie storica di dati, apparentemente innocui, relativi al clima di un'area: temperatura, tasso di umidità, piovosità, ecc. L'accesso a tali dati può essere combinato con un qualsiasi dato personale (quale ad es. la residenza o il luogo di lavoro di un soggetto), per consentire ad un'azienda di profilare i potenziali clienti e offrire o meno i loro servizi personalizzati allo scopo di massimizzare il proprio profitto.

Occorre, allora, tornare alla distinzione tra dato ed informazione, ben nota agli informatici⁶⁷, in maniera tale da evitare che la qualificazione come dato non personale possa consentire l'elusione dell'intera disciplina posta a protezione dei dati personali. Laddove dal dato non personale (o, meglio, dalla connessione di essi tramite le reti neurali) possano ricavarsi comunque informazioni riferibili a gruppi precisi di persone, la disciplina del GDPR andrà applicata.

Di recente, lo stesso Garante per la protezione dei dati personali⁶⁸ ha preso posizione sull'acquisizione ed elaborazione in modo massivo ed automatizzato di dati nelle città intelligenti e ha affermato che appare difficile adottare accorgimenti tali da garantire che la finalità perseguita sia unicamente quella lecita ed ammessa dalla legge. Secondo il Garante, neppure l'utilizzo di tecniche automatiche di anonimizzazione dei dati (nel caso di specie, l'oscuramento dei volti e la alterazione delle voci) può ritenersi sufficiente, dal momento che il contenuto delle conversazioni e la rappresentazione dei fatti catturati dalle videocamere può essere sempre idoneo a identificare o a rilevare informazioni sui soggetti coinvolti o su terzi. Ad avviso del Garante, l'anonimizzazione dei dati relativi alle tracce audio o la sfocatura dei volti nelle registrazioni video non costituiscono, di per sé, misure sufficienti ad escludere l'applicabilità della normativa protezionistica del GDPR, in quanto il contenuto di tali dati può comunque rivelare informazioni collegabili in maniera più o meno diretta a specifici soggetti.

Nella delineata prospettiva, il trattamento dei dati non personali acquisiti nei contesti urbani digitalizzati finisce con l'essere ancor più pericoloso. L'enorme dose di dati a disposizione degli apparecchi intelligenti consente, infatti, agli algoritmi di combinare ed incrociare dati personali e non personali, in modo tale da ricavare anche da questi ultimi informazioni rilevanti che arricchiscono e specificano quelle già ottenute dai dati personali. Il passo successivo nel mondo

⁶⁷ Nella manualistica, per tutti, D.P. CURTIN, K. FOLEY, K. SEN, C. MORIN, A. MARENGO, A. PAGANO, *Informatica di base*, Milano, 2021⁷, p. 7 s.

⁶⁸ Garante per la protezione dei dati personali, provv. 11 gennaio 2024, n. 5, in *garanteprivacy.it*, il quale ha ritenuto insufficiente e non rispettosa dei principi generali del trattamento dei dati l'attività del Comune di Trento volta all'installazione di tre sistemi di intelligenza artificiale per la raccolta di informazioni in luoghi pubblici, attraverso microfoni e telecamere di sorveglianza, al fine di individuare situazioni di rischio per la sicurezza pubblica.

distopico, ma alle porte, è ovviamente quello del *social scoring*⁶⁹, ossia una società in cui i cittadini ottengono punteggi di «affidabilità» sulla base dei loro comportamenti o dei dati che li riguardano⁷⁰. Il modello cinese rischia di essere un esempio inefficace, poiché esso si regge su un sistema giuridico che tollera compressioni di diritti della persona che vanno oltre la sola tutela dei dati personali, in quanto consente che il sistema di *social scoring* sia utilizzato a prescindere dalla volontà dell'individuo e soprattutto con funzione sanzionatoria dei cittadini che non ottengono i punteggi richiesti.

Pur senza scomodare tale estremo, tuttavia, anche in Europa e in Italia si sono viste esperienze di sistemi di credito sociale.

Ad esempio, il Comune di Roma ha introdotto una piattaforma chiamata «*Citizen Wallet*», pensata per incentivare i cittadini, secondo la logica della «spinta gentile»⁷¹, a contribuire al miglioramento della sostenibilità ambientale, sociale ed economica della Capitale. Il sistema premia questi cittadini virtuosi assegnando loro dei punti, che possono essere trasformati in beni o servizi eco-sostenibili messi a disposizione da Roma Capitale e dai suoi *partner*.

E proprio il Garante per la protezione dei dati personali, ancora una volta, si è occupato di tre vicende che esso stesso ha denominato di «Cittadinanza a punti»⁷². Una fra tutte coinvolge il Comune di Bologna, che al fine di effettuare analisi sulla mobilità urbana ha avviato l'iniziativa «IoPollicino», che incentiva i cittadini a scaricare un'app di tracciamento della posizione, ricevendo in cambio una valuta virtuale denominata «briciola digitale», utilizzabile per ricevere premi offerti dai *partner* privati del progetto⁷³.

I rischi di profilazione e di discriminazione evidentemente connessi a pratiche di questo tipo non sono stati ignorati dal legislatore europeo: tra le «prati-

⁶⁹ G. CERRINA FERONI, *Intelligenza artificiale e sistemi di scoring sociale. Tra distopia e realtà*, in *Dir. inf.*, 2023, 1, p. 1 ss.; A. VIGORITO, *Sul crinale tra "data altruism" e "social scoring": esperienze applicative della sequenza dati-algoritmi nel nuovo contesto regolatorio europeo*, in *MediaLaws*, 2023, p. 104 ss.

⁷⁰ Al riguardo, P. STANZIONE, *Intelligenza artificiale e smart cities*, cit., p. 228, osserva che «il flusso di dati utile al governo intelligente delle città può, [...] in assenza di limiti e di requisiti stringenti, alimentare una forma di sorveglianza ubiquitaria e costante, capillarmente diffusa sul territorio».

⁷¹ Nell'accezione coniata da R.H. THALER, C.R. SUNSTEIN, *Nudge. La spinta gentile*, tr. it., Milano, 2022, *passim*, il *nudge* è un intervento che modifica il contesto delle scelte (la c.d. *choice architecture*) sì da influenzare il comportamento delle persone nella scelta di comportamenti più desiderabili dal punto di vista individuale e collettivo, senza, al contempo, prevedere la contestuale imposizione di obblighi o divieti né modificare in modo significativo gli incentivi economici.

⁷² Garante per la protezione dei dati personali, comunicato stampa, 8 giugno 2022, «Cittadinanza a punti»: Garante privacy ha avviato tre istruttorie. Preoccupanti i meccanismi di scoring che premiano i cittadini «virtuosi», doc. web 9778361, in *garanteprivacy.it*.

⁷³ <https://www.comune.bologna.it/notizie/mobilita-sostenibile-bologna-progetto-pollicino>.

che di IA vietate»⁷⁴, l'*AI Act* menziona infatti quei sistemi finalizzati a valutare o classificare le persone fisiche sulla base del loro comportamento sociale o di caratteristiche personali, quando il punteggio raccolto viene utilizzato per creare differenze di trattamento, anche di natura semplicemente premiale e dall'assenza di conseguenze negative sui diritti della persona, ingiustificate o sproporzionate tra persone o gruppi di persone; e ciò, in quanto anche conseguenze esclusivamente favorevoli possono realizzare irragionevoli discriminazioni tra i cittadini virtuosi e coloro i quali non partecipano oppure non collezionano punti a sufficienza.

Si tratta di una precisazione rilevante e non scontata, ma non sufficiente. Per impedire effettivamente striscianti fenomeni di *social scoring* non è, infatti, dirimente la previsione del divieto, ma è necessario *in primis* agire, come si è già detto, sulla *data quality* e comprendere meglio dal punto di vista giuridico nuove tecnologie quali il *Transfer Learning*, che consente di non annotare i dati per i vari addestramenti, e lo *Zero Shot Learning*, che invece permette di apprendere da pochi dati. Simili tecniche anestetizzano il problema dell'effettività del consenso degli interessati⁷⁵, ma ne pongono altri quali, per l'appunto, il rischio di *social scoring*. Dal punto di vista rimediale, agli algoritmi in grado di creare fenomeni di *scoring* sociale andrà comunque applicato l'art. 22 del GDPR; senonché, si deve nuovamente sottolineare quanto già detto in ordine alla portata di tale divieto, che finisce, cioè, per essere notevolmente ridimensionata, se non addirittura essere lettera morta⁷⁶.

8. E tuttavia, di là dalle recenti innovazioni normative, continua a persistere l'esigenza di ripensare l'apparato rimediale che, per predicarne affidabilità, giu-

⁷⁴ Sul punto, cfr. S. ORLANDO, *Regole di immissione sul mercato e «pratiche di Intelligenza Artificiale» vietate nella proposta di Artificial Intelligence Act*, in *Pers. merc.*, 2022, 3, p. 346 ss.

⁷⁵ Sui limiti del consenso, P. PERLINGIERI, *Privacy digitale e protezione dei dati personali tra persona e mercato*, cit., p. 481; ID., *Sul trattamento algoritmico dei dati*, cit., p. 183; A.C. NAZZARO, *L'utilizzo dei Big data e i problemi di tutela della persona*, in *Rass. dir. civ.*, 2018, p. 1245 ss.; ID., *Macchine intelligenti*, cit., p. 88 ss.; A. VIVARELLI, *Il consenso al trattamento dei dati personali nell'era digitale. Sfide tecnologiche e soluzioni giuridiche*, Napoli, 2019, *passim* ma spec. p. 124 ss.

⁷⁶ Giova rammentare che l'art. 22 GDPR, dopo aver introdotto un generale divieto di adottare decisioni automatizzate, ne prevede tuttavia l'ammissibilità qualora esse siano necessarie «per la conclusione o l'esecuzione di un contratto tra l'interessato e un titolare del trattamento», oppure siano state «autorizzat[e] dal diritto dell'Unione o dello Stato membro cui è soggetto il titolare del trattamento, che precisa altresì misure adeguate a tutela dei diritti, delle libertà e dei legittimi interessi dell'interessato», oppure, infine, qualora «si basi[no] sul consenso esplicito dell'interessato». Si è, in proposito, evidenziato che «la portata di queste eccezioni è nei fatti amplissima, tanto che viene da chiedersi quando, in realtà, si possa applicare la regola»: testualmente, A. SIMONCINI, *L'algoritmo incostituzionale: intelligenza artificiale e il futuro delle libertà*, in *BioLaw J.*, 2019, p. 80.

stiziabilità e giustizia, deve rendere sistematica la convivenza della disciplina del GDPR e dell'*AI Act*⁷⁷, della normativa a tutela della concorrenza e di quella antidiscriminatoria⁷⁸, nonché dei rimedi civilistici, quali la rinegoziazione, la risoluzione, l'invalidità a seconda del singolo caso concreto⁷⁹. Né si può trascurare il ruolo che potrebbero svolgere le azioni collettive recentemente introdotte nel codice di rito (art. 840 *sexiesdecies*, comma 7, c.p.c.), che, riconoscendo la legittimazione ad agire a «chiunque» vi abbia interesse, consentono di reclamare la protezione di qualsiasi interesse a rilevanza collettiva o diffusa e meritevole di tutela.

La chiave di volta per distinguere gli algoritmi e i sistemi di IA ammessi da quelli vietati sembra perciò essere, ancora una volta, quella del principio di eguaglianza (declinato nella sua duplice accezione formale e sostanziale⁸⁰), dovendosi sottoporre volta per volta il singolo sistema «a punti» al vaglio del filtro di ragionevolezza⁸¹. Proprio il principio di ragionevolezza, allora, può consentire un bilanciamento in concreto⁸² tra lo sviluppo di ecosistemi intelligenti e l'equo accesso e distribuzione delle risorse e dei servizi tra la popolazione (*inclusione digitale*).

Difatti, la completa transizione verso la *smart city* rappresenta un sicuro fattore di amplificazione dei divari economici e sociali già presenti nelle società attuali, sotto più punti di vista. Il rischio è quello di accelerare il processo, già in corso, di separazione tra i centri e le periferie. Chiunque tra noi provi ad im-

⁷⁷ Di recente, v., in proposito, V. RICCIUTO, *AI Act, diritto dell'Unione e diritto nazionale*, in M. ANGELO, C. COLOMBO, I. MARTONE, C. PERLINGIERI, A. VALONGO (a cura di), *Intelligenza artificiale e piattaforme digitali*, cit., p. 89 ss.

⁷⁸ V., in particolare, G. CARAPEZZA FIGLIA, *Decisioni algoritmiche*, cit., p. 638 ss.

⁷⁹ P. PERLINGIERI, *Il «giusto rimedio» nel diritto civile*, in *Giusto proc. civ.*, 2011, p. 1 ss.; Id., *Il diritto civile nella legalità costituzionale secondo il sistema italo-europeo delle fonti*, V, *Tutela e giurisdizione*, Napoli, 2020⁴, p. 115 ss.; Id., *Diritto civile e Intelligenza Artificiale*, cit., p. 144, il quale pone in evidenza che, «[s]ul piano dei rimedi – senza aprioristicamente trincerarsi dietro l'assoluta inaccessibilità del procedimento algoritmico e delle sue inevitabili autonome evoluzioni – occorre spostare l'attenzione su quelli collettivi e senza trascurare, là dove possibili, gli strumenti di controllo individuali».

⁸⁰ Per l'unitarietà del principio di eguaglianza nelle sue accezioni formale e sostanziale, P. PERLINGIERI, P. FEMIA, *Nozioni introduttive e principi fondamentali del diritto civile*, Napoli, 2004², p. 76.

⁸¹ In argomento, sia concesso il rimando a E. GIORGINI, *Ragionevolezza e autonomia negoziale*, Napoli, 2010. Indaga in profondità il rapporto tra ragionevolezza e bilanciamento dei principi, anche in merito ai pronunciamenti della Corte di giustizia, G. PERLINGIERI, *Profili applicativi della ragionevolezza nel diritto civile*, Napoli, 2015, p. 102 ss.; nonché, con particolare riferimento alle decisioni della Corte costituzionale, Id., *Ragionevolezza e bilanciamento nell'interpretazione recente della Corte costituzionale*, in *Riv. dir. civ.*, 2018, p. 716 ss.

⁸² Sul punto, ci si permette di rinviare alle considerazioni svolte in E. GIORGINI, *Ragionevolezza e autonomia negoziale*, cit., p. 69 ss.; Id., *Ragionevolezza, proporzionalità e bilanciamento*, in G. PERLINGIERI, M. D'AMBROSIO (a cura di), *Fonti, metodo e interpretazione, Atti del Primo incontro di studi dell'Associazione dei Dottorati di Diritto Privato*, Napoli, 10-11 novembre 2016, Napoli, 2017, p. 81 ss.

maginare un modello di città digitale in Italia penserà ai centri come Milano, Roma, Torino o Napoli, e non alle campagne del Foggiano o ai comuni montani dell'Appennino centrale. Così come non desta alcuna sorpresa il fatto che la prima *smart road* attrezzata dall'ANAS, nell'ambito del progetto richiamato in premessa, sia la statale 51 di Alemagna che conduce a Cortina d'Ampezzo.

Il divario si fa più drammatico se, alle differenze territoriali, si aggiungono le difficoltà che derivano dal diverso accesso ai servizi digitali nelle diverse zone del paese (c.d. *digital divide*⁸³), dalla mancanza di competenze e bagaglio tecnologico di cui è inevitabilmente gravata una parte della popolazione, tra cui anziani e persone con un basso livello di istruzione. Paradigmatico, in tal senso, è il caso di un'app per *smartphone*, *Street Bump*, che, grazie all'accelerometro e alla localizzazione GPS, poteva essere utilizzata dall'Amministrazione comunale di Boston al fine di monitorare la presenza di buche nelle strade e, conseguentemente, di provvedere alle necessarie riparazioni in maniera più rapida ed efficiente⁸⁴. Ci si è, infatti, presto resi conto del fatto che tale sistema avrebbe comportato la necessità di privilegiare, tra le zone della città su cui intervenire con priorità, quelle percorse da parte di persone giovani e più facoltose, che con maggiore probabilità sono munite di uno *smartphone*, con conseguente riduzione, di contro, degli interventi volti a garantire la sicurezza stradale nelle periferie o nelle zone abitate dalle fasce sociali più povere.

Il problema non può che peggiorare, quando si pensa che, come accade per tutte le tecnologie emergenti, la fase di avvio è retta da costi di sviluppo e gestione assai elevati, tali per cui l'accesso ai servizi delle *smart city* è riservato solo a determinate fasce reddituali della popolazione. Si è parlato a questo proposito di «gentrificazione digitale»⁸⁵, per descrivere quel fenomeno che porta a concentrare le tecnologie e i servizi nelle aree urbane, spingendo quelle fasce di popolazione a più basso reddito a trasferirsi altrove, e contribuendo alla polarizzazione della società. Il tema richiede sicuramente approcci e soluzioni

⁸³ Pone in evidenza C. COLAPIETRO, *Intelligenza artificiale e smart cities*, cit., p. XXIX s., che «non possono essere pretermessi i rischi concernenti le disparità dovute alle differenti opportunità di accesso alla tecnologia e al *digital divide*, fenomeno che deve, viceversa, vincolare il potere pubblico a dare maggiore vigore al principio di uguaglianza sostanziale, intervenendo al fine di rimuovere gli ostacoli di accesso alla tecnologia, al fine di prevenire ed evitare le relative conseguenze connesse alla tutela dei dati da parte dell'interessato».

⁸⁴ Le condizioni di utilizzo del relativo servizio sono consultabili all'URL https://connectedbits.com/street_bump/.

⁸⁵ Per un'accurata indagine in ordine all'incidenza della diffusione della piattaforma *Airbnb*, in uno all'aumento esponenziale di alloggi a breve termine che ne è derivata, sull'abitare e sulla qualità della vita nelle città, v. S. GAINSFORTH, *Airbnb città merce. Storie di resistenza alla gentrificazione digitale*, Bologna, 2022.

non limitate all'analisi giuridica, ma spinte da prospettive multidisciplinari. Per quanto compete al giurista, è indubbio che i protagonisti principali nel ruolo di promuovere l'inclusione digitale siano lo Stato e le amministrazioni locali, nella fase di pianificazione del territorio e di regolazione delle attività dei privati. In tale prospettiva, si può sicuramente insistere sull'importanza dei principi di sussidiarietà e di democraticità dell'azione amministrativa, quali fattori chiave di collaborazione tra il soggetto pubblico e le comunità locali, al fine non solo di attuare il precetto di eguaglianza sostanziale di cui all'art. 3, comma 2, Cost., ma, e soprattutto, per ridimensionare il potere che le poche aziende IT competenti a costituire città e strade intelligenti acquisirebbero nella gestione delle risorse collettive.

9. Né sono trascurabili gli impatti ambientali e climatici derivanti dalla digitalizzazione di strade e città e, più in generale, dall'impiego delle II.AA.

A discapito delle affermazioni di principio, secondo cui la digitalizzazione costituirebbe un «fattore determinante per conseguire gli obiettivi del Green Deal»⁸⁶, v'è che l'elevata quantità di consumi energetici e di acqua che consente il funzionamento dei sistemi di IA, nonché degli oggetti dell'*Internet of Things* comunemente impiegati nell'ambito di strade e città intelligenti, pone seri interrogativi proprio dal punto di vista della loro sostenibilità ambientale⁸⁷.

Ad esempio, è stato stimato che l'addestramento di modelli di *chatbot* nei moderni *data center* statunitensi richieda circa 700mila litri di acqua dolce pulita⁸⁸. Ancora, e secondo un articolo del *Washington Post*, ChatGPT-4 consumerebbe circa mezzo litro d'acqua soltanto per scrivere una *e-mail* di 100 parole, sì che, se un decimo della forza lavoro italiana impiegasse il *chatbot* per scrivere una *e-mail* di questa lunghezza alla settimana, il consumo totale d'acqua sarebbe superiore a 62 milioni di litri all'anno⁸⁹. Inoltre, va pure considerato che la fabbricazione di sensori, microchip e altri dispositivi *IoT* implica l'uso di risorse naturali, metalli rari ed energia, senza peraltro tralasciare il ciclo di vita limitato di molti dispositivi intelligenti (c.d. obsolescenza programmata). Oltre a ciò, si aggiunga che i dati relativi al consumo energetico e all'impatto ambientale di

⁸⁶ Come afferma la già richiamata Commissione UE nella Comunicazione sul *Green Deal Europeo*.

⁸⁷ Lo fa notare, tra gli altri, A. REDÌ, *La disciplina delle piattaforme digitali nella twin transition*, in M. ANGELONE, C. COLOMBO, I. MARTONE, C. PERLINGIERI, A. VALONGO (a cura di), *Intelligenza artificiale e piattaforme digitali*, cit., p. 63.

⁸⁸ P. LI, J. YANG, M.A. ISLAM, S. REN, *Making AI Less "Thirsty": Uncovering and Addressing the Secret Water Footprint of AI Models*, in *Communications of the ACM*, 2023, reperibile all'URL <https://arxiv.org/abs/2304.03271>.

⁸⁹ <https://www.washingtonpost.com/climate-environment/2025/08/26/ai-climate-costs-efficiency/>.

tali sistemi tecnologici non sono accessibili ai privati, essendo nella disponibilità delle imprese IT che li utilizzano.

Pertanto, anche da sotto questo punto di vista la regolazione di derivazione europea pare insufficiente.

È evidente, allora, che non ci si può limitare a prevedere la valutazione *ex ante* dell'impatto dei sistemi di IA sui diritti fondamentali (tra cui possono senz'altro annoverarsi il diritto all'ambiente e al clima) e, peraltro, per i soli sistemi classificati come «ad alto rischio» come dispone l'*AI Act* che, oltretutto, la esclude espressamente per «i sistemi di IA destinati a essere utilizzati come componenti di sicurezza nella gestione e nel funzionamento delle infrastrutture digitali critiche, del traffico stradale o nella fornitura di acqua, gas, riscaldamento o elettricità» (così l'art. 27, comma 1, *AI Act*).

Serve, invece, adottare un approccio (non per “microsistemi”, ma) sistematico⁹⁰, volto a contemperare le istanze legate alla digitalizzazione e al perseguimento degli obiettivi di sostenibilità ambientale e la tutela della personalità⁹¹.

Si rivela, dunque, imprescindibile adottare un approccio olistico, affinché le città del futuro siano città in cui la tecnologia è uno strumento al servizio del progresso e del benessere della persona, e non una minaccia ai diritti fondamentali⁹².

⁹⁰ V., sul punto, le efficaci considerazioni di L. RUGGERI, *Ambiente e tecnologie: nuove sfide per la tutela della persona*, in *Riv. giur. amb. dir.*, 2023, 3, p. 5, secondo la quale «L'impatto delle transizioni ecologiche e digitali [...] in area giuridica favorisce il superamento culturale dell'era dei micro-sistemi rendendo indispensabile, assumere sia a livello di legislazione che di ermeneutica una prospettiva eco-sistemica. Le transizioni in atto mettono a nudo la velleità di approcci regolamentari mono-settoriali che tanto hanno caratterizzato l'implementazione della regolamentazione europea in Italia e rendono utile il superamento di prospettive “regionaliste” che hanno connotato e connotano in molti ambiti la disciplina euro-unitaria».

⁹¹ L. RUGGERI, *o.c.*, p. 2 ss.; ID., *Verso un diritto comune delle transizioni*, cit., p. 297 ss.; G. CARAPEZZA FIGLIA, *Doppia transizione ed European Green Deal*, cit., p. 339 ss., spec. 345, ove si rileva, efficacemente, che «[r]iconoscere l'interdipendenza delle due transizioni digitale ed ecologica, come traiettorie di cambiamento gemelle diretta alla costruzione di una nuova società europea climaticamente neutrale, rappresenta una scelta di politica del diritto dell'Unione europea idonea a evitare che la regolamentazione delle tecnologie digitali e della loro utilizzazione nei contesti economici sia affidata esclusivamente alle forze del mercato».

⁹² Secondo P. STANZIONE, *Intelligenza artificiale e smart cities*, cit., p. 231, le città intelligenti «saranno tali, se renderanno la tecnologia funzionale all'espansione dei diritti e delle libertà e non alla loro contrazione, per una malintesa idea di sicurezza o, peggio, per fini di profitto». Reputa «dirimente che lo sviluppo di una *smart city* sia saldamente ancorato al sistema di principi e di valori costituzionali nei quali la comunità si identifica», A. SIMONCINI, *IA e smart cities. Una cornice costituzionale*, cit., p. 14. In definitiva, appare ineludibile «costruire [...] una IA al servizio dell'intera umanità, rafforzando, non erodendo, l'autodeterminazione umana» secondo P. PERLINGIERI, *Diritto civile e Intelligenza Artificiale*, cit., p. 150.

Conclusioni

Pietro Perlingieri

Innanzitutto mi scuso perché non potrò fare riferimento alle relazioni che non ho potuto ascoltare, dato che il mio treno è arrivato con tre ore e mezzo di ritardo. Il tema dell'incontro concerne aspetti trasversali legati all'intelligenza artificiale e alla rivoluzione energetica. Si è operato il tentativo di individuare nuovi modelli e nuove categorie riconducibili a un concetto di sostenibilità, che risulta tuttavia difficilmente identificabile.

La sostenibilità non è una nozione che consente una definizione precisa. Forse è proprio la sua varietà il valore maggiore: sostenibilità economica, sostenibilità culturale, sostenibilità ambientale. Ciò implica necessariamente il suo legame ai valori e ai principi che caratterizzano il sistema ordinamentale, soprattutto quelli veramente identificativi. La sostenibilità è strettamente connessa ai valori di fondo che connotano la complessità del sistema ordinamentale.

Ed è questa complessità che rende difficile il procedimento per la sua individuazione.

Il sistema è aperto ai principi del diritto europeo, alle convenzioni internazionali direttamente applicabili, a una legalità costituzionale del tutto innovativa rispetto alla tradizione del civilista, legata soprattutto al codice civile e alle sue regole. Le fonti non sono più soltanto statali: esse si aprono all'esterno.

Sussiste oggi una valenza di principi di gerarchia diversa, appartenenti a ordini e fonti di gradazione differenti, e v'è, quindi, la necessità di individuare la soluzione di ogni problema tenendo conto di questa gerarchia che, peraltro, implica altresì una gerarchia di valori. La valenza di questi principi fortemente innovativi ha finito con l'incidere profondamente sui modelli e sulle categorie.

L'incisività di questo discorso riguarda non soltanto le fonti che caratterizzano il sistema ordinamentale, ma anche l'attività dei soggetti che sono i destinatari di questo sistema.

È esaltato il ruolo delle autonomie, dall'autonomia individuale a quella collettiva, che concorrono alla formazione della normativa, applicabile ai singoli problemi concreti. V'è, quindi, un ritorno all'autonomia. Anche nei contratti energetici si avverte la necessità che siano le parti, gli operatori, i soggetti attivi a regolamentare i loro rapporti. C'è, ad un tempo, un ritorno alla necessità di programmare. Tuttavia, sono i privati a programmare, a stabilire, a concordare, a contrattare e quindi a individuare nuove normative per i contratti, soprattutto nel settore energetico, quale settore primario. Di conseguenza nasce la necessità di un controllo di meritevolezza di queste attività. Un controllo che diventa, per molti versi, molto simile ad un controllo di legittimità costituzionale sulle fonti normative. Il controllo del regolamento negoziale è un controllo di meritevolezza che ha come criteri di valutazione principi e valori che sono gli stessi principi e valori utilizzati per realizzare il controllo di legittimità delle fonti normative. Questa verosimiglianza è molto importante e va adeguatamente tenuta presente.

Nel collegare questi discorsi alla sostenibilità, soprattutto in relazione al tema dell'attività energetica, è rinvenibile una serie di spunti che possono interessare. La discussione attiene al ruolo dell'intelligenza artificiale, al controllo della responsabilità del produttore di questa intelligenza artificiale e contemporaneamente alla responsabilità di chi la utilizza, alla necessità di rinvenire una armonizzazione tra questi aspetti problematici.

A tal fine occorre un cambiamento culturale e metodologico, nel tentativo di allargare e ampliare la stessa educazione civica del soggetto. Più che sanzionare, più che individuare forme di responsabilità, più che delimitare il momento patologico, occorrono tecniche, anche giuridiche, che inducano a evitare che certi eventi accadano. Occorre, dunque, intervenire prioritariamente in maniera preventiva. Ma ciò può avvenire soltanto se i soggetti che operano hanno un livello di educazione civica adeguato. Altrimenti si è costretti a risolvere questi problemi sempre ed esclusivamente con la sanzione economica o la sanzione personale, punitiva, senza mai eliminare le cause che producono l'effetto negativo. Ecco che il diritto all'istruzione e all'educazione diventa più che un diritto un dovere. E qui molta strada dobbiamo fare, specialmente nel nostro Paese, dove è stato dato molto spazio al diritto alla salute, ma viceversa è stato ridotto sempre più l'investimento nel campo della formazione e della scuola.

Questo è il punto essenziale. Io non ho mai visto che alcun governo abbia posto al primo punto del proprio programma politico la scuola e la formazione. Tutto ciò è preoccupante.

Quando sento parlare, specialmente qui a Bologna, di *lex mercatoria*, ricordo gli scontri con una carissima persona quale era Francesco Galgano, il quale sia pure soltanto per una fase della sua vita ha amato la *lex mercatoria*, anche se l'ha poi contestata in maniera decisa specie sotto il profilo strettamente politico. In realtà la *lex mercatoria* è pericolosa là dove fuoriesce dai parametri della legalità costituzionale.

Un tema ritorna spesso nelle relazioni: il superamento della dicotomia pubblico-privato; la necessità che ogni problema sia affrontato unitariamente dal punto di vista privatistico e pubblicistico. Il concetto di sostenibilità non può essere né pubblico né privato, ma è l'uno e l'altro insieme.

Lo sviluppo della società e lo sviluppo dell'economia devono servire allo sviluppo delle persone. Non sono le persone che servono al mercato; è il mercato che serve alle persone. Certo, la Comunità Economica Europea nasceva assecondando la logica della prevalenza del mercato. Sono state soprattutto le varie Corti Costituzionali, italiana e tedesca, che hanno fatto comprendere all'Unione Europea che i diritti dell'uomo, costituzionalmente garantiti, andavano rispettati, in quanto l'economia deve essere servente al pieno e libero sviluppo della persona umana. Oggi, con i progressi della tecnologia, il pericolo è quello dell'annientamento del profilo umanitario. Scaturisce allora la necessità di uno statuto per la tutela della persona.

Invero appare una presunzione eccessiva pensare ad uno statuto unico là dove le situazioni sono diverse e richiedono soluzioni adeguate alle situazioni concrete. Serve una lettura necessariamente plurale. Il dialogo tra le Corti, che c'è stato in questi anni, ne ha dimostrato la necessità. Ne consegue l'insufficienza del ricorso alla sfuggente categoria dei beni comuni, in quanto è la funzione specifica che quel bene assume in un determinato contesto che va valutata da parte del giudice. Su tutto deve prevalere l'interesse della persona, quale interesse esistenziale. Pertanto la funzione dei beni definiti comuni è una funzione servente, che va individuata di volta in volta, la quale richiede – non una normativa generalizzata e rigida, staticamente definitiva, ma – una normativa adeguata al contesto concreto. Ciò implica una serie di conseguenze sul piano della contrattazione, della definizione e del ruolo del contratto. V'è un ritorno al contratto, ma non alla libertà contrattuale, bensì a un'autonomia controllata, garantita da un controllo di meritevolezza.

La prassi qui gioca un ruolo importante. Non più un'esaltazione del monopolio, ma neppure l'esaltazione di una pluralità contrattuale indefinita. Sarebbe un grave errore lasciare alla prassi e quindi alla *lex mercatoria* il realizzarsi liberamente.

Occorre, invece, un bilanciamento tra esigenze diverse, tra interessi diversi, rispettando pur sempre la gerarchia dei valori che il sistema ordinamentale pone.

Il problema è gravissimo, in quanto l'Europa è ormai caratterizzata da ordinamenti nazionali e da un diritto euro-unitario ispirati a valori che non sono comuni al resto del mondo, neppure in quei Paesi cosiddetti occidentali, dove chi ha «è» e chi non ha «non è». Sono culture diverse che ispirano diritti diversi. A volte, tuttavia, il diritto si trova a dover combinare, in un certo senso fondere culture diverse; ma talvolta ciò non è possibile, vi è un fenomeno di rigetto. La conformazione del contratto, la sua sostenibilità, diventa difficile da individuare, perché i principi e i valori in base ai quali vengono definite e rese sostenibili alcune attività, in un contesto come quello europeo, non lo sono in altre parti del mondo.

Qui il contrasto è ovvio. Ciò comporta la non riproduzione, nel nostro sistema giuridico, di risultati che sono raggiungibili altrove. Il ruolo della cooperazione offre molti limiti, ma è comunque utile perché ci aiuta a comprendere la nostra identità culturale. Il diritto è infatti identità culturale; la legge è espressione della cultura e, quando non lo è, trova il suo rigetto. Il passare da uno Stato programmatore, che era stato prospettato anni fa, ad una fase nella quale la programmazione è opera delle multinazionali e delle grandi imprese, sfugge al controllo del legislatore e mina il processo democratico. Urge che il ruolo della contrattazione debba essere sempre più sottoposto a un controllo di meritevolezza, di conformità ai principi e ai valori fondamentali del sistema ordinamentale.

Questo vale sia per i contratti c.dd. tipici dove il problema è più semplice, perché il legislatore può intervenire, sia, soprattutto, per i contratti c.dd. atipici. Infatti, proprio nel settore energetico sembra che sia il contratto a regolare l'intero fenomeno. Senza controlli la questione diventa delicata. Ma chi controlla?

Le autorità indipendenti, a mio avviso, non rappresentano una garanzia convincente. Lo sostengo da sempre: innanzitutto sono troppe, hanno troppa autonomia e i loro atti giurisdizionali non sono sottoposti al controllo di legittimità costituzionale. Inoltre, l'autonomia delle autorità indipendenti è relativa: chi nomina i loro componenti? il Parlamento? Non è così. Alcuni sono nominati dai Presidenti delle due Camere; e sappiamo bene che in certi momenti storici entrambi appartengono allo stesso orientamento politico. Quindi, per quanto riguarda le autorità indipendenti, manca un vero controllo democratico.

I nostri Costituenti avevano posto tutto il potere di decidere nel Parlamento. Ma oggi cosa decide realmente il nostro Parlamento? È esautorato dalle competenze europee, limitato da convenzioni internazionali direttamente applicabili nel nostro Paese. La tripartizione dei poteri che ha caratterizzato il

sistema democratico – tra legislativo, decisionale ed esecutivo – è fortemente in crisi. E allora, se dovessimo ancora declamare questa pluralità di poteri in relazione a tutti i nostri settori, avrei sempre timore del potere economico, che finisce per diventare quello decisivo. Forse dobbiamo tornare realisticamente a credere che «è l'economia che comanda, non la politica», né tantomeno il diritto.

Gli Autori

CHIARA ALVISI, professoressa ordinaria di Diritto privato presso l'Università di Bologna.

MATTEO ALVISI, ricercatore confermato a tempo indeterminato in Economia politica presso l'Università di Bologna.

ALBERTO BORGHETTI professore ordinario di Sistemi elettrici per l'energia presso l'Università di Bologna.

MARIA LUISA DI SILVESTRE professoressa associata di Sistemi elettrici per l'energia presso l'Università di Palermo.

SALVATORE FAVUZZA, professore ordinario di Sistemi elettrici per l'energia presso l'Università di Palermo.

ANGELA MARIA FELICETTI, assegnista di ricerca in Diritto processuale civile presso l'Università di Bologna e collaboratrice dell'Istituto di Informatica Giuridica e Sistemi Giudiziari del CNR (IGSG-CNR).

ERIKA GIORGINI, professoressa ordinaria di Diritto privato presso l'Università Politecnica delle Marche.

MARIANO GIUSEPPE IPPOLITO, professore ordinario di Sistemi elettrici per l'energia presso l'Università di Palermo.

MARIA ENZA LA TORRE, consigliera emerita di Cassazione, già professoressa ordinaria di Diritto privato presso l'Università di Messina.

EMANUELA MAIO, ricercatore universitario in Diritto privato presso l'Università di Parma.

GIULIANO MATTACE, assegnista di ricerca di Diritto privato e professore a contratto presso l'Università di Bologna.

ANNA MONTESANO, professoressa associata di Diritto della navigazione e dei trasporti presso l'Università di Ferrara.

SALAR MORADI, assegnista di ricerca in Sistemi elettrici per l'energia presso l'Università di Palermo.

GIORGIO NANNI, responsabile Energia e Ambiente di Legacoop.

ANDREA NERVI, professore ordinario di Diritto privato presso l'Università di Sassari.

CARLO ALBERTO NUCCI, professore ordinario di Sistemi elettrici per l'energia presso l'Università di Bologna.

PIETRO PERLINGIERI, professore emerito di Diritto civile presso l'Università degli Studi del Sannio.

FRANCESCO QUARTA, professore associato di Diritto privato presso l'Università di Bologna.

UGO RUFFOLO, già ordinario di Diritto civile presso l'Università di Bologna.

LUCIA RUGGERI, professoressa ordinaria di Diritto civile, presso l'Università di Camerino.

ELEONORA RIVA SANSEVERINO, professoressa ordinaria di Sistemi elettrici per l'energia presso l'Università di Palermo.

GIUSEPPE SCIUMÉ, ricercatore in Sistemi elettrici per l'energia presso l'Università di Palermo.

FABIO TAMBONE, direttore ARERA, Autorità di Regolazione per l'Energia, Reti e Ambiente.

SARA ZUCCARINO, professore associato di Diritto privato presso l'Università degli Studi di Cassino e del Lazio Meridionale.

MIRIAM ZULLI, avvocato in Roma.

Finito di stampare nel mese di febbraio 2026
per i tipi di Bologna University Press

In Europa la transizione energetica verso le fonti rinnovabili si è manifestata più complessa di quanto atteso.

Gli obiettivi di decarbonizzazione dell'industria e della società sono stati perseguiti dall'Unione europea da un lato con azioni intese a sussidiare e promuovere l'incremento progressivo della produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili e dall'altro tramite divieti e altre misure di pianificazione intese a rivoluzionare interi settori di mercato ad elevato impiego di fonti fossili, fra i quali edilizia, trasporti, agricoltura.

Nel settore dei trasporti, nuovi modelli di consumo, di politiche pubbliche e di mercato sono stati direttamente e indirettamente imposti dall'Unione europea nel perseguimento degli obiettivi climatici fissati dall'Accordo di Parigi del 2015 allo scopo di azzerare le emissioni clima-alteranti. Se la decisione politica europea ha perseguito in tale settore meritevoli obiettivi di miglioramento della qualità dell'aria, di salvaguardia della salute delle persone e del pianeta, dall'altro non ha saputo tuttavia adeguatamente salvaguardare la competitività dell'industria automobilistica e dei trasporti né l'idoneità delle politiche pubbliche a soddisfare adeguatamente la domanda di mobilità delle persone, con conseguenze pregiudizievoli per la crescita economica e l'esercizio di libertà fondamentali.

Questo volume illustra le soluzioni prospettate dalle norme europee al fine di rendere sostenibili le politiche climatiche nel mercato elettrico e nel settore dei trasporti. Vengono in particolare analizzati i vantaggi e le criticità dello strumento delle cosiddette comunità energetiche e i nuovi tipi contrattuali affermatisi sul mercato al fine di rendere sostenibile l'elettrificazione della mobilità e per garantire alle imprese l'approvvigionamento sostenibile di energia elettrica. Vengono quindi censiti, anche secondo il paradigma della legalità costituzionale, i nuovi modelli e le nuove categorie della mobilità sostenibile introdotti dal mercato e dalle politiche climatiche europee.

CHIARA ALVISI è professoressa ordinaria di Diritto privato presso il Dipartimento di Scienze Politiche e Sociali dell'Università di Bologna. Ha conseguito il dottorato di ricerca all'Università di Bologna. È autrice di monografie, saggi e contributi ad opere collettanee in materia di diritto della comunicazione e dell'informazione; autodisciplina e codici di condotta; diritto delle nuove tecnologie; protezione dei dati; diritto dei contratti; diritto dei trasporti; diritto del turismo; diritto dello sport; diritto dei mercati finanziari. Già membro del Giurì di autodisciplina pubblicitaria, è attualmente presidente dell'Istituto di autodisciplina pubblicitaria.

FRANCESCO QUARTA è professore associato di Diritto privato presso il Dipartimento di Sociologia e Diritto dell'economia dell'Università di Bologna. Ha conseguito il dottorato di ricerca all'Università del Salento e un LL.M. presso l'Università della California Hastings College of the Law. È autore di monografie, saggi e contributi ad opere collettanee in materia di obbligazioni e contratti; diritto della responsabilità civile; diritto bancario e finanziario; diritto delle persone. In seno allo European Law Institute è membro dello *Special Interest Group* in diritto ambientale.

ISBN 979-12-5477-741-1

