UTILITATIS
FONDAZIONE

PAPER

La digitalizzazione delle utilities:

la chiave per efficientare la produzione, migliorare i processi e garantire la trasparenza dei servizi pubblici del futuro

In collaborazione con

AGICI
Finanza d'Impresa

EDIZIONE 2022

SOMMARIO

Glossario 3

Introduzione 5

Il punto di partenza: l'importanza della digitalizzazione per le utilities 5

Obiettivi e struttura del position paper 5

1 Il contesto per la digitalizzazione delle utilities 6

Le dinamiche di sviluppo della digitalizzazione nel mercato delle utilities 6

Le policy, la regolazione e la pianificazione a livello europeo e nazionale 11

La normativa e i programmi europei 11

La regolazione e i piani nazionali 15

2 La digitalizzazione delle utilities: un'opportunità di crescita e innovazione 20

La digitalizzazione degli *asset* fisici 20

Strumenti e approcci 20

Impatti positivi 36

Ostacoli 40

La digitalizzazione dei processi 43

Strumenti e approcci 43

Impatti positivi 50

Ostacoli 52

La digitalizzazione nel rapporto con i destinatari del servizio 54

Strumenti e approcci 54

Impatti positivi 59

Ostacoli 62

La resilienza delle organizzazioni digitali: la cybersecurity 64

3 Gestire la transizione verso una utility digitale 67

Una roadmap per la digitalizzazione delle utilities: le priorità strategiche 67

Proposte di policy per un contesto favorevole alla digitalizzazione delle utilities 69

Bibliografia 72

Glossario

AI	Artificial Intelligence
ANN	Artificial Neural Network
ARERA	Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente
ARMA	AutoRegressive Moving Average
BEMS	Building Energy Management System
BIM	Building Information Modeling
BNEF	BloombergNEF
CAD	Computer Aided Drafting
CAGR	Compound Annual Growth Rate
CAPEX	Capital Expenditure
CMMS	Computerized Maintenance Management System
CPP	Critical-Peak Pricing
DAMA	Data Management Association
DESI	Digital Economy and Society Index
DSO	Distribution System Operator
EEA	European Environment Agency
EPR	Extended Producer Responsibility
ETC/WMGE	European Topic Centre on Waste and Materials in a Green Economy
FIS	Fuzzy Inference System
FWA	Fixed Wireless Access
GDPR	General Data Protection Regulation
GME	Gestore dei Mercati Energetici
ICT	Information and Communication Technology
IoT	Internet of Things
IRCRES	Istituto di ricerca sulla crescita economica sostenibile
ISPRA	Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
KPI	Key Performance Indicators
LCOE	Levelized Cost Of Energy
MASE	Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica
MiTE	Ministero della Transizione Ecologica

MSD	Mercato dei Servizi di Dispacciamento
MTR-2	Metodo Tariffario Rifiuti 2
NLP	Natural Language Processing
NWP	Numerical Weather Prediction
O&M	Operations and Maintenance
OT	Operational Technology
PA	Pubblica Amministrazione
PAN	Puglia Active Network
PNRR	Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza
RAB	Regulatory Asset Base
RAEE	Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche
REcer	Registro nazionale delle autorizzazioni al recupero
RENTRI	Registro Elettronico Nazionale sulla Tracciabilità dei Rifiuti
RTP	Real-Time Pricing
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SDS	Smart Distribution System
SIGRIAN	Sistema Informativo Nazionale per la Gestione delle Risorse Idriche in Agricoltura
SII	Sistema Idrico Integrato
SNN	Simulated Neural Network
SVM	Support Vector Machine
SVR	Support Vector Regression
TOTEX	Total Expenditure
TOU	Time Of Use
TSO	Transmission System Operator
UVAM	Unità Virtuali Abilitate Miste

INTRODUZIONE

Il punto di partenza: l'importanza della digitalizzazione per le utilities

Il tema della digitalizzazione, con le sue articolate implicazioni in tutte le attività delle imprese e delle persone, non è certamente nuovo, e in molti settori da tempo si assiste alla diffusione delle tecnologie digitali e delle relative applicazioni. Nel mondo delle utilities è rilevante, ad esempio, il loro uso nelle pratiche di controllo a distanza delle reti (idriche, elettriche, del gas, ecc.), nella gestione operativa dell'O&M, nel monitoraggio a distanza degli impianti produttivi, nell'organizzazione del lavoro, nell'erogazione dei servizi, nella *cybersecurity*.

La consapevolezza della necessità di digitalizzare, così come le tecnologie di base che è possibile impiegare, sono ormai diffuse e note tra le utility, anche se non in modo omogeneo: certamente le più grandi si sono mosse più rapidamente ed efficacemente, mentre le minori, ad oggi, in alcuni casi, possono risultare ancora escluse dal processo.

Obiettivi e struttura del position paper

Il presente lavoro parte da questi spunti per indagare le modalità e gli strumenti possibili per sviluppare ulteriormente la digitalizzazione, in particolare per le utilities locali o per quei settori di attività del comparto che presentano gradi di digitalizzazione inferiori.

Nel primo capitolo viene presentato il contesto di policy e quello di mercato per la digitalizzazione delle utilities. Lato mercato, viene descritto lo stato dell'arte dello sviluppo digitale delle aziende del comparto e le sfide che per loro si presentano, anche attraverso un confronto del livello di digitalizzazione del tessuto produttivo nazionale con quello europeo. Sul fronte della policy, viene illustrato il quadro normativo, regolatorio e di policy nazionale ed europeo, evidenziando le principali indicazioni di indirizzo inerenti alla digitalizzazione del settore delle utilities. In questo contesto, si inseriscono gli approfondimenti del secondo capitolo sulle applicazioni della digitalizzazione in 3 ambiti: I) ***asset* fisici**, per una gestione sempre più automatizzata delle infrastrutture con sistemi avanzati di previsione della domanda, o con strategie di controllo remoto degli impianti e manutenzione predittiva *just in time*; II) **processi aziendali**, per integrare la grande mole di informazioni a disposizione dell'impresa digitale all'interno delle dinamiche di organizzazione aziendale, implementando meccanismi di gestione dei dati e innovando i sistemi di governance del personale; III) **rapporto con i destinatari** del servizio, per lo sviluppo di modelli di business innovativi che generino valore aggiunto per i clienti e migliorino la qualità del servizio. Per ciascuna di queste 3 tematiche, nel capitolo vengono descritti i principali strumenti e approcci (ad esempio: *digital twin* e IoT per gli *asset* fisici; *big data* e *workforce management* per i processi; *demand response* e *smart meter* per il rapporto con i destinatari del servizio), gli impatti positivi e i possibili ostacoli. Tale analisi viene dettagliata per ciascuna delle 3 principali macro-aree di attività delle utilities: energia, ambiente, idrico. Viene poi discusso il tema trasversale della *cybersecurity*, come elemento abilitante a supporto dell'implementazione della digitalizzazione. L'ultimo capitolo delinea una *roadmap* per l'implementazione degli approcci digitali a beneficio degli operatori, e illustra alcune proposte di policy per supportare lo sviluppo di tali esperienze.

1 IL CONTESTO PER LA DIGITALIZZAZIONE DELLE UTILITIES

Il presente capitolo fornisce un quadro delle principali dinamiche di mercato e del contesto normativo, regolatorio e di policy della digitalizzazione nel settore delle utilities. Da un lato, si descrive come le utilities si stanno muovendo nel campo delle tecnologie digitali e quali sono le sfide che devono affrontare per un reale sviluppo della digitalizzazione al loro interno. Dall'altro, si evidenziano i principali aspetti legislativi, nazionali ed europei, e quelli regolatori in tema di digitalizzazione.

Le dinamiche di sviluppo della digitalizzazione nel mercato delle utilities

Il settore delle utilities sta attraversando una fase di cambiamenti a ritmo elevato. Le sfide della transizione ecologica e di quella energetica, a cui si affianca la transizione digitale, sono state accelerate dalla crisi pandemica, che ha portato a una maggiore consapevolezza generale della necessità di cambiare i tradizionali modelli di creazione di valore. In questo scenario in continua evoluzione, le utilities prendono sempre più contezza del fatto che le attività e le strategie che da sempre sono critiche per una fornitura efficace di servizi ambientali, idrici ed energetici, devono oggi essere supportate dalle nuove tecnologie digitali e da nuove competenze della forza lavoro. Ecco che tecnologie come l'intelligenza artificiale, i *big data*, il *digital twin*, per citarne alcune, stanno integrando e trasformando le capacità finanziarie, ingegneristiche e organizzative tradizionali delle utilities.

Una visione a livello globale delle utilities rispetto al tema della digitalizzazione è fornita da uno studio di EY del 2021[1] con il quale sono stati intervistati i livelli apicali di 159 aziende del settore power e utility (energia, gas, idrico e operatori di generazione da rinnovabili) in varie aree del mondo. Rispetto alla *Twin Transition* che coinvolge decarbonizzazione e digitalizzazione, i manager affermano di essere maggiormente preparati a rispondere efficacemente alle sfide della prima (36%), piuttosto che a quelle della seconda (22%). Fra gli ostacoli maggiori spiccano il ritmo al quale l'organizzazione può affrontare la trasformazione digitale (52%) e i finanziamenti (40%). In merito alle tecnologie attualmente più adottate, nello studio risultano essere il *cloud computing* (87%), le piattaforme mobili o *app* (85%) e l'*advanced analytics* (75%). Rimangono indietro, seppur di poco, le tecnologie di intelligenza artificiale e *machine learning* (62%). Per massimizzare il potenziale degli strumenti digitali nel proprio business, la trasformazione delle organizzazioni deve poi essere supportata da conoscenze, competenze e capacità rilevanti delle risorse umane. In questo senso, un'ulteriore dinamica evidenziata nello studio di EY riguarda il ritmo dello sviluppo degli investimenti in digitalizzazione, non allineato a quello di sviluppo di competenze qualificate. Si rileva infatti un *gap* di competenze necessarie a realizzare il potenziale degli investimenti. Lo individua, ad esempio, il 38% delle utilities che utilizzano strumenti di realtà aumentata o virtuale e il 30% di coloro che utilizzano tecnologie di intelligenza artificiale. In questo senso, il 65% delle aziende di Europa, Medio Oriente e Africa afferma di avere un solido piano di *re-skilling* nei 3 anni successivi. Le maggiori lacune vengono individuate nell'ambito dell'intelligenza artificiale: per il 62% del campione non sono attualmente disponibili nel mercato del lavoro in modo

[1] EY (2021). *If tech powers the future, who powers the tech? Power and Utilities Digital Transformation and the Workforce Survey.*

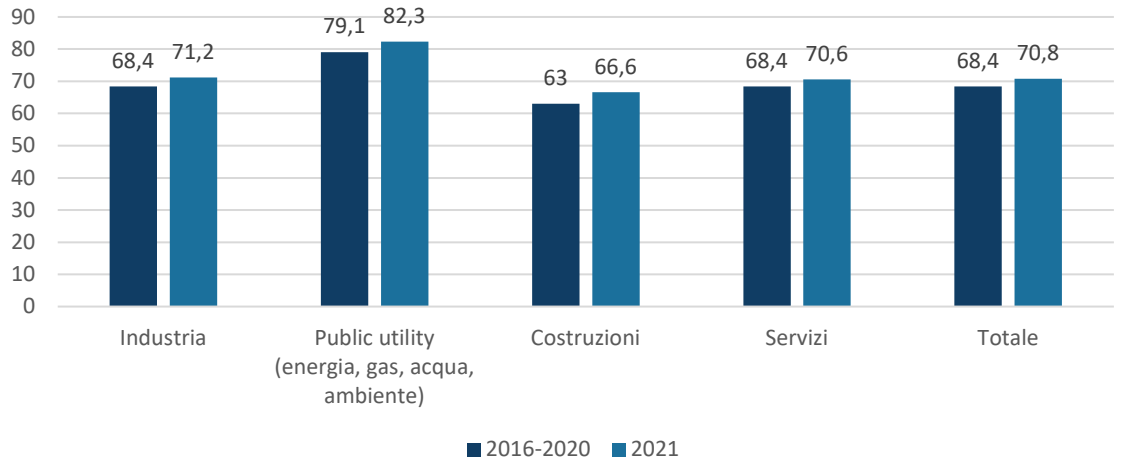
adeguato e per il 45% non lo saranno nei prossimi 3 anni. Seguono gli ambiti della realtà virtuale o aumentata e dell'automazione robotica dei processi.

Una fotografia dello stato dell'arte delle competenze digitali a livello nazionale è fornita da un'indagine del 2021 realizzata dal Sistema Informativo Excelsior di Unioncamere e ANPAL.[2]

La ricerca conferma anche a livello nazionale la spinta generale verso l'adozione di tecnologie digitali da parte del sistema produttivo per assicurare continuità operativa a fronte della crisi pandemica del 2020. In ragione del perdurare della pandemia, questa tendenza si è mantenuta anche durante il 2021.

Il 71% delle imprese ha affermato di aver investito in almeno uno degli aspetti della trasformazione digitale analizzati (tecnologie digitali, modello organizzativo aziendale, sviluppo di nuovi modelli di business), consolidando la tendenza che vedeva questa percentuale al 65% nel 2020 e al 68,4% nel periodo 2016-2020. Come emerge nella figura 1-1, il settore delle public utilities è quello che ha investito maggiormente in uno di questi tre aspetti della trasformazione digitale nel 2021, presentando anche la media migliore nel periodo 2016-2020.

FIGURA 1-1 | PERCENTUALE DI IMPRESE CHE HANNO INVESTITO IN TRASFORMAZIONE DIGITALE



Fonte: Unioncamere – ANPAL, Sistema Informativo Excelsior (2021)

La forte attenzione del settore delle utilities alla trasformazione digitale è confermata dai dati sull'adozione di strategie di investimento integrate, che tengono in considerazione l'adozione di tecnologie digitali con l'introduzione di modifiche al modello organizzativo e lo sviluppo di nuovi modelli di business. Nel 2021, infatti, il 57% delle public utilities ha affermato di aver adottato piani integrati (che combinano almeno due delle linee strategiche di sviluppo appena citate), a fronte di un dato medio totale del 42%. Tuttavia, rimane un 17,7% di utilities che afferma di non aver effettuato investimenti.

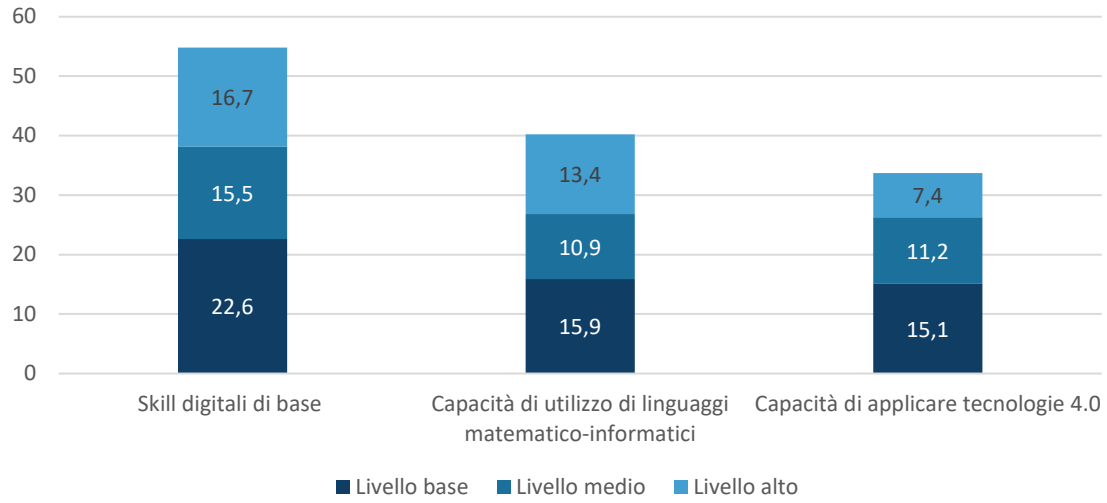
Al fine di tradurre tali investimenti in valore aggiunto, le utilities italiane devono al tempo stesso potenziare le competenze del capitale umano. In linea con i risultati degli altri settori, le utilities

[2] Unioncamere, ANPAL (2021). *Le competenze digitali. Analisi della domanda di competenze digitali nelle imprese.* https://excelsior.unioncamere.net/

puntano prevalentemente (40,4%) sulla formazione del personale esistente, attraverso *upskilling* e *reskilling*; in misura residuale vengono poi attivati servizi di consulenza (13,4%) e *recruiting* di nuovo personale con le adeguate competenze (7,5%). Rispetto a quest'ultimo punto, tuttavia, le utilities fanno più fatica (nel 58% dei casi) a reperire profili professionali adeguati rispetto alla media degli altri settori (che riportano difficoltà nel 51,9% dei casi).

Per quanto concerne l'importanza data dalle utilities alle competenze digitali – misurata come la quota di *job opening* che richiedono tali competenze rispetto al totale delle assunzioni programmate nel 2021 – in generale si rileva che queste incidono meno che in altri settori. Come si evince dalla figura 1-2, la familiarità con linguaggi matematico-informatici è ritenuta impattare sul 40,2% delle assunzioni. La capacità di applicare tecnologie 4.0, come IoT, robotica e *big data analytics,* per l'innovazione dei processi pesa invece sul 33,7% delle assunzioni totali, prevalentemente grazie a competenze di livello base. Infine, le *skill* digitali di base, da intendersi come capacità di utilizzare le tecnologie internet e produrre strumenti digitali di comunicazione visiva e multimediale, impattano sul 54,7%.

FIGURA 1-2 | IMPORTANZA DELLE COMPETENZE DIGITALI PER L'ATTIVITÀ ECONOMICA DELLE UTILITIES (QUOTA % SUL TOTALE DELLE ASSUNZIONI)



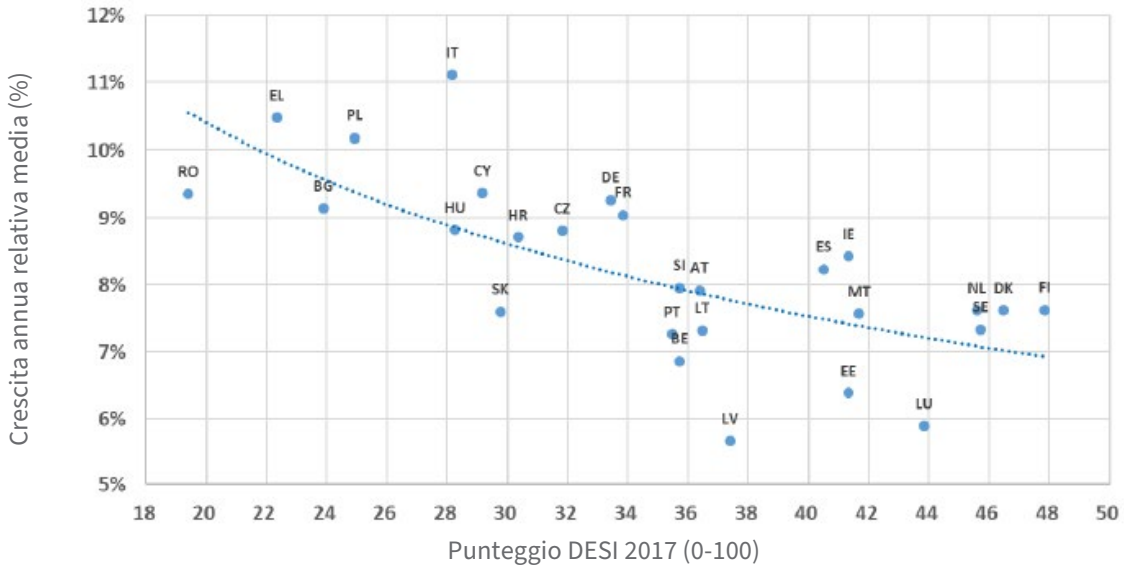
Fonte: Unioncamere – ANPAL, Sistema Informativo Excelsior (2021)

Per un confronto del livello di digitalizzazione del tessuto produttivo nazionale con quello europeo è possibile analizzare l'indice di digitalizzazione dell'economia e della società (DESI). L'indice, sviluppato dalla Commissione europea a partire dal 2014, presenta una classifica delle *performance* degli Stati membri nel settore digitale (senza riferimenti puntuali al settore delle utilities) e ne analizza il progresso negli ultimi 5 anni. In linea generale, nella rilevazione 2022 emerge che, parallelamente a una situazione invariata degli Stati capofila della classifica, molti altri Stati stanno convergendo verso risultati in linea con la media UE, con un ritmo di miglioramento serrato.

L'Italia, pur collocandosi 18esima sui 27 paesi in classifica, con un punteggio di 49,3 su 100 – leggermente inferiore alla media europea di 52,3 su 100 – presenta il ritmo di miglioramento delle *performance* negli ultimi 5 anni più incalzante di tutti i 27 paesi del campione: ciò risulta evidente dalla figura 1-3, dove viene rappresentato il risultato della prima rilevazione DESI (asse orizzontale), con

l'Italia fra gli ultimi paesi della fascia media, ma, al tempo stesso, al primo posto per percentuale media di miglioramento in ciascun anno del periodo 2017-2022 (asse verticale).

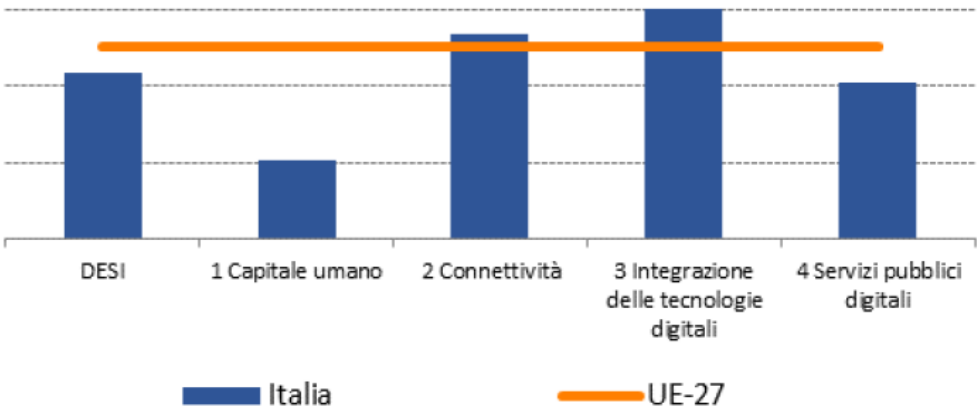
FIGURA 1-3 | CRESCITA MEDIA ANNUA DELL'INDICE DESI (PERIODO 2017-2022)



Fonte: Commissione europea, Indice Desi 2022

Inoltre, è interessante osservare nella figura 1-4 come la dimensione 3, che misura l'intensità digitale delle imprese italiane, sia quella che presenta le migliori *performance* (punteggio di 40,7%), superiori rispetto alla media europea (36,1%).

FIGURA 1-4 | PERFORMANCE ITALIANA PER CIASCUNA DIMENSIONE DELL'INDICE DESI 2022



Fonte: Commissione europea, Indice DESI 2022

Ciononostante, stando a un'analisi puntuale della diffusione di tecnologie specifiche, riportata nella tabella 1-1, emerge che i buoni risultati sono stati conseguiti rispetto a tecnologie discretamente

consolidate (fatturazione elettronica, servizi *cloud*), mentre l'adozione di tecnologie più di frontiera risulta ancora basso (ad esempio, uso di *big data*, intelligenza artificiale).

TABELLA 1-1 | PERFORMANCE DIMENSIONE INTEGRAZIONE DELLE TECNOLOGIE DIGITALI ITALIA ED EUROPA

	Italia			UE
	DESI 2020	DESI 2021	DESI 2022	DESI 2022
PMI con almeno un livello base di intensità digitale % delle PMI	N.D.	N.D.	60%	55%
Scambio di informazioni elettroniche % delle imprese	35%	35%	32%	38%
Social media % delle imprese	22%	22%	27%	29%
Big Data % delle imprese	7%	9%	9%	14%
Cloud % delle imprese	N.D.	N.D.	52%	34%
Intelligenza artificiale % delle imprese	N.D.	N.D.	6%	8%
TIC per la sostenibilità ambientale % delle imprese	N.D.	60%	60%	66%
Fatturazione elettronica % delle imprese	42%	95%	95%	32%
Attività di vendita online da parte delle PMI % delle PMI	10%	11%	13%	18%
Fatturato dell'e-commerce % del fatturato delle PMI	8%	9%	9%	12%
Vendite online transnazionali % delle PMI	6%	6%	7%	9%

Fonte: Commissione europea, Indice DESI 2022

Nel settore delle power utilities, le aziende europee spiccano a livello globale quali leader della digitalizzazione. Il *Power Utility Digital Innovation Score* 2021 di BloombergNEF (BNEF)[3] analizza i progressi delle maggiori utilities a livello globale rispetto a 5 dimensioni: management, risorse umane, investimenti, tecnologie e adozione. Le 4 aziende con il punteggio più elevato sono, in ordine decrescente: Enel (7,05/10), EDF (6,89/10), Iberdrola (6,74/10) Engie (6,38/10). Per quanto concerne le strategie di sviluppo digitale, un *trend* che accomuna 3 dei 4 leader europei, ossia Enel, Engie e Iberdrola, è la scelta di puntare sullo sviluppo *in-house* delle competenze digitali piuttosto che sulla loro

[3] BloombergNEF (https://about.bnef.com/blog/european-utlilities-lead-the-way-in-digital-innovation/).

esternalizzazione, ma lavorando in partnership con altre aziende, *startup* ed enti di ricerca per lo sviluppo congiunto delle specifiche tecnologie. Infatti, questi due indirizzi di sviluppo generano un *loop* di effetti benefici reciproci: più si potenziano le *unit* interne alle utilities dedicate alla trasformazione digitale, maggiore sarà l'abilità di collaborare con partner esterni a progetti di ricerca e sviluppo tecnologico, con *spillover* positivi per le *unit* interne che tenderanno a maturare maggiori competenze ed *expertise.* Infine, la digitalizzazione nel settore delle power utilities è principalmente declinata su due linee di *business development.* La prima è il potenziamento del *core business*, per massimizzare l'efficienza produttiva riducendo i costi o aumentando i ricavi. La seconda consiste nello sviluppo di nuove linee di prodotti e servizi da commercializzare esternamente, anche in settori non esclusivamente energetici (ad esempio *smart city* e *smart building*).

Le policy, la regolazione e la pianificazione a livello europeo e nazionale

Il paragrafo presenta le principali indicazioni normative e di policy a livello europeo e nazionale, inerenti alla digitalizzazione del settore delle utilities, utili per comprendere il contesto di riferimento.

La normativa e i programmi europei

L'Unione europea da tempo sta ponendo la digitalizzazione al centro delle sue politiche, attraverso la definizione di un pacchetto di strumenti che combina insieme la cooperazione normativa, il rafforzamento delle capacità e delle competenze, gli investimenti nella cooperazione internazionale e i partenariati di ricerca.

Con la strategia digitale del 2020,[4] l'UE ha voluto fornire un quadro generale della trasformazione digitale e dei relativi benefici per cittadini e imprese, contribuendo allo stesso tempo al raggiungimento dell'obiettivo di un'Europa neutra dal punto di vista climatico entro il 2050. Successivamente, con il *Digital Compass* 2030,[5] sono stati fissati obiettivi e tappe digitali specifici, da conseguire entro il 2030, che mettono in primo piano le competenze e l'istruzione digitali. Il *Digital Compass* 2030 è articolato intorno a 4 ambiti: competenze digitali, imprese, pubblica amministrazione e infrastrutture. In particolare, riguardo la trasformazione digitale delle imprese, si prevede che entro il 2030, 3 aziende su 4 dovranno utilizzare servizi di *cloud computing*, *big data* e intelligenza artificiale; più del 90% delle PMI dovranno raggiungere almeno il livello base di intensità digitale, e il numero di "unicorni" dell'UE dovranno raddoppiare.

Con la proposta di decisione del Parlamento europeo e del Consiglio viene istituito il programma strategico per il 2030 "Percorso per il decennio digitale",[6] il quale segue il Digital Compass 2030 e propone un meccanismo di governance e monitoraggio per conseguire gli obiettivi e i traguardi comuni per la trasformazione digitale dell'Europa che riguardano lo sviluppo delle competenze digitali; il miglioramento e la trasformazione delle infrastrutture digitali; la digitalizzazione delle imprese e dei

[4] COM(2020) 67 final - Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle Regioni. Plasmare il futuro digitale dell'Europa.

[5] COM(2021) 118 final - Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. 2030 Digital Compass: the European way for the Digital Decade

[6] COM(2021) 574 final - Proposta di Decisione del Parlamento europeo e del Consiglio che istituisce il programma strategico per il 2030. Percorso per il decennio digitale.

servizi pubblici. La Commissione riesaminerà gli obiettivi entro il 2026, per fare il punto in merito agli sviluppi tecnologici, economici e sociali.
A luglio del 2022 il Consiglio e il Parlamento europei hanno raggiunto un accordo provvisorio sul programma strategico per il decennio digitale che entrerà in vigore una volta approvato.
Per monitorare efficacemente i progressi compiuti, la Commissione, di concerto con gli Stati membri, svilupperà per ciascun obiettivo delle traiettorie a livello dell'UE; a loro volta, gli Stati membri proporranno tabelle di marcia strategiche nazionali e i traguardi comuni per la trasformazione digitale, comprese le misure normative e gli investimenti previsti. I progressi verranno misurati con indicatori chiave di prestazione (KPI) basati sull'indice di digitalizzazione dell'economia e della società (DESI) migliorato. I progressi saranno misurati e valutati a fronte delle traiettorie sviluppate nell'ambito di una relazione annuale sullo "stato del decennio digitale", che sarà presentata al Parlamento europeo e al Consiglio.
Inoltre, la nuova disciplina include una serie di norme volte a favorire progetti multinazionali su vasta scala, che combinano investimenti dell'UE, degli Stati membri e del settore privato. La Commissione ha individuato un elenco iniziale di progetti multinazionali, fra cui figurano settori di investimento quali le infrastrutture per i dati, la comunicazione 5G, il calcolo ad alte prestazioni, la comunicazione quantistica sicura, la *blockchain*, i poli dell'innovazione digitale e le competenze digitali.

Altro aspetto rilevante quando si parla di sviluppo di tecnologie digitali è la disponibilità di una quantità sempre maggiore di dati. Proprio per questo motivo, il Consiglio europeo intende creare un mercato unico dei dati, consentendo una maggiore condivisione e un maggiore riutilizzo degli stessi a livello intersettoriale e transfrontaliero. A tal proposito, la Commissione europea ha proposto una strategia europea in materia di dati[7] che faciliterà la trasformazione digitale per i prossimi 5 anni, allo scopo di costruire una vera "economia dei dati" europea competitiva, garantendo nel contempo i valori europei e un elevato livello di sicurezza dei dati, protezione dei dati e *privacy*. Una componente importante della strategia europea per i dati è l'atto sulla governance dei dati (*Data Governance Act*),[8] che mira a incoraggiare la condivisione dei dati nell'UE, in modo che le aziende abbiano più accesso ad essi e possano utilizzarli per sviluppare nuovi prodotti e servizi. L'atto sulla governance dei dati sosterrà la creazione e lo sviluppo di spazi di dati europei comuni in ambiti strategici, coinvolgendo attori sia privati che pubblici, in settori quali salute, ambiente, energia, agricoltura, mobilità, finanza, produzione, pubblica amministrazione. Il *Data Governance Act* è entrato in vigore il 23 giugno 2022; le nuove norme si applicheranno 15 mesi dopo l'entrata in vigore del regolamento.

Il Consiglio sta inoltre lavorando a un regolamento che riguarda norme armonizzate sull'accesso equo ai dati e sul loro utilizzo (normativa sui dati),[9] al fine di garantire un'equa ripartizione del valore dei dati tra gli operatori dell'economia dei dati e promuoverne l'accesso e il relativo utilizzo. La proposta contribuirà a conseguire, tra gli altri, l'obiettivo di garantire che le imprese dell'UE in tutti i settori siano in grado di innovare ed essere competitive.

---

[7] COM(2020) 66 final - Una strategia europea per i dati.
[8] Regolamento (UE) 2022/868 del Parlamento europeo e del Consiglio del 30 maggio 2022 relativo alla governance europea dei dati e che modifica il regolamento (UE) 2018/1724 (Regolamento sulla governance dei dati).
[9] COM(2022) 68 final - Proposta di Regolamento del Parlamento europeo e del Consiglio riguardante norme armonizzate sull'accesso equo ai dati e sul loro utilizzo (normativa sui dati).

Importante, in tale contesto, è la nuova strategia dell'UE per la *cybersecurity*,[10] presentata dalla Commissione europea e dal Consiglio a fine 2020, che riguarda la sicurezza dei servizi essenziali come ospedali, reti energetiche e ferrovie, e si concentra sulla creazione di capacità collettive per rispondere ai principali attacchi informatici e sulla collaborazione con partner in tutto il mondo per garantire la sicurezza e la stabilità internazionali nel *cyberspazio*.

Sul fronte dei finanziamenti, è di rilievo il *Digital Europe Programme*,[11] un nuovo programma di finanziamento dell'UE mirato a portare le tecnologie digitali a imprese, cittadini e pubbliche amministrazioni. Il programma è strutturato in 5 obiettivi specifici che rispecchiano settori fondamentali in cui sostenere progetti: calcolo ad alte prestazioni (*high performance computing*); intelligenza artificiale; *cybersecurity* e fiducia; competenze digitali avanzate; implementazione e impiego ottimale delle capacità digitali e interoperabilità. Con un *budget* complessivo previsto di circa 7,6 miliardi di euro, il programma mira a colmare il divario tra la ricerca sulle tecnologie digitali e la loro diffusione sul mercato, apportando benefici a cittadini e imprese europee, in particolare le PMI.

Inoltre, a febbraio 2022 è stato approvato dalla Commissione Europea l'*European Chips Act*, la legge europea sui semiconduttori che prevede lo stanziamento di 43 miliardi di euro per la creazione di una filiera europea di design e produzione dei chip, al fine di raddoppiare, entro il 2030, la produzione di semiconduttori. Tra gli obiettivi dello European Chips Act vi sono: il rafforzamento della leadership europea nella ricerca e nello sviluppo tecnologico verso chip più piccoli e più veloci; la costruzione di capacità di innovazione nel design, manifattura e packaging di chips avanzati: lo sviluppo di competenze e il reperimento di nuovi talenti.

Il pacchetto del "Chips Act" si compone di: i) un regolamento, il cosiddetto "Chips Act"[12] - interventi legislativi veri e propri - che, una volta discusso e approvato dal Parlamento europeo e dal Consiglio, diventerà direttamente applicabile in tutti i 27 Stati membri dell'UE; ii) una raccomandazione,[13] volta ad attuare alcune misure prima dell'entrata in vigore del predetto regolamento; iii) una comunicazione,[14] che illustra il contesto e le finalità dell'intervento.

Di recente pubblicazione da parte della Commissione europea è il piano d'azione per la digitalizzazione del settore elettrico[15] con l'obiettivo di accelerare la digitalizzazione del sistema energetico europeo e renderlo sostenibile, economico e sicuro, attraverso misure e interventi anche di carattere legislativo

---

[10] JOIN(2020) 18 final - Joint Communication to the European Parliament and the Council. The EU's Cybersecurity Strategy for the Digital Decade.

[11] Regolamento (UE) 2021/694 del Parlamento europeo e del Consiglio del 29 aprile 2021 che istituisce il programma Europa digitale e abroga la decisione (UE) 2015/2240.

[12] COM(2022) 46 final - Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council establishing a framework of measures for strengthening Europe's semiconductor ecosystem (Chips Act).

[13] Raccomandazione (UE) 2022/210 della Commissione dell'8 febbraio 2022 relativa a un pacchetto di strumenti comuni dell'Unione per affrontare la carenza di semiconduttori e a un meccanismo dell'UE per il monitoraggio dell'ecosistema dei semiconduttori.

[14] COM(2022) 45 final - Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, A Chips Act for Europe.

[15] COM(2022) 552 final - Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Digitalising the energy system - EU action plan.

con cui potenziare i servizi energetici digitali. Il piano, che si integra con le linee del *Green Deal* europeo e del piano *REPowerEU*, evidenzia in particolare come le nuove tecnologie possano contribuire a migliorare l'uso efficiente delle risorse energetiche, a facilitare l'integrazione delle energie rinnovabili nella rete e a far risparmiare i consumatori dell'UE e le società energetiche.
Il piano d'azione mira a:

- promuovere la connettività, l'interoperabilità e lo scambio continuo di dati energetici;
- incrementare e coordinare gli investimenti nella rete elettrica intelligente;
- fornire servizi migliori basati sulle innovazioni digitali per coinvolgere i consumatori nella transizione energetica;
- migliorare la sicurezza informatica del sistema energetico;
- garantire efficienza e circolarità delle tecnologie digitali e fare in modo che i loro crescenti fabbisogni energetici siano in linea con gli obiettivi del Green Deal.

Tra gli obiettivi del piano vi è, prima di tutto, fornire un sostegno ai consumatori sul controllo dei consumi energetici attraverso nuovi strumenti e servizi digitali, ad esempio gli *smart meter*, e garantire l'accessibilità ai servizi innovativi (tramite *app* o sistemi di gestione energetica), a partire da un "*solido quadro di governance per uno spazio comune europeo dei dati sull'energia*". In questo ambito, tra le azioni chiave vi sono il supporto alle autorità nazionali di regolamentazione per: definire e monitorare indicatori comuni per le *smart grid* e la promozione di un codice di condotta per le apparecchiature *energy-smart* per consentire l'interoperabilità e incentivare la loro partecipazione agli schemi di *demand response*; la creazione di un gemello digitale della rete elettrica europea al fine di promuovere investimenti in infrastrutture elettriche digitali e intelligenti. Inoltre, la Commissione supporterà le comunità energetiche attraverso l'identificazione e la selezione di strumenti digitali e lo sviluppo di una piattaforma di sperimentazione per testare e simulare le comunità energetiche in combinazione con attività innovative (ad esempio, commercio di energia basato sulla *blockchain*).

Un secondo aspetto presente nel piano è la ricerca di soluzioni in grado di controllare il consumo energetico del settore ICT che registra una crescita esponenziale, attraverso l'estensione del regolamento sulla progettazione ecocompatibile ai nuovi prodotti dell'ICT, introducendo un sistema di etichettatura energetica anche per i computer, i *data center* e la *blockchain*.

Il piano mira, infine, a rafforzare la *cybersecurity* delle reti energetiche attraverso un codice di rete per gli aspetti di sicurezza informatica dei flussi transfrontalieri di elettricità.[16] La Commissione potrebbe anche valutare di proporre l'adozione di atti delegati specifici sulla sicurezza informatica per le reti del gas e dell'idrogeno, al completamento delle relative proposte legislative.

La Commissione UE sottolinea che promuoverà l'adozione delle tecnologie digitali nel settore energetico attraverso i programmi *Europa digitale*, LIFE, i fondi di coesione e un programma faro per la digitalizzazione dell'energia nell'ambito di *Horizon Europe*.

[16] Ai sensi del regolamento sull'elettricità dell'UE e della raccomandazione del Consiglio per migliorare la resilienza delle infrastrutture critiche.

Riguardo al settore dei rifiuti, si mette in evidenza il *briefing*[17] dell'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA) diffuso a febbraio 2021 che punta l'attenzione sulle tecnologie digitali in grado di migliorare la circolarità e la sostenibilità della gestione dei rifiuti. Nel testo si rileva che alcuni aspetti della raccolta dei rifiuti, ad esempio, sono stati trasformati dai progressi della digitalizzazione, in particolare la logistica, che ormai può essere monitorata in tempo reale. La digitalizzazione inoltre facilita l'uso di materiali riciclati da parte dei produttori, consente migliori decisioni di acquisto e di smaltimento da parte dei consumatori e migliora le opzioni di approvvigionamento dei rifiuti per i riciclatori. Un'altra innovazione riguarda il processo di documentazione e fatturazione, con il passaggio dai sistemi cartacei a quelli digitali, che permette di aumentare l'efficienza dei processi e il flusso di informazioni (etichette di identità digitali per contenitori dei rifiuti, ordini, fatturazione e pagamenti on line, ecc.).

Il *briefing* si basa sul rapporto *Digital Waste Management* di settembre 2020 dell'European Topic Centre on Waste and Materials in a Green Economy (ETC/WMGE), un consorzio di organizzazioni europee che lavora in partnership con EEA. Tra di esse c'è anche l'Italia con l'Istituto di ricerca sulla crescita economica sostenibile del Cnr (IRCRES).

La regolazione e i piani nazionali

La regolazione è orientata da tempo verso la promozione di processi innovativi nel rispetto del principio della neutralità tecnologica per stimolare la dinamica competitiva e l'introduzione di innovazione tecnologica. Da un lato, infatti, ARERA promuove numerosi progetti pilota per agevolare lo sviluppo e la diffusione di attività innovative (ad esempio gli *smart meter*), dall'altro ha adottato, con modalità diverse nei settori ambientali ed energetici, approcci regolatori *output-based* per lo sviluppo delle infrastrutture che, premiando il miglioramento delle *performance* anche qualitative, favoriscono la diffusione di tecnologie innovative.

Riguardo all'installazione di *smart meter* per il settore elettrico, in attuazione dell'articolo 9, comma 3, del decreto legislativo 4 luglio 2014, n. 102, con il documento per la consultazione 416/2015/R/eel, l'Autorità ha illustrato i propri orientamenti in merito alla definizione delle specifiche funzionali dei cosiddetti contatori elettronici di energia elettrica in bassa tensione di seconda generazione (*smart metering* 2G). A questo documento sono seguite disposizioni generali per le imprese distributrici fino a 100.000 punti di prelievo (delibera 106/2021/R/eel) e disposizioni generali e il riconoscimento dei costi dei sistemi di *smart metering* di seconda generazione per le imprese distributrici che servono oltre 100.000 punti di prelievo (delibere 306/2019/R/eel; 646/2016/R/eel). Infine, si segnalano le delibere di approvazione dei Piani di Messa in Servizio del sistema di *smart metering* 2G (PMS2) e la richiesta di ammissione al riconoscimento degli investimenti in regime specifico (RARI) delle principali imprese distributrici.

La sostituzione dei contatori gas tradizionali con gli *smart meter* è stata avviata per iniziativa dell'Autorità partendo dai contatori di maggiore portata (classe G40 e superiore), ed è stata progressivamente estesa ai contatori di calibro dapprima intermedio e dal 2013 ai contatori gas di minore portata per usi domestici (classe G4-G6). L'Autorità ha introdotto obblighi di messa in servizio

[17] European Environment Agency (2021). *Digital technologies will deliver more efficient waste management in Europe*.

degli *smart meter* del gas e nel corso degli ultimi anni ha aggiornato tali obblighi per tenere conto delle evoluzioni normative e tecnologiche, del contesto regolatorio legato alle gare per le nuove concessioni dell'attività di distribuzione gas, nonché delle difficoltà implementative evidenziate dagli operatori legate alla natura innovativa del processo di sostituzione massiva dei contatori tradizionali. Con le delibere 669/2018/R/gas e 501/2020/R/gas, l'Autorità ha aggiornato le scadenze previste dalle direttive per la messa in servizio di gruppi di misura del gas caratterizzati dai requisiti funzionali minimi, cosiddette "Direttive smart meter gas", relative agli obblighi di messa in servizio degli *smart meter gas* di classe G4-G6 per le imprese distributrici con più di 50.000 clienti finali.[18]

Riguardo al settore idrico, l'Autorità, allo scopo di valutare l'utilizzo di sistemi di *smart metering,* ha promosso alcuni progetti di sperimentazione multiservizio. In tutti i progetti selezionati sono presenti i settori gas e idrico, oltre ad altri servizi di pubblica utilità diversi da progetto a progetto (delibera 393/2013/R/gas; documento per la consultazione 42/2016/R/idr; delibera 536/2013/E/idr; delibera 334/2014/R/gas e 559/2014/R/gas; determinazione 31 marzo 2015 DIUC n. 5/2015). Inoltre, con la delibera 83/2021/R/idr è stato avviato un aggiornamento della regolazione della misura del servizio idrico integrato di cui alla delibera 218/2016/R/idr, vista la diffusa adozione di piani pluriennali di sostituzione massiva dei contatori obsoleti che prevedono, talvolta, un impiego di contatori dotati di dispositivi di *water smart metering*, e un incremento della quota di utenti finali con misuratori smart.

ARERA, inoltre, come anticipato, ha indagato sulla possibilità di introdurre logiche selettive di tipo *output-based* allo scopo di promuovere particolari tipologie di investimenti e creare maggior valore per gli utenti del servizio. Ad esempio, il documento per la consultazione 255/2015/R/eel prevede orientamenti iniziali dell'Autorità in merito a possibili meccanismi di regolazione incentivante rivolti alle imprese di distribuzione dell'energia elettrica per la trasformazione delle reti di distribuzione in *Smart Distribution System* (SDS). Nel Testo integrato della regolazione *output-based* dei servizi di distribuzione e misura dell'energia elettrica, per il periodo di regolazione 2016-2023 e nel relativo Allegato A aggiornato al 2022 in cui all'art. 132, si riportano incentivi *output-based* per le funzionalità innovative.

Come delineato nel *Quadro strategico* 2022-2025,[19] l'Autorità ha intenzione di sfruttare tutte le opportunità offerte dalla digitalizzazione per migliorare i servizi ai consumatori. In particolare, per il servizio idrico, si prevede l'introduzione di misure di accompagnamento alla progressiva digitalizzazione attesa in attuazione degli interventi previsti dal PNRR, volti a trasformare le reti idriche "*in una 'rete intelligente', per favorire una gestione ottimale delle risorse idriche*, *ridurre gli sprechi e limitare le inefficienze*", anche apportando i necessari aggiornamenti alla regolazione della misura.

All'interno del *Metodo tariffario rifiuti* (MTR-2),[20] è possibile riscontrare una richiesta di ricorso al digitale. All'art. 6, infatti, si dice che "*in sede di individuazione degli impianti di chiusura del ciclo 'minimi' sono*

[18] Scadenze relative alla messa in servizio di *smart meter* gas almeno nell'85% dei punti di riconsegna (classe G4-G6) esistenti: il 31 dicembre 2021 per le imprese con più di 200.000 clienti finali; il 31 dicembre 2022 per le imprese distributrici con numero di clienti finali compreso tra 100.000 e 200.000; il 31 dicembre 2023 per le imprese distributrici con numero di clienti finali compreso tra 50.000 e 100.000.

[19] Deliberazione 13 gennaio 2022 2/2022/A *Quadro strategico 2022-2025 dell'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente,* Allegato A.

[20] Deliberazione 3 agosto 2021 363/2021/r/rif *Approvazione del Metodo Tariffario Rifiuti* (MTR-2) per il secondo periodo regolatorio 2022-2025.

esplicitati, anche ai fini di una progressiva sistematizzazione digitale delle informazioni nell'ambito di una adeguata piattaforma: a) i flussi che si prevede vengano trattati per impianto (…) b) la distinzione dei medesimi secondo il criterio di prossimità che si ritiene utile specificare; c) l'elenco dei soggetti che si prevede conferiscano ai medesimi impianti".

Sempre in materia di rifiuti e tecnologie digitali, si evidenzia il RENTRI (Registro Elettronico Nazionale sulla Tracciabilità dei Rifiuti), introdotto con il decreto legislativo 3 settembre 2020, n. 116 di recepimento del pacchetto sull'economia circolare, che rappresenta un nuovo modello di gestione digitale per assolvere gli adempimenti delle scritture ambientali obbligatorie per i produttori di rifiuti e di tutti i soggetti della filiera di gestione. La sperimentazione del nuovo sistema per la tracciabilità dei rifiuti ha preso il via nel 2021, ma registra un forte ritardo. I decreti ministeriali attuativi del MiTE/MASE, con il regolamento RENTRI e i nuovi modelli (registri di carico e scarico e formulari d'identificazione dei rifiuti - FIR) sono previsti per la pubblicazione in Gazzetta Ufficiale tra novembre e dicembre 2022, con entrata in vigore a inizio del 2023; da quel momento, dovranno passare altri 12 mesi prima dell'avvio delle iscrizioni al registro.

Il RENTRI è suddiviso in 2 sezioni (anagrafica degli iscritti, che raccoglie anche le autorizzazioni ambientali, e tracciabilità, che raccoglie i dati annotati nei registri e nei formulari) e nasce allo scopo di: I) ottimizzare e ridurre al minimo le attività manuali, automatizzando l'invio delle informazioni; II) consentire a tutti gli operatori (produttori, trasportatori, gestori dei rifiuti) di trasmettere i dati; III) rendere i dati omogenei e fruibili, riducendo gli oneri amministrativi e burocratici a carico delle imprese in un'ottica di semplificazione e proporzionalità; IV) migliorare le strategie di economia circolare e di individuazione dei fabbisogni relativi agli impianti.

Il tema della tracciabilità è anche parte essenziale del PNRR che individua all'interno della strategia nazionale per l'economia circolare "*il nuovo sistema di tracciabilità che consentirà anche di supportare gli organi di controllo e le forze dell'ordine nella prevenzione e repressione*".

Anche il Catasto dei rifiuti,[21] organizzato in una Sezione nazionale, presso l'ISPRA, e in Sezioni regionali, presso le Agenzie regionali e delle Province autonome per la protezione dell'ambiente, si è avviato, seppur in modo ancora embrionale, verso la digitalizzazione. L'ISPRA, infatti, ha organizzato la Sezione Nazionale per via informatica, attraverso la costituzione del Catasto telematico, che intende fornire un quadro conoscitivo completo, costantemente aggiornato e facilmente accessibile in materia di rifiuti.

Si segnala, inoltre, che da settembre 2021 è operativo il REcer, il registro nazionale per la raccolta delle autorizzazioni rilasciate e degli esiti delle procedure semplificate concluse per lo svolgimento di operazioni di recupero (End of Waste caso per caso). Il registro, istituito con la legge 128/2019 e disciplinato dal DM 21 aprile 2020, si interfaccia sia con il Catasto Rifiuti che con il RENTRI. Il REcer, la cui finalità è di garantire i principi di trasparenza e pubblicità,[22] è costituito da due sezioni: una dedicata alle autorizzazioni ordinarie e l'altra destinata a raccogliere gli esiti delle procedure semplificate, che

[21] Il Catasto è stato istituito dall'articolo 3 del decreto-legge 9 settembre 1988, n. 397, convertito, con modificazioni, dalla legge 9 novembre 1988, n. 475. La sua articolazione e le sue funzioni sono individuate dall'articolo 189 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.

[22] Come richiesto dall'articolo 14-bis del decreto-legge 3 settembre 2019, n. 101, convertito, con modificazioni, dalla legge 2 novembre 2019, n. 128.

saranno implementate direttamente dalle autorità competenti. Il Ministero della Transizione ecologica ha inserito il REcer all'interno della piattaforma telematica MonitorPiani presso l'Albo nazionale gestori ambientali, già operativa e finalizzata al monitoraggio dei piani regionali.

Indicazioni riguardanti la digitalizzazione dei settori delle utilities si riscontrano anche all'interno degli investimenti e delle riforme previste dal PNRR.

Ad un livello generale, troviamo l'Investimento 1.5 *Cybersecurity* della M1C1 *Digitalizzazione, innovazione e sicurezza nella PA*. L'obiettivo dell'investimento, del valore di 623 milioni di euro, è rafforzare l'ecosistema digitale nazionale potenziando i servizi di monitoraggio e gestione della minaccia *cyber*. Tra le azioni previste compaiono il rafforzamento dei presidi di *front-line* per la gestione degli *alert* e degli eventi a rischio intercettatati verso la PA e le imprese di interesse nazionale, e la costruzione delle capacità tecniche di valutazione e *audit* continuo della sicurezza degli apparati elettronici e delle applicazioni utilizzate per l'erogazione di servizi critici da parte di soggetti che esercitano una funzione essenziale.

Riguardo al settore dei rifiuti, all'interno dell'Investimento 1.2 Progetti "faro" di economia circolare della M2C1.1 verrà sviluppato un sistema di monitoraggio su tutto il territorio nazionale che consentirà di prevenire/reprimere gli scarichi illegali attraverso l'impiego di satelliti, droni e tecnologie di intelligenza artificiale.

L'Investimento 2.1 Rafforzamento smart grid, della M2C2 *Energia rinnovabile, idrogeno, rete e mobilità sostenibile*, prevede la crescita del grado di affidabilità, sicurezza e flessibilità del sistema energetico nazionale attraverso l'aumento della quantità di energia prodotta da FER immessa nella rete di distribuzione e la promozione di una maggiore elettrificazione dei consumi. Nello specifico, verranno utilizzate soluzioni di *smart grid* in un centinaio di sottostazioni migliorando l'efficienza della rete e aumentando la quota di energia da fonti rinnovabili; e verranno aumentate la capacità e la potenza a disposizione delle utenze di circa 1.500.000 abitanti, così da favorire una maggiore diffusione della mobilità elettrica, il passaggio a riscaldamento e raffrescamento con pompe di calore e, in generale, un utilizzo più diffuso dell'energia elettrica.

Il PNRR prevede anche la realizzazione di un sistema avanzato e integrato di monitoraggio e previsione che consenta di individuare e prevedere i rischi sul territorio come conseguenza dei cambiamenti climatici e della inadeguata pianificazione territoriale (Investimento 1.1 dell'M2C4.1). Ciò attraverso: I) sistemi di osservazione satellitare, droni, sensoristica da remoto e integrazione di sistemi informativi esistenti; II) reti di telecomunicazione a funzionamento continuo con i più avanzati requisiti di sicurezza a garanzia della protezione delle informazioni; III) sale di controllo centrali e regionali, che consentiranno agli operatori di accedere alle informazioni raccolte dal campo; IV) sistemi e servizi di *cyber security,* per la protezione da attacchi informatici.

Anche per il settore idrico il PNRR prevede l'uso dei sistemi digitali per migliorare l'efficienza del servizio. Da un lato, infatti, come già accennato, con l'Investimento 4.2 *Riduzione delle perdite nelle reti di distribuzione dell'acqua, compresa la digitalizzazione e il monitoraggio delle reti* della componente M2C4.4, si richiede di trasformare la rete idrica in "rete intelligente", attraverso l'introduzione di sistemi di controllo avanzati e digitalizzati, che consentiranno anche il monitoraggio di portate, pressioni di

esercizio e parametri di qualità dell'acqua non solo dei nodi principali, ma anche dei punti sensibili della rete.

Dall'altro, con l'Investimento 4.3 dell'M2C24.4 si richiede di investire nella resilienza dell'agrosistema irriguo per una migliore gestione delle risorse idriche anche attraverso l'installazione di contatori e sistemi di controllo a distanza, sia sulle reti collettive sia per gli usi privati, per la misurazione e il monitoraggio dei consumi. Ciò al fine di dotare il 12% delle aree agricole con sistemi irrigui più efficienti (attualmente all'8%).

Infine, si segnala che con il D.M. n. 485148 del 30 settembre 2022 recante disposizioni per la definizione dei criteri per incentivare l'uso sostenibile dell'acqua in agricoltura e per sostenere l'uso del SIGRIAN[23] (Sistema Informativo Nazionale per la Gestione delle Risorse Idriche in Agricoltura) per usi irrigui collettivi e di autoapprovvigionamento, viene avviato il monitoraggio dei volumi di acqua usati in agricoltura per un uso sostenibile della risorsa come previsto dal PNRR (M2C4.4 Investimento 4.2).

[23] Il Sistema rappresenta la banca dati nazionale di riferimento per il monitoraggio dei volumi irrigui, a cui accedono tutte le amministrazioni che hanno competenza nella programmazione e gestione dell'acqua per l'agricoltura.

2 La digitalizzazione delle utilities: un'opportunità di crescita e innovazione

Nel presente capitolo vengono esaminate le modalità con le quali le utilities dei settori energia, acqua e ambiente possono compiere la trasformazione digitale del proprio business. In particolare, vengono analizzati strumenti, approcci, impatti positivi e ostacoli all'implementazione della digitalizzazione di 3 aspetti fondamentali delle utilities: I) gli *asset*; II) i processi; III) il rapporto con i destinatari del servizio. Il primo aspetto indagato, gli strumenti digitali per la gestione degli *asset* fisici, riguarda i *software* e gli *hardware* che abilitano applicazioni per il controllo delle infrastrutture (come la gestione da remoto e l'automazione), applicazioni predittive per le operazioni di manutenzione e, infine, applicazioni prescrittive di supporto decisionale. Il secondo aspetto è invece dedicato a investigare come le utilities traggono vantaggio dai dati in grande volume e varietà per riorientare i propri processi. Questo implica analizzare come questi dati vengono raccolti, gestiti e trasformati in valore per l'organizzazione, la quale deve quindi necessariamente sviluppare nuove competenze e modalità per massimizzare l'*intelligence* offerta dai dati. Da ultimo, vengono presentati i nuovi strumenti e approcci digitali che le utilities possono utilizzare per interagire con i propri utenti sempre più partecipi e attivi, nonché per ampliare l'offerta di servizi a loro dedicata.

La digitalizzazione degli *asset* fisici

Gli *asset* fisici sono l'elemento fondante dell'industria delle utilities, di importanza essenziale in tutti i 3 campi di attività (energia, idrico, ambiente) oggetto di analisi. La gestione strategica di questi *asset* costituisce, di conseguenza, un elemento cruciale per gli operatori al fine di garantirsi un vantaggio competitivo, dato che l'utilizzo di strumenti digitali per la gestione degli *asset* permette di massimizzarne la produttività, limitare i costi di gestione e, in generale, avere su questi maggiore controllo grazie a informazioni in tempo reale e accessibili anche da remoto.

Strumenti e approcci

Le utilities dispongono di molteplici tecnologie digitali per migliorare la pianificazione e la gestione degli *asset* fisici. Si tratta di *software* e *hardware* che permettono di: I) potenziare le capacità descrittive delle condizioni degli *asset* grazie a dati in tempo reale; II) avere maggior controllo su questi, impartendo automaticamente e da remoto azioni prescrittive; III) beneficiare delle capacità predittive degli strumenti di supporto alle decisioni. Sono di seguito descritti i principali strumenti e approcci digitali quali il *digital twin*, l'*Internet of Things*, l'*edge computing*, il controllo da remoto, la manutenzione predittiva e, infine l'intelligenza artificiale.

Digital Twin ENERGIA IDRICO AMBIENTE

Il *digital twin* è una replica virtuale di risorse fisiche – oggetti, processi, persone, luoghi, infrastrutture, sistemi e dispositivi – utilizzata per vari scopi, in particolare per il miglioramento della *performance* e per la manutenzione predittiva.

L'infrastruttura del *digital twin* consiste di:

- *software* di *back-end* per il funzionamento del database centrale multiutente e delle diverse funzionalità;
- sensori per l'ottenimento dati e il loro trasferimento all'interno del modello;
- interfaccia utente per la visualizzazione grafica dei dati.

Nel caso degli *asset* fisici, il processo di funzionamento di tale infrastruttura parte dai dati ottenuti dalla sensoristica in loco, i quali vengono poi rielaborati da un *software* che combina modelli fisici per la riproduzione grafica, modelli statistici e di machine learning, alimentando un "gemello virtuale". Grazie all'utilizzo di questi modelli, il *software* elabora una grande varietà di dati sull'*asset*, quali la storia operativa e manutentiva, e dati operativi in tempo reale. Con questi dati, il *software* fornisce funzionalità, come la realizzazione di analisi a elementi finiti,[24] per prevedere come un sistema reagisce a effetti fisici del mondo reale (vibrazioni, calore, flusso di liquidi), oppure la *failure mode and effect analysis*, per analizzare le modalità di guasto o difetto di un processo e valutarne gli impatti sull'intero *asset*. Infine, il *software* utilizza metodi *Computer Aided Drafting* (CAD) per la rappresentazione in 2D e 3D e la visualizzazione dei dati nell'interfaccia utente.

L'implementazione di approcci di *digital twin* permette quindi di:

- Migliorare la *performance* di prodotti, impianti e sistemi in termini di efficienza, efficacia e durabilità dell'*asset*, assistendo simulazioni su varie strategie operative.
- Migliorare la precisione delle simulazioni, riducendo al contempo i rischi, il *downtime* e i costi per il *testing* in produzione, grazie alla possibilità di effettuare queste analisi su una versione virtuale dell'*asset*.
- Accelerare l'adozione di innovazioni operative, in conseguenza del punto precedente.
- Abilitare la manutenzione predittiva: solo grazie alla modellizzazione virtuale dell'*asset*, e del monitoraggio in tempo reale con grandi quantità di dati provenienti dalla sensoristica, è possibile basare scelte di manutenzione predittiva avanzata, che permettono, ad esempio, di ritardare gli interventi non immediatamente necessari o di anticipare anomalie e guasti e adottare adeguate contromisure minimizzando il *downtime*.
- Migliorare il patrimonio informativo e analitico sugli impianti, permettendo di aggregare tutte le informazioni a disposizione su un edificio o impianto, a partire dalla fase di progettazione e realizzazione ed estendendolo alla fase di *operations & management.* Per questi fini, l'approccio è sovrapponibile, nell'esempio degli edifici, a quello del *building information modeling* (BIM): la differenza è che il *digital twin* integra nel modello i dati dal vivo, facendo affidamento su una rete di sensoristica abilitata dall'IoT.

[24] Le analisi di elementi finiti (*finite element analysis*, FEA) fanno riferimento a una serie di metodi computerizzati utilizzati in simulazioni ingegneristiche che permettono di verificare i requisiti di progetto di un pezzo meccanico, riproducendo le sollecitazioni statiche, dinamiche, le deformazioni o le variazioni di temperatura che può subire nel mondo reale. L'analisi funziona suddividendo un oggetto reale in un elevato numero di elementi finiti (ad esempio piccoli cubi), il cui funzionamento è previsto da equazioni matematiche. Un computer aggrega i comportamenti individuali per prevedere il comportamento dell'oggetto reale.

- Identificare le migliori configurazioni impianto anche per la costruzione di nuovi edifici, *asset* e impianti, sulla base dei dati provenienti dagli *asset* già operativi.

I temi dell'*Internet of Things* (IoT) e della manutenzione predittiva, qui richiamati, sono descritti in maggior dettaglio nei paragrafi che seguono.

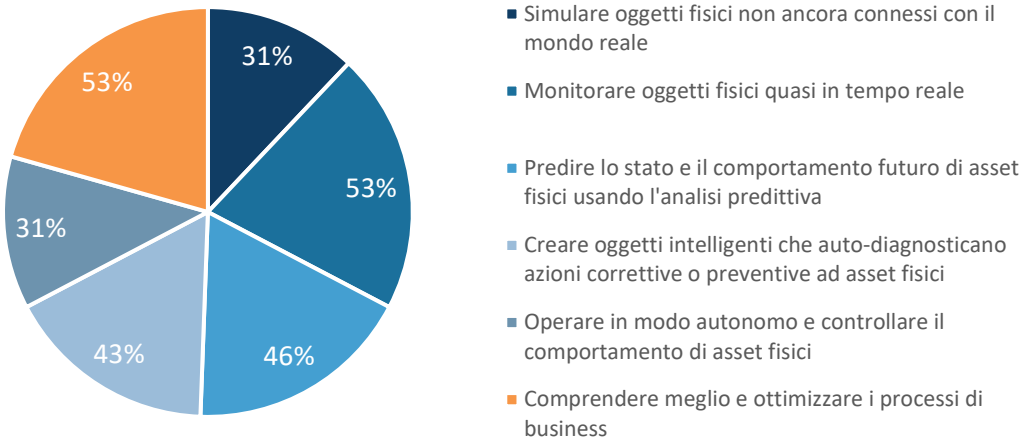
Da una recente ricerca su oltre 2.000 imprese a livello globale[25] emergono diversi punti di interesse riguardo la tecnologia, in particolare:

- Il 62% delle imprese dichiara che il *digital twin* ha permesso una riduzione dei costi di manutenzione.
- Il 43% delle imprese prevede che il *testing* fisico sarà reso obsoleto dal *digital twin* entro i prossimi 4 anni, mentre solo il 4% ritiene che il *digital twin* non sostituirà mai questa esigenza.
- Il 92% degli utenti di *digital twin* ritiene che abbia permesso ai propri processi e prodotti di divenire più sostenibili, e l'85% dei rispondenti utilizza o pianifica di utilizzare il *digital twin* come strumento per raggiungere i propri obiettivi di sostenibilità.
- Solo l'8% delle imprese che già fa utilizzo di tecnologie di *digital twin* lo fa da più di 3 anni, indicando uno sviluppo molto recente dell'approccio.
- Permane una certa confusione su cosa si intenda per *digital twin* e, anche all'interno delle organizzazioni, vi è uno scollamento tra la comprensione dell'approccio tra i livelli manageriali e quelli operativi: solo il 50% degli intervistati sosteneva di essere a completa conoscenza degli approcci *digital twin*, mentre ben il 37% segnala la necessità di una sua definizione chiara e standardizzata per comprenderne al meglio il significato.

Andando poi ad analizzare nel dettaglio quali sono le applicazioni del *digital twin* nei processi operativi delle imprese italiane, emerge (Fig. 2-1) che questo viene principalmente utilizzato (nel 53% dei casi) per migliorare la comprensione e l'ottimizzazione dei processi di business, nonché per il monitoraggio degli *asset* in (quasi) tempo reale. Seguono poi le applicazioni per l'analisi predittiva (46%) e per la diagnostica finalizzata a realizzare azioni correttive e preventive nella gestione dell'*asset* (43%). Infine, le applicazioni riguardano anche la simulazione di oggetti (31%) e l'operatività automatizzata e il controllo da remoto di *asset* fisici (31%).

[25] Altair (2022). *Digital Twin Global Survey Report*.

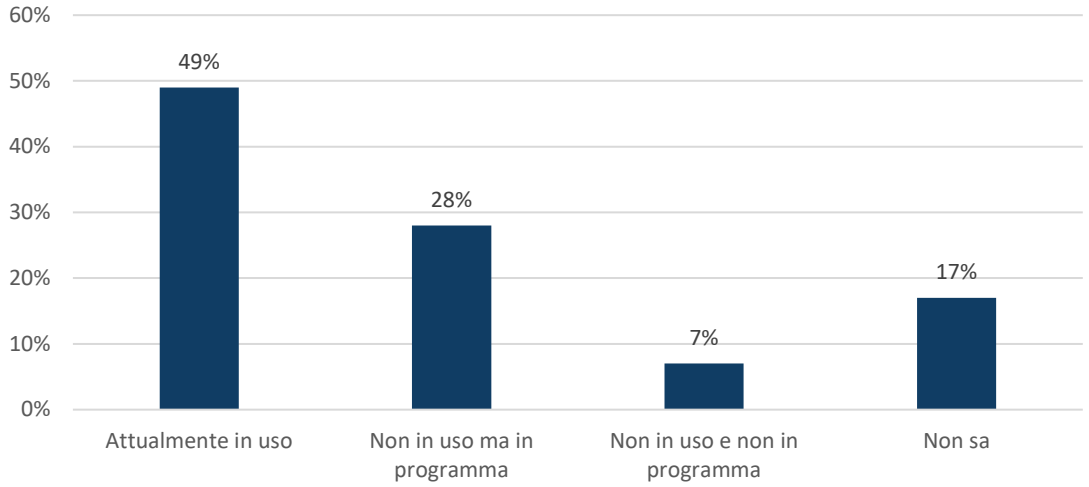
FIGURA 2-1 | MODALITÀ DI UTILIZZO DEL DIGITAL TWIN DALLE AZIENDE ITALIANE



Fonte: Altair (2022)

Inoltre, le aziende italiane sono state interrogate sul loro utilizzo del digital twin per migliorare le capacità di perseguire i propri obiettivi di sostenibilità. Dalla figura 2-2 emerge una penetrazione notevole del fenomeno fra le aziende italiane: il 77% di queste afferma di utilizzare o comunque di pianificare l'utilizzo di questo strumento al fine di raggiungere obiettivi di sostenibilità.

FIGURA 2-2| UTILIZZO DI SOFTWARE DI DIGITAL TWIN PER GLI OBIETTIVI DI SOSTENIBILITÀ



Fonte: Altair (2022)

Infine, è interessante notare come, in Italia, il *digital twin* sia utilizzato in congiunzione con l'intelligenza artificiale o il *machine learning* nel 49% dei casi, e con l'IoT nel 48% dei casi.

Il *digital twin* vede storicamente il suo principale sviluppo nei settori manufatturieri avanzati, come ad esempio l'industria *automotive*, e nell'industria delle costruzioni, ma si è poi diffuso notevolmente anche nel settore della generazione energetica e dell'energia in generale.[26] L'approccio, tuttavia, ben si presta all'applicazione in ogni settore industriale: in tempi più recenti, si sono sviluppate diverse esperienze nel settore idrico, mentre nel settore dell'ambiente il tema è al momento assolutamente pionieristico. Nel settore idrico, attraverso il *digital twin* è possibile, ad esempio, migliorare la gestione dei sistemi di distribuzione dell'acqua consentendo di simulare e prevedere scenari, analizzare le prestazioni e lo stato degli impianti. Nel campo ambientale, le ipotesi più promettenti sono quelle legate ad approcci innovativi di *remanufacturing,* ad esempio sui RAEE: il *digital twin* permetterebbe di analizzare e ricostruire digitalmente gli schemi di funzionamento dei prodotti elettrici ed elettronici, permettendone quindi una riparazione più efficace.

Internet of Things ENERGIA IDRICO AMBIENTE

Per *Internet of Things* (IoT) si intende il complesso ecosistema di dispositivi fisici, sensori e attuatori connessi in rete che consentono il monitoraggio e il controllo remoto, in tempo reale, delle infrastrutture (impianti, sistemi, edifici), attraverso sistemi basati su *cloud*, i quali raccolgono i dati di monitoraggio e li ottimizzano per l'elaborazione dei comandi.

Tali architetture possono avere applicazioni innovative a tutti i livelli della catena del valore delle utilities, in quanto sono applicabili a tutti i tipi di impianti, strutture, edifici, veicoli e prodotti anche distribuiti sul territorio.

L'IoT, per essere funzionale, deve essere organizzato in piattaforme, sistemi informativi che aggregano i comandi e i dati e li pongono in comunicazione con questo insieme eterogeneo di dispositivi. In generale, per creare una piattaforma IoT adatta alle peculiarità tecnologiche, geografiche, ambientali e funzionali degli *asset* a cui è legata, è necessaria un'adeguata progettazione di tutte le componenti *hardware* e *software*:

- applicazioni;
- dispositivi;
- protocolli di comunicazione;
- sistemi di storage dei dati;
- *software* di analisi dei dati.

Il primo passo nella progettazione di sistemi IoT è la pianificazione dell'applicazione desiderata in funzione degli utilizzi previsti (ad esempio, come visto sopra, in relazione alle necessità dei *digital twin*, o in alternativa delle applicazioni di controllo remoto necessarie), che influenza la selezione di tutte le altre componenti del sistema, come i sensori, il protocollo di comunicazione, l'archiviazione dei dati e i *software* di calcolo.

[26] Singh, M.; Srivastava, R.; Fuenmayor, E.; Kuts, V.; Qiao, Y.; Murray, N.; Devine, D. (2022). *Applications of Digital Twin across Industries: A Review*. Appl. Sci. 2022, 12, 5727. https://doi.org/10.3390/app12115727 Da una review delle pubblicazioni in materia, il settore power generation & energy è il terzo per numero di pubblicazioni relative al digital twin, dietro manifattura e costruzione.

I dispositivi IoT sono sensori, attuatori, *gateway* IoT o qualsiasi dispositivo che si unisca al ciclo di raccolta, trasmissione ed elaborazione dei dati. Ad esempio, un dispositivo *gateway* IoT consente di instradare i dati nel sistema IoT e di stabilire un collegamento bi-direzionale tra il dispositivo e il *gateway* e tra il *gateway* e il cloud.

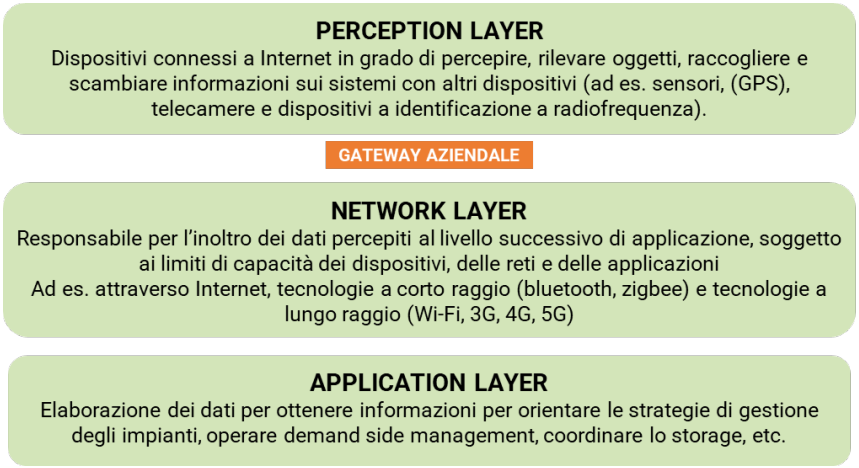
I protocolli di comunicazione consentono ai diversi dispositivi di comunicare e trasmettere i propri dati con i controllori o i centri decisionali. Le piattaforme IoT offrono la flessibilità di selezionare il tipo di tecnologie di comunicazione (ognuna delle quali ha caratteristiche specifiche), a seconda delle esigenze dell'applicazione. Esempi di queste tecnologie includono *wi-fi*, *bluetooth*, *zigbee* e tecnologie cellulari come le reti LTE-4G e 5G.

L'archiviazione dei dati è il componente della piattaforma IoT che consente di gestire il grande volume di dati raccolti dai sensori, attraverso un sistema dalle adeguate capacità che può trovarsi in *server cloud* o in dispositivi decentralizzati.

I dati memorizzati che vengono utilizzati per scopi analitici sono poi elaborati per prendere decisioni sul funzionamento dell'applicazione. In base alle necessità, l'analisi dei dati può essere eseguita *off-line* o in tempo reale. Nell'analisi *off-line*, i dati memorizzati vengono prima raccolti e poi visualizzati in loco utilizzando strumenti di visualizzazione. In caso di analisi in tempo reale, il *cloud* o i *server edge* vengono utilizzati per fornire la visualizzazione, ad esempio *software* di *stream analytics.*

Questo ecosistema *software* e *hardware* permette il funzionamento della piattaforma IoT attraverso i 3 livelli della sua architettura (Fig.2-3) consentendo di effettuare le attività di monitoraggio e conduzione da remoto dell'impianto.

FIGURA 2-3 | ARCHITETTURA DI FUNZIONAMENTO DEI SISTEMI IOT



Fonte: elaborazione Agici su ENTSO-E Technopedia

L'IoT, di fatto, è già una realtà nei settori dell'energia, dell'idrico e dell'ambiente, in quanto la sensoristica e il controllo remoto sono in continuo sviluppo. Per l'energia, un esempio cardine è il controllo remoto degli impianti di generazione distribuita, ma, nella distribuzione, anche *smart grid* e *smart metering* sono composti da dispositivi IoT. Nell'idrico, il principale territorio di sviluppo è quello delle reti: i dispositivi IoT diventano strategici nella lotta alle perdite e nella raccolta di informazioni dettagliate sullo stato delle infrastrutture e degli impianti. Vi sono comunque interessanti opportunità anche per il controllo degli impianti stessi (ad esempio, gli impianti di depurazione). Nel settore dell'ambiente, l'esempio principale è quello degli *smart bin*, che grazie alla raccolta in tempo reale di dati sullo stato e sul riempimento dei cestini permette un'ottimizzazione del loro svuotamento e manutenzione; l'approccio, però, si può estendere anche al monitoraggio e al controllo dei veicoli per la raccolta dei rifiuti, oltre che al monitoraggio di impianti di raccolta e trattamento dei rifiuti.

Nel 2019 la dimensione del mercato globale dell'IoT nelle utilities era di circa 28,6 miliardi di USD, con stime di crescita fino a 53,8 miliardi di USD nel 2024, con un tasso di crescita composto annuo (CAGR) del 13,5%.[27] Dati specifici per il settore energetico indicano una crescita del mercato globale da 20,2 miliardi di USD nel 2020 a 35,2 miliardi di USD nel 2025, con un CAGR dell'11,8%.[28] Per quanto concerne il settore idrico, le stime di previsione dell'andamento del mercato dell'IoT indicano una crescita da 13,8 miliardi di USD nel 2021 a 22,4 miliardi di USD nel 2026, con CAGR del 10,1%.[29] Infine, il mercato dell'IoT nel settore dell'ambiente aveva dimensioni attorno all'1,7 miliardi di USD nel 2019 e le stime prevedono una crescita fino a 4,1 miliardi di USD nel 2027, con un CAGR di 15,1%.[30]

[27] Markets and Markets (2020). *IoT in Utilities Market*.
[28] Markets and Markets (2020). *IoT in Energy Market*.
[29] Markets and Markets (2021). *Smart Water Management Market*.
[30] Allied Market Research (2020). *Smart Waste Management Statistic*.

Edge computing ENERGIA IDRICO

Per *edge computing* si intende un modello di calcolo distribuito che sfrutta le capacità di elaborazione dei dati da parte dei dispositivi prossimi o coincidenti con quelli che li generano, quindi in locale. La capacità di calcolo agli estremi logici di una rete ne migliora le prestazioni, i costi operativi e l'affidabilità di applicazioni e servizi. Sono infatti ridotti i salti di rete, attenuati i vincoli di latenza e larghezza della banda internet e abilitate nuove applicazioni. La combinazione fra *edge* e *cloud computing* origina il paradigma del *fog computing*, nel quale le risorse informatiche, di archiviazione dati, le applicazioni e i dati stessi sono posizionati nel punto ottimale fra utente e *cloud.*

L'*edge computing* è quindi un approccio avanzato, che nasce al fine di accrescere le capacità di calcolo per le infrastrutture remote, abilitando applicazioni di automazione avanzata che consentano azioni reattive e prescrittive indipendentemente dalla trasmissione dell'intero flusso di dati dettagliato alle infrastrutture di controllo centrali.

Non è un caso che, nel settore delle utilities, anche questo approccio abbia riscontrato il maggior interesse nell'ambito delle infrastrutture di generazione energetica, e in particolar modo per gli impianti di generazione distribuita da fonti rinnovabili: questo genere di impianti ha una grande variabilità nei parametri di funzionamento, è fortemente dipendente da variabili esogene esterne, ed è spesso situato in luoghi non coperti da reti di telecomunicazione adeguate all'adozione di approcci avanzati di telecontrollo. Sono quindi candidati perfetti per l'applicazione di approcci di *edge computing*. Tuttavia, anche gli impianti relativi agli altri ambiti di attività delle utilities che condividono queste caratteristiche possono vedere nell'*edge computing* un'opportunità significativa: esempi includono, per il servizio idrico integrato, la distrettualizzazione delle reti. Per l'ambiente, seppur in misura minore, questo genere di approcci potrebbero riguardare, ad esempio, le strutture di stoccaggio dei rifiuti o le infrastrutture energetiche, ad esempio quelle legate alla produzione di biometano.

L'*edge computing* è ancora un approccio relativamente innovativo: una stima[31] pone il valore del suo mercato globale a 6 miliardi di dollari all'anno. Come termine di paragone il *cloud*, tecnologia molto più consolidata, è valutato a circa 370 miliardi di dollari. Altre stime,[32] pur con rilevanti margini di incertezza, prevedono tassi di crescita molto elevati per il *cloud* (15-20% di CAGR globale), ma ancor di più per l'*edge* (30-40% di CAGR) nei prossimi 6 anni. Secondo una stima Gartner,[33] il 75% dei dati generati in un contesto aziendale saranno generati e processati al di fuori di *data center* tradizionali o infrastrutture *cloud* entro il 2025, rispetto al 10% nel 2018. Secondo queste previsioni, l'*edge computing* si diffonderà quindi come tecnologia pervasiva, destinata non tanto a sostituire le infrastrutture *on premises* e *cloud* centralizzate, ma a essere complementare con loro, con una capacità di raccolta ed elaborazione dati addizionale, distribuita e con alti gradi di autonomia.

[31] Grand View Research https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/cloud-computing-industry
[32] Orange Silicon Valley https://siliconvalley.orange.com/en/news/2022-tech-trends-cloud-edge-computing/
[33] Gartner https://www.gartner.com/smarterwithgartner/what-edge-computing-means-for-infrastructure-and-operations-leaders

Controllo da remoto ENERGIA IDRICO AMBIENTE

La capacità di gestione da remoto degli *asset* è abilitata grazie all'integrazione di piattaforme IoT con le tecnologie operative (OT), ovvero *hardware* e *software* che rilevano o provocano un cambiamento, attraverso il monitoraggio e/o il controllo diretto di apparecchiature, *asset*, processi ed eventi industriali.[34] L'integrazione permette di connettere gli *asset* alle reti, abilitando la raccolta dati da remoto, l'aggiornamento automatico dei sistemi di calcolo che elaborano i dati nel *cloud*, oppure a livello distribuito, vicino alla sorgente dei dati, nel caso di sistemi *edge*. Un elemento cruciale dei sistemi di gestione da remoto sono gli attuatori, che, integrati in un network di sensori intelligenti, ricevono *input* dal sistema avanzato di gestione (centralizzato o distribuito) e implementano automaticamente le azioni.

Oltre a tali approcci integrati, che coniugano approcci OT consolidati con sistemi di gestione avanzati, in molti casi automatizzati, l'adozione di approcci IoT avanzati permette anche di "remotizzare" o automatizzare operazioni che tipicamente richiedono l'intervento diretto di operatori. È questo il caso dell'utilizzo dell'IoT per le ispezioni da remoto, le quali permettono di utilizzare dispositivi distribuiti per raccogliere dati sul funzionamento dell'*asset*, prevedendo guasti e interruzioni: oltre a ispezioni "virtuali" svolte grazie all'utilizzo personalizzato di sensori e sistemi di monitoraggio ottico, questo approccio prevede, ad esempio, l'utilizzo di robot o droni che assistono l'operatore remoto, permettendo di ispezionare infrastrutture remote di grandi dimensioni o di difficile accessibilità. Questo tipo di ispezione potrebbe risultare più semplice rispetto all'ispezione convenzionale effettuata con l'impiego di manodopera umana e l'accuratezza del monitoraggio dei dati può essere maggiore rispetto a quella del lavoro umano. Indipendentemente dalle dimensioni e dall'ubicazione dell'*asset*, il monitoraggio da remoto può aiutare a ottenere un funzionamento più affidabile delle strutture, ad esempio consentendo ispezioni più frequenti o più approfondite, e permettendo al personale specializzato di effettuare più ispezioni in meno tempo. Gli svantaggi più significativi sono il costo e la complessità, che possono rendere il monitoraggio più difficile ed economicamente più impegnativo per determinate tipologie di impianti. In particolare, il controllo remoto ha dimostrato la sua economicità ed efficacia nel caso di grandi impianti di generazione elettrica in luoghi remoti, primo fra tutti l'esempio dei grandi impianti idroelettrici, mentre può risultare meno competitivo nel caso di impianti più prossimi agli uffici aziendali, come nel caso degli impianti del servizio idrico integrato o del ciclo dei rifiuti: in questo secondo caso, in particolare, gli impianti sono normalmente già presidiati da personale numeroso, rendendo l'intervento remoto meno necessario. Tuttavia, pure in questi casi, e soprattutto in considerazione dei progressivi processi di integrazione e accrescimento dimensionale delle utilities anche in contesti territoriali medio-piccoli, l'affiancamento alle procedure di controllo e monitoraggio diretto di strategie di controllo remoto può permettere una standardizzazione degli approcci, un aumento della frequenza di controllo, un maggiore grado di supervisione e quindi una migliore *performance* dei controlli stessi.

[34] Definizione da glossario Gartner https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/operational-technology-ot

Manutenzione predittiva ENERGIA AMBIENTE

Le strategie di manutenzione predittiva degli impianti basano le scelte di intervento manutentivo per gli *asset* e gli impianti sull'osservazione delle condizioni dell'*asset* stesso e delle sue componenti, invece che su frequenze preordinate delle attività di manutenzione.

Per supportare l'elaborazione di una strategia di manutenzione predittiva è possibile utilizzare tecnologie digitali, come le piattaforme IoT e *digital twin* sopra descritte. I parametri circa le condizioni degli *asset* sono raccolti e registrati normalmente attraverso sistemi SCADA, ma sempre più anche con architetture IoT. Essi possono poi essere utilizzati in modelli *condition-based maintenance*, un approccio reattivo che permette di identificare anomalie nel funzionamento in tempo reale e intervenire tempestivamente. La manutenzione predittiva spinge questo approccio un passo oltre. Grazie all'applicazione di metodi di *machine learning* e intelligenza artificiale, è possibile prevedere una condizione di guasto del funzionamento, analizzando la vita utile rimanente delle componenti dell'*asset* maggiormente esposte a rischi. Modelli di valutazione del rischio come il *failure mode and effect analysis*[35] possono essere implementati per valutare l'impatto sulla vita utile rimanente di 3 principali fattori: ambientali esterni, meccanici ed elettrici. Per la comparazione di strategie di O&M e l'individuazione della soluzione ottimale possono essere effettuate anche stime sulle potenziali perdite di ricavi per la manutenzione, la predizione di finestre di intervento in condizioni meteorologiche sicure e lo storico delle attività manutentive. Nella figura 2-4 sono rappresentati i principali elementi di una strategia di manutenzione predittiva nell'esempio di impianti eolici *offshore.*

FIGURA 2-4 | ELEMENTI DI UNA STRATEGIA DI MANUTENZIONE PREDITTIVA PER IMPIANTI EOLICI OFFSHORE

Fonte: Sivalingam K. Et al. (2018)

La manutenzione predittiva attiva diversi benefici. Non solo permette di ridurre gli interventi a quelli strettamente necessari in base alle effettive necessità dell'*asset* in questione, ma ha impatti anche su:

[35] Metodologia utilizzata per identificare le modalità di guasto su un prodotto o un processo per valutarne cause ed effetti sull'impianto o sistema complessivo.

I) la disponibilità dell'*asset* per la manutenzione (ci sono momenti più e meno convenienti per la manutenzione di un bene); II) la riduzione dei danni a cascata (il guasto di un singolo componente può causare danni a un sistema più ampio); III) la qualità (gli elementi che si avvicinano alla rottura mettono a rischio i livelli di qualità della produzione); IV) la logistica (la manutenzione richiede preparazione, come l'ordinazione di parti o l'impiego di strumenti); V) l'interdipendenza (una manutenzione non pianificata può portare a tempi di fermo sostanziali e mettere a rischio la produttività); VI) la sicurezza (il guasto di un *asset* può compromettere direttamente o indirettamente la sicurezza dell'intero processo).

Anche in questo caso, la strategia vede la sua principale applicazione nell'ambito degli impianti di generazione energetica, ma trova potenziale di applicazione in ogni genere di impianto e infrastruttura industriale.

Secondo stime[36] globali, non specifiche per il settore per le utilities, per il mercato dei *software* di manutenzione predittiva è prevista una crescita del valore dai circa 4,3 miliardi di USD nel 2019 fino a quasi 32 miliardi di USD nel 2027, con un CAGR di 28,8%.

Intelligenza artificiale ENERGIA IDRICO AMBIENTE

I sistemi di intelligenza artificiale (AI – *artificial intelligence*) sono sistemi che, analizzando i dati raccolti e restituiscono istruzioni senza essere esplicitamente programmati sulla base di un processo di apprendimento iterativo volto a replicare i *pattern* decisionali umani. Tali sistemi possono essere utilizzati in *software* di supporto decisionale, fornendo analisi descrittive dei fenomeni che permettono di estrarre informazioni rilevanti da moli di dati che non sarebbero processabili da agenti umani, ma possono anche evolvere fino a includere funzionalità prescrittive, oltre che descrittive, impartendo quindi ordini di funzionamento a macchine, dispositivi e sistemi.

Grazie all'uso di reti neurali e di algoritmi sempre più in grado di riprodurre i comportamenti umani in funzione di stimoli ambientali, i sistemi di intelligenza artificiale hanno la capacità di prendere decisioni a seconda del contesto in cui sono inseriti. La teoria delle decisioni è una delle modalità principali per istruire gli algoritmi dei sistemi di AI per gestire le informazioni. Questa si basa su alberi decisionali, ovvero algoritmi di apprendimento supervisionato che permettono di prendere la decisione ottimale per lo scopo prestabilito valutando le conseguenze per ogni azione considerata. I dati di partenza sono suddivisi in modo da stabilire la struttura gerarchica dell'albero, che si compone di un nodo radice (che non ha rami in entrata), il quale alimenta agli altri nodi interni (o decisionali) attraverso rami (o archi), che contengono le regole decisionali. I nodi decisionali conducono valutazioni che originano i nodi foglia (o terminali), i quali rappresentano tutti i risultati possibili del *set* di dati. L'algoritmo quindi parte dal nodo radice, comparando i valori di questo con i valori del *dataset* e scegliendo il miglior attributo per il nodo successivo attraverso regole di classificazione. Gli alberi decisionali, come anticipato, sono una tecnica utilizzata per prevedere risultati da un *dataset* e risolvere problemi decisionali. Fra le

[36] Allied Market Research (2021). *Predictive Maintenance Market*.

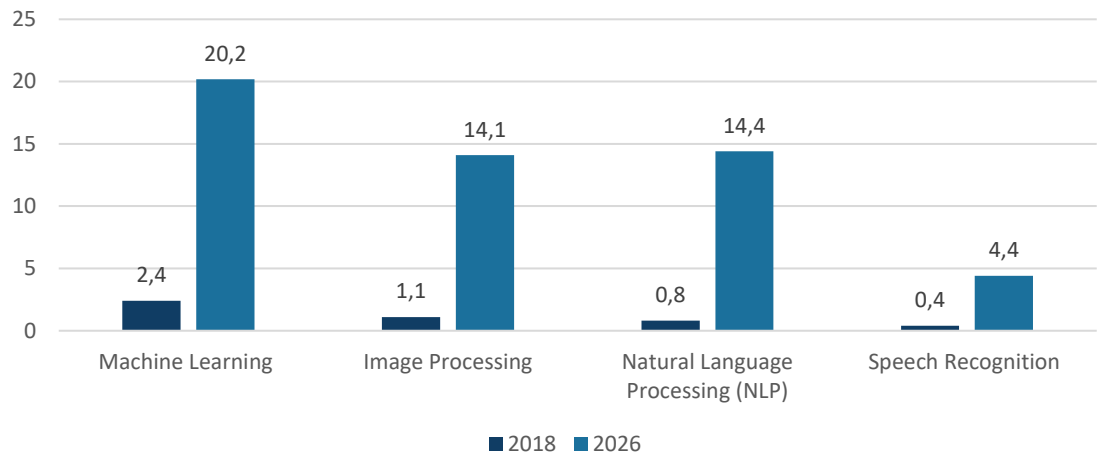
principali tecniche di intelligenza artificiale vi è il *machine learning*,[37] nel quale si fa ampio uso delle reti neurali. Le reti neurali, dette anche reti neurali artificiali (*artificial neural network*, ANN) o reti neurali simulate (*simulated neural network,* SNN), simulano il modo in cui i neuroni biologici del cervello si inviano segnali tra loro. Esse possono essere utilizzate per superare le limitazioni che i metodi statistici hanno nella gestione dei dati non lineari tipici di fenomeni stocastici come quelli meteorologici. Le reti neurali sono composte da 3 parti principali: I) il livello di *input*; II) il livello nascosto – a sua volta strutturato in vari *layer* di analisi; III) il livello di *output,* che restituisce l'informazione analizzata. Ciascun nodo è associato a un modello di regressione lineare, fatto di dati di *input,* pesi, una soglia e un *output*, ed è collegato ad altri nodi, collocati in livelli della rete. L'*output*, ottenuto ponderando gli *input* per i rispettivi pesi di importanza, viene passato attraverso una funzione di attivazione che determina se questo supera o meno la soglia di attivazione del nodo successivo, al quale, in caso affermativo, passerà quale *input*. Questo è il funzionamento delle reti neurali *feedforward*. Le reti neurali *multi-layer perceptron* sono una sottocategoria del *feedforward*, nella quale le reti possiedono molteplici strati nascosti con nodi che singolarmente utilizzano funzioni di attivazione non lineari.

Intelligenza artificiale e *machine learning*, quindi, permettono di identificare *pattern* e individuare soluzioni ottimali per gli usi più eterogenei: dalla configurazione degli impianti, alla pianificazione dei processi e della produzione, alla logistica, trovando una possibile applicabilità in tutti i settori di attività delle utilities. Un campo di applicazione di particolare interesse per il settore dell'ambiente, ad esempio, sono i sistemi di identificazione dei rifiuti basati sulla classificazione di immagini assistita da intelligenza artificiale: questi approcci possono essere utilizzati per migliorare le *performance* degli impianti di selezione e separazione dei rifiuti, ma possono anche, per esempio, riguardare la gestione delle segnalazioni dai cittadini rispetto a situazioni di abbandono illegale di rifiuti.

Secondo alcune stime,[38] il valore del mercato globale dell'intelligenza artificiale dovrebbe passare dai 4,7 miliardi di USD del 2018 a 53,1 miliardi di USD nel 2026. Nella figura 2-5 è presentato il dettaglio delle stime di crescita del mercato delle sotto-categorie tecnologiche dell'AI. Rispetto ai tassi composti di crescita annua, il *Natural Language Processing*, che permette di comunicare con sistemi intelligenti, presenta il tasso più alto (44%), seguito poi dall'*image processing* (38%), per l'estrazione di informazioni da immagini, dallo *speech recognition* (35%), tecnologia volta a riconoscere e trascrivere linguaggio verbale in testo. Infine, il *machine learning*, ampiamente analizzato, continuerà a detenere la quota assoluta di mercato maggiore pur presentando il CAGR più basso (31%).

[37] Per *machine learning* si intendono modelli e algoritmi descrittivi, predittivi e prescrittivi, che possono migliorare automaticamente le loro prestazioni man mano che più dati diventano disponibili. Le modalità di apprendimento si dividono fra quelle di apprendimento supervisionato e non supervisionato. Le prime utilizzano dati già etichettati per definire la relazione tra dati di input e output, ad esempio per compiti di classificazione. Nelle seconde, invece, gli algoritmi devono individuare relazione e schemi all'interno dei dati non etichettati, come avviene nel clustering.
[38] PWC (2021). *Artificial Intelligence Evolution –main trends*.

FIGURA 2-5 | MERCATO GLOBALE DELL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE PER CATEGORIA TECNOLOGICA (MLD USD)



Fonte: PWC (2021)

Lo stesso studio riporta che nel 2019 le aziende italiane hanno speso 200 milioni di euro per progetti di AI. Seppure il settore bancario-finanziario sia risultato essere il principale investitore nella tecnologia (25%), il settore delle utilities si colloca subito dopo, assieme al settore manufatturiero (13%).

- **Focus energia – Modelli ibridi di previsione rinnovabile non programmabile**[39]

Fra gli strumenti di supporto decisionale basati su intelligenza artificiale e *advanced analytics*[40] utilizzati da operatori rinnovabili che gestiscono impianti alimentati da fonti rinnovabili non programmabili, vi sono i modelli di previsione della generazione elettrica.

Nei modelli di previsione della generazione si utilizzano dati in *input* come i dati reali di generazione, le variabili meteorologiche e le immagini satellitari, generati da sensoristica remota e, in alcuni casi, specifica del sito dove è collocato l'impianto rinnovabile. I modelli necessitano di un'infrastruttura di *hardware* per la rilevazione dei dati che sia composta di sistemi di monitoraggio e scambio dati di ultima generazione, sensori meteorologici per il rilevamento di variabili meteo in tempo reale, satelliti per la registrazione di immagini. I dati in tempo reale, così raccolti, possono essere integrati con informazioni raccolte da *network* nazionali-regionali di monitoraggio delle condizioni meteo, utilizzati come *baseline* comunemente accettata e in genere sviluppati e gestiti da organizzazioni pubbliche, e con modelli fisici di previsione meteorologica numerica (*numerical weather prediction* – NWP).

I dati vengono quindi utilizzati da *software* avanzati per la modellizzazione e la previsione dei parametri meteorologici, che costituiranno poi l'*input* per i modelli di previsione della generazione rinnovabile rispetto a diversi orizzonti temporali. I modelli di previsione della generazione rinnovabile tengono in

[39] Agici (2022). *Rapporto OIR 2022. Le rinnovabili di fronte alla sfida dell'innovazione tecnologica. Nuovi modi per produrre e per gestire*.
[40] Metodologia di analisi dei dati che utilizza modelli di analisi predittiva, prescrittiva e automatizzata per predire e ottimizzare le variabili target.

considerazione le caratteristiche e la disponibilità (ovvero le interruzioni programmate e non) degli impianti e sono quindi usati dai fornitori per offrire servizi di previsione e piattaforme dati allo scopo di elaborare modelli di supporto decisionale per gli operatori, sia per la pianificazione operativa dei sistemi energetici che per le attività nei mercati elettrici.

In generale, i modelli di previsione di generazione rinnovabile utilizzano metodi diversi a seconda del tipo di previsione realizzata. Ad esempio, i modelli statistici sono utilizzati per le previsioni intra-orarie (5-60 minuti prima del tempo reale) e per quelle di breve periodo (1-6 ore prima del tempo reale), pur in combinazione con i modelli fisici NWP. Questi ultimi sono invece utilizzati per le previsioni di medio periodo (uno o più giorni prima del tempo reale) e per quelle di lungo periodo (da settimane ad anni prima della produzione). Il principale limite dei modelli riguarda la necessità di adattare i modelli fisici agli usi peculiari del mondo delle rinnovabili e la necessità massimizzare l'accuratezza di quelli statistici, limitandone il più possibile le varie tipologie di errore. A quest'ultimo scopo, sono utilizzati vari metodi di intelligenza artificiale, ad esempio, per migliorare la gestione di sistemi di equazioni non lineari basati su *input* di dati stazionari con tecniche ARMA (*autoregressive moving average*) oppure su *input* esogeni quali le variabili meteorologiche (ARMAX, versione avanzata di ARMA). Anche metodi di apprendimento basati su alberi decisionali per istruire gli algoritmi sono utilizzati nei modelli predittivi. Inoltre, la capacità predittiva dei modelli statistici può essere ottimizzata e automatizzata tramite tecniche di *machine learning*, come l'utilizzo di reti neurali artificiali o del *support vector machine* (SVM), tecnica di apprendimento supervisionata utilizzata per la minimizzazione del rischio strutturale,[41] caratterizzata dall'applicazione di tecniche di mappatura dei dati non lineari disponibili, e lineari in spazi di previsione futura. Un metodo simile, utilizzato per affrontare diversi problemi di regressione, è il *support vector regression* (SVR), basato sulla teoria di apprendimento statistico. Un esperimento[42] su un modello di previsione di generazione solare infra-giornaliero SVR (15-300 minuti) ha presentato maggiore accuratezza rispetto a soli modelli *artificial neural network* (ANN), anche se la previsione in momenti mediamente nuvolosi è risultata difficoltosa e generalmente l'accuratezza peggiora con l'allungarsi dell'orizzonte temporale.

Infine, i modelli ibridi combinano due o più metodi di intelligenza artificiale per minimizzare gli errori di previsione e sfruttare l'integrazione dei punti di forza di singole tecniche di *machine learning* e *deep learning*,[43] ottenendo migliori risultati di accuratezza rispetto all'utilizzo di un singolo modello. L'ibridazione di modelli comporta tuttavia una maggiore complessità computazionale e una *performance* comunque dipendente da quella dei singoli modelli. Varie combinazioni di modelli sono state utilizzate nei modelli ibridi, con l'obiettivo di identificare quelle più adatte a risolvere specifiche limitazioni. Ad esempio, la combinazione di algoritmi genetici (tecnica di tipo euristico di ottimizzazione in ambienti discontinui e non-lineari), con le reti neurali artificiali – per esempio le *feedforward* che non necessitano di un algoritmo specifico di risoluzione del problema – hanno dimostrato migliori risultati

[41] Per rischio strutturale, in ambito machine learning, si intende il rischio che il modello che ha sviluppato percorsi di apprendimento su un dataset finito diventi troppo adatto alle particolarità di quel dataset e invece generalizzi male se applicato a nuovi dataset.

[42] Akhter, M. N., Mekhilef S., Mokhlis H., Shah, N. M. (2019). *Review on forecasting of photovoltaic power generation based on machine learning and metaheuristic techniques*.

[43] Per *deep learning* si intende il ramo più avanzato del machine learning, dal quale si differenzia per la capacità di risolvere problemi di apprendimento automatico utilizzando dati che non sono stati precedentemente processati.

in modelli di previsione solare 1-2 ore prima del tempo reale per impianti fotovoltaici da 1 MWp, utilizzando solamente dati provenienti dai sensori dei pannelli solari, senza utilizzare *input* esogeni, quali quelli relativi all'irraggiamento rilevati all'esterno del sito.[44] Un altro esempio di modello ibrido è il *neuro-fuzzy computing*, il quale combina i *pattern* di riconoscimento delle reti neurali e i sistemi di deduzione *fuzzy* (*fuzzy inference systems*, FIS). Il sistema FIS, per funzionare, non necessita di addestramento con informazioni sui principali processi fisici. Esperimenti sulle previsioni di generazione solare 24 ore prima del tempo reale, a cadenza oraria, sulla base di dati meteorologici annuali, hanno mostrato le *performance* migliori con il modello ibrido (FIS e SVM) rispetto ai singoli modelli ANN o SVR in giornate con condizioni meteorologiche non soleggiate. In giornate soleggiate, l'accuratezza dei 3 modelli risulta simile, mentre il modello ibrido mostra *performance* peggiori in giorni con eventi estremi.

- **Focus energia – Strumenti di ottimizzazione delle strategie di trading dell'energia[45]**

Grazie ai *big data* e alle tecniche di *machine learning*, i *software* di ottimizzazione delle offerte nei mercati energetici sono utilizzati da *trader* e *portfolio manager* per limitare i rischi associati alla volatilità dei prezzi dell'elettricità e anticiparne l'evoluzione. Grazie a questi *software*, le previsioni di andamento dei prezzi energetici vengono incrociate con le previsioni di produzione del portafoglio di impianti di produzione elettrica, della zona di trasmissione e distribuzione e dell'area di mercato. Questo permette di supportare il processo decisionale degli operatori nei mercati del giorno prima e infra-giornalieri.

In sistemi energetici a crescente integrazione di fonti rinnovabili intermittenti, le dinamiche di prezzo nei mercati energetici all'ingrosso presentano andamenti volatili nel breve termine e, al netto dei più recenti eventi esterni straordinari (vedi l'evoluzione della crisi energetica), tendenzialmente decrescenti. Un tale contesto di volatilità può generare varie opportunità, ad esempio quelle legate alle attività di arbitraggio dell'elettricità accumulata, che richiedono però approcci ottimizzati, veloci e quanto più automatizzati. I *software* qui descritti permettono un drastico aumento della velocità dei processi decisionali degli operatori, necessaria a ottimizzare l'utilizzo delle risorse, assicurando al tempo stesso la stabilità e la sicurezza sistemica. Di qui l'importanza per le utilities energetiche di dotarsi di *software* di supporto decisionale per le operazioni di *trading*, potenziati grazie a tecniche di *machine learning* già ampiamente utilizzate in ambito finanziario.

Tradizionalmente, sono utilizzati metodi come la classificazione[46] e la regressione lineare per predire il mercato con modelli matematici. Con l'avvento del *machine learning*, sono stati sviluppati vari metodi per le previsioni di prezzo, ad esempio gli algoritmi genetici, modelli comportamentali, reti neurali artificiali con modelli *fuzzy.* Le diverse tecniche di intelligenza artificiale e *machine learning* sono integrate alle tradizionali strategie di *trading* energetico. Ad esempio:

- *Trading* basato su eventi sistemici in funzione di informazioni di mercato dirette e indirette. Metodi di *support vector machine* (SVM) sono utilizzati per la classificazione automatizzata di

[44] Cfr. nota 42.
[45] Agici (2022). *Rapporto OIR 2022. Le rinnovabili di fronte alla sfida dell'innovazione tecnologica. Nuovi modi per produrre e per gestire*.
[46] Tecniche di apprendimento dai dati storici per identificare pattern ricorrenti utili a predire il *range* di variazione futura di un'azione.

dati da canali di informazione. Varie tipologie di reti neurali artificiali (ricorrenti e convoluzionali) sono utilizzate in esperimenti per simulare le evoluzioni di prezzo successive alla pubblicazione di notizie di settore. Questa tecnica può essere applicata anche a eventi come i guasti nella rete di trasmissione o negli impianti di generazione, che generalmente provocano una rapida variazione del prezzo sui mercati elettrici.

- *Trading* basato su *trend* e analisi tecniche di dati storici per prevedere *pattern* di andamento di prezzo, per cui algoritmi genetici[47] e reti neurali profonde simulano comportamenti umani identificando la giusta posizione per comprare e vendere in funzione dei parametri tecnici individuati.
- *Trading* basato sui fondamentali, usando i dati storici e attuali per prevedere l'andamento del sistema elettrico, adatto per investimenti di lungo periodo. Tecniche di *machine learning* sono utilizzate per migliorare l'accuratezza delle previsioni.
- *Trading* ad alta frequenza, il quale utilizza un algoritmo per eseguire un grande volume di ordini a una velocità non umanamente realizzabile. Tuttavia, la liquidità e i volumi del *trading* continuativo non sono solitamente sufficienti[48] per supportare questa tecnica, anche in virtù delle commissioni sulle operazioni di *trading* e sugli scarsi differenziali *bid-ask.*

Oltre all'andamento dei prezzi, la previsione delle curve di carico è un aspetto cruciale per calcolare e pianificare la produzione energetica e il prezzo da offrire. Con i *big data* generati dagli *smart meter*, tecniche di *machine learning* hanno migliorato le *performance* degli algoritmi di previsione delle curve di carico, grazie alle maggiori capacità di calcolo e agli approcci iterativi che consentono di adattarsi automaticamente a nuovi dataset.

Ulteriori opportuni sviluppi di ricerca sono inerenti all'integrazione di informazioni che non riguardano il settore energetico nei processi di *data mining* che alimentano gli algoritmi. Questi processi sono attualmente basati sulla ricerca di parole chiave di notizie riguardanti il settore energetico. Tuttavia, anche informazioni riguardanti altri settori possono influenzare l'andamento dei prezzi energetici. Quindi l'utilizzo delle tecniche di *machine learning* per individuare e computare eventuali correlazioni può costituire un interessante ambito di ricerca. Inoltre, le tecniche di *machine learning* potrebbero anche essere utilizzate a supporto delle operazioni di *audit* dei dati riguardanti i risultati delle operazioni di *trading* per verificarne tutti i requisiti operativi e rilevare eventuali frodi. Tale applicazione potrebbe anche consentire di passare da un approccio delle attività di controllo *ex-post* a uno continuo.

Approcci simili a quelli qui descritti nel caso dell'energia possono essere adattati anche alle altre due aree di attività delle utilities, pur con significative differenze: intelligenza artificiale e *machine learning* possono, ad esempio, integrare i modelli di previsione meteorologia utili anche alla gestione del servizio idrico integrato, mentre nel caso della gestione dell'ambiente possono essere introdotti per assistere la

[47] Algoritmi che imitano il processo di selezione naturale darwiniano per mettere in atto una ricerca euristica di soluzione dei problemi. Questi algoritmi sono detti genetici perché considerano inizialmente l'insieme degli approcci risolutivi come una popolazione di individui con diversi patrimoni genetici (ovvero istruzioni per possibili soluzioni a problemi). Successivamente, con metodi di incrocio e replicazione, questi individui generano altre soluzioni, mentre un meccanismo di mutazione e selezione naturale fa prevalere le soluzioni migliori. Si determina così il successo della specie nella risoluzione del problema dato.

[48] Ma, Z., Zhang, C., Quian, C. (2019). *The Development of Machine Learning in Energy Trading*.

previsione più accurata dei fabbisogni di raccolta e trattamento e per una pianificazione logistica dinamica, approcci entrambi che possono permettere di minimizzare i costi di gestione dei rifiuti, ad esempio, ottimizzando l'utilizzo degli impianti di stoccaggio.

Impatti positivi

Di seguito sono illustrati i benefici che possono derivare dall'adozione di strumenti e approcci per la digitalizzazione degli *asset* delle utilities, analizzati specificamente per i settori energia, ambiente e idrico. Generalmente, i benefici riguardano la riduzione dei costi di gestione degli *asset*, grazie a un utilizzo più efficiente delle risorse, ma anche a una maggiore qualità e controllo di tutte le fasi dell'erogazione del servizio.

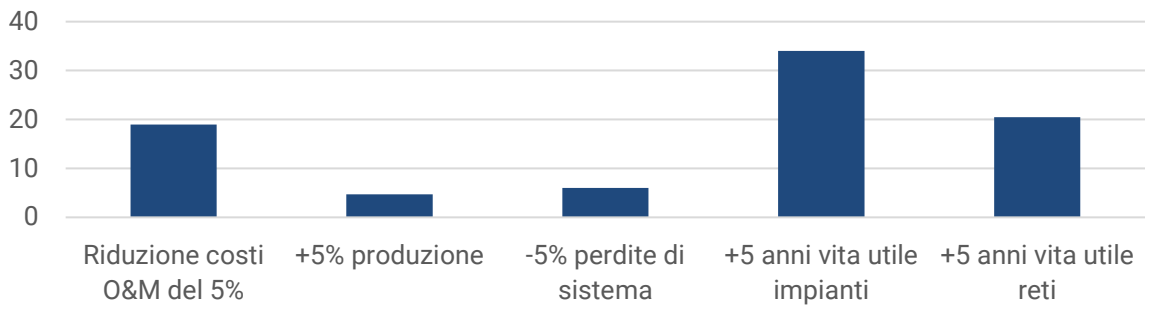
Energia

La digitalizzazione degli *asset* fisici offre numerosi benefici per le utilities del settore energetico. Un primo effetto positivo, approfondito nel capitolo 3, è l'abilitazione di una trasformazione sistemica del settore, grazie alla connettività degli *asset* basata sull'integrazione di tutti gli attori della *value chain* come partecipanti attivi. In secondo luogo, a livello più circoscritto alla gestione degli *asset* energetici, gli strumenti digitali di raccolta e analisi dei dati permettono di ridurre i costi di tutte le tipologie di impianti di generazione, rinnovabile e non, migliorandone le *performance* tecniche e la competitività.

A fronte di limitati sforzi di digitalizzazione degli *asset*, uno studio di McKinsey[49] riporta miglioramenti di produttività tra il 2-10% e tra il 10-30% in termini di riduzione di costi. Ciò si traduce, secondo le stime dello studio, in un potenziale di riduzione dei costi negli impianti fotovoltaici da 0,11 $/kWh a 0,07-0,10 $/kWh, negli impianti eolici da 0,05 a 0,04-0,03 $/kWh e negli impianti termoelettrici a ciclo combinato da 0,05 $/kWh a 0,03-0,035 $/kWh.

Uno studio IEA[50] ha dato una quantificazione di questi benefici a livello globale per il periodo 2016-2040, riportato nella figura 2-6.

FIGURA 2-6 | BENEFICI GLOBALI DA DIGITALIZZAZIONE IN GENERAZIONE ELETTRICA E RETI 2016-2040 (MLD USD)



Fonte: IEA (2017)

[49] McKinsey and Company (2020). *Digital transformation in energy: achieving escape velocity*.
[50] IEA (2017). *Digitalization and Energy*.

Grazie ai sensori digitali, informazioni in tempo reale sulle condizioni di manutenzione delle componenti dell'infrastruttura sono utilizzate da *software* di manutenzione predittiva. Ad esempio, negli impianti eolici, specialmente in quelli *off-shore*, rispetto ai quali i costi di gestione rappresentano il 25% del *levelized cost of energy* (LCOE), i sensori virtuali possono rilevare le condizioni dei convertitori di frequenza, *pitch* idraulici e delle saldature. Grazie a queste informazioni, i *software* di manutenzione predittiva elaborano strategie per minimizzare danni da usura accumulata o il rischio di guasti, con una riduzione dei costi per kWh fino al 10,58%.[51] Inoltre, grazie al monitoraggio da remoto e alla manutenzione predittiva, si riduce la frequenza delle interruzioni della generazione e, nel caso in cui queste non fossero evitabili, diminuisce la durata dell'interruzione grazie a un'identificazione più agevole dei guasti nell'infrastruttura.

Gli strumenti di *data analytics* possono migliorare l'efficienza degli impianti, ad esempio, in termini di massimizzazione della produzione per unità di combustibile o di diminuzione delle perdite delle reti di trasmissione e distribuzione. Nel primo caso, i minori costi legati alla diminuzione del combustibile fossile utilizzato negli impianti di generazione si traducono in riduzione delle emissioni climalteranti e dei prezzi dell'elettricità per il consumatore finale. Inoltre, il miglioramento dell'efficienza può anche riguardare gli impianti di nuova costruzione, la cui pianificazione può essere meglio coordinata in funzione delle caratteristiche e capacità delle reti e della domanda energetica, massimizzando il valore del progetto per il sistema.

Uno dei maggiori vantaggi dell'adozione di approcci digitali alla gestione degli impianti di generazione è l'estensione della vita utile di questi, con vantaggi per gli operatori, che vedono maggiori ricavi per singolo *asset*, ma anche per l'intero sistema energetico, per il quale diminuiscono le esigenze di investimenti in nuova capacità. Secondo stime dell'IEA, un impianto che abbia operato per almeno 25 anni può beneficiare di un'estensione della vita utile "piena" di 5 anni.

Infine, è importante richiamare il ruolo che l'adozione di approcci digitali ha nel rendere le reti più adatte ai cambiamenti nei profili di produzione che nascono dalla transizione energetica: la grande installazione di rinnovabili, che è prevista negli anni a venire, è un fenomeno che andrà a impattare prevalentemente sulle reti di distribuzione, e questo richiederà un cambiamento nel ruolo di chi le gestisce.

Già oggi, con la diffusione delle FER e della generazione distribuita, stiamo assistendo a un ribaltamento nel flusso dell'energia lungo la rete. In Puglia (dove è attivo il *Puglia Active Network* - PAN), nei mesi estivi e nelle ore centrali del giorno la rete di distribuzione non preleva energia dalla rete di trasmissione, ma anzi ne immette, configurandosi come una sorta di impianto unico di generazione. Questa dinamica richiede una gestione attiva da parte del *Distribution System Operator* DSO: il modello *Fit and Forget* non è più adeguato a un sistema caratterizzato da carichi maggiori (elettrificazione) e generazione distribuita. Il modello da tendere è *Fit and Manage*, un ecosistema in cui il DSO agisce come gestore per bilanciare la rete locale e garantire servizi a dei consumatori che saranno sempre più attivi nella gestione del proprio fabbisogno energetico.

[51] Sivalingam, K., Sepulveda, M., Spring, M., Davies, P. (2018). *A Review and Methodology Development for Remaining Useful Life Prediction of Offshore Fixed and Floating Wind turbine Power Converter with Digital Twin Technology Perspective.*

ARERA ha iniziato a muoversi in questa direzione: il DCO 322/2019 ha previsto progetti pilota per testare soluzioni tra cui: I) gli accordi di connessione non vincolanti per i consumatori finali; II) i contratti bilaterali di flessibilità tra DSO e proprietari di generazione distribuita; III) i mercati locali della flessibilità.

Ambiente

Nel settore ambiente, i principali benefici della digitalizzazione degli *asset* si concretizzano in una maggiore efficienza degli impianti, in risposta alla crescente pressione sui costi per le imprese in questo ambito. Dalla digitalizzazione provengono inoltre opportunità di innovazione nei modelli di business, anche se tale prospettiva è più concreta nel caso della digitalizzazione dei processi, trattata nella sezione seguente. La digitalizzazione permette poi di innovare il business secondo le tendenze di sviluppo dell'economia circolare, che spingono a una maggiore efficienza nell'utilizzo delle risorse, ivi compresi gli *asset* e gli impianti: tale approccio richiede ulteriori innovazioni, molte digitali, dalla manutenzione avanzata alla differenziazione abilitata dall'intelligenza artificiale. Questo passaggio è sostenuto dalla politica nazionale e dell'UE. Inoltre, la digitalizzazione ha un ruolo nella crescente importanza dei sistemi di responsabilità estesa del produttore (EPR): i sistemi EPR hanno dimostrato la loro validità nell'attuale gestione dei materiali, e saranno progressivamente applicati a molti più prodotti, in applicazione degli orientamenti di policy europei. In questo caso, le tecnologie digitali possono contribuire al tracciamento, al monitoraggio e al trasporto di materiali e i prodotti durante tutto il loro ciclo di vita.

Infine, la digitalizzazione può aiutare a far fronte a due *megatrend* del settore dell'ambiente, riscontrati a livello europeo.[52]

Il primo è relativo alla crescita del volume dei rifiuti: si prevede che le quantità di rifiuti, in Europa, cresceranno ancora, leggermente, nei prossimi anni.[53] La gestione e la riduzione di queste quantità in un'economia circolare richiederanno un'ampia comprensione dei dettagli del fenomeno, e approcci di gestione dei rifiuti innovativi, sia dal punto di vista politico che economico. Le azioni richieste possono essere affrontate in modo molto più efficace utilizzando tecnologie digitali come l'analisi dei dati e la logistica avanzata.

Il secondo *trend* è legato alle dinamiche di urbanizzazione: la popolazione europea si è spostata notevolmente dalle aree rurali alle aree metropolitane. Questa tendenza è destinata a durare nel prossimo futuro.[54] Quindi, le differenze di densità di popolazione sono destinate ad aumentare, portando a città ad alta densità e zone rurali progressivamente spopolate. L'aumento della densità di popolazione aumenta anche l'intensità del traffico in quelle aree, con conseguenti sfide per i servizi di raccolta dei rifiuti. Inoltre, la capacità degli impianti di trattamento dovrà essere aumentata. Tecnologie come la logistica digitale avanzata, la pianificazione della raccolta in base al traffico, l'automazione e la robotica possono essere utilizzate per affrontare questi problemi. Al contrario, la diminuzione della densità di popolazione si traduce in un minore tasso di utilizzo delle capacità di raccolta e trattamento

[52] European Environment Agency (2020). *Digital waste management*.
[53] European Environment Agency (2019). *The European Environment - State and Outlook* 2020.
[54] BBVA Research (2016). *European urbanisation trends.*

dei rifiuti esistenti. Queste sfide possono essere affrontate con le tecnologie digitali, ad esempio utilizzando approcci logistici avanzati come la raccolta dei rifiuti su richiesta.

Idrico

L'integrazione delle tecnologie digitali e di *software* avanzati (sensoristica, droni, IoT, algoritmi di *pattern recognition*, IA, *machine learning*, ecc.) in tutte le attività di gestione e pianificazione degli *asset* del settore idrico determina: I) l'ottimizzazione della gestione e l'estensione vita utile delle infrastrutture esistenti; II) la pianificazione avanzata delle nuove infrastrutture; III) l'ottimizzazione e valorizzazione dell'uso delle risorse.

I benefici della digitalizzazione sono molteplici e distribuiti lungo tutta la filiera:[55]

- Captazione: risparmi grazie a maggiori informazioni riguardo la qualità e quantità di risorsa idrica grezza; costi di manodopera evitati nel monitoraggio della risorsa idrica;
- Potabilizzazione: riduzione nell'uso dei reagenti e delle analisi di laboratorio; efficienza energetica; riduzione delle sospensioni e dei danni gravi grazie a manutenzione predittiva;
- Adduzione e distribuzione: riduzione delle perdite; costi di manodopera evitati per manutenzione; riduzione dei costi di gestione grazie alla gestione ottimizzata; automazione della rete di distribuzione e centralizzazione in un'unica sala di controllo dei vari impianti; individuazione delle criticità e degli elementi meno efficienti;
- Fognatura: efficienza energetica; costi di manodopera evitati per manutenzione; prevenzione e mitigazione dei danni da allagamenti; riduzione rischi connessi all'inquinamento grazie a riduzione della presenza di contaminati nelle acque reflue di scarico;
- Depurazione: efficienza energetica e riduzione nell'uso di reagenti; maggiore disponibilità idrica per scopi irrigui; aumento della capacità idraulica dell'impianto; costi di manodopera evitati per il monitoraggio dei depuratori; miglioramento dell'intero sistema di depurazione grazie alla connessione di tutti gli impianti.

In generale, un controllo centralizzato digitale del servizio può determinare benefici nell'ordine del 15% di perdite evitate, del 30% di energia risparmiata e del 20% di maggiore efficienza.[56]

Tra le applicazioni digitali per il settore idrico, il *digital twin* può rivestire un ruolo importante nei prossimi anni. La sua implementazione, infatti, favorita da strumenti di *advanced analytics*, può migliorare la gestione di reti e impianti riducendone i costi operativi.

I *digital twin* rendono possibile una gestione proattiva delle infrastrutture idriche grazie a:

- Ottimizzazione delle scelte strategiche attraverso modelli digitali;
- Rilevazioni in tempo reale di rotture e anomalie nella rete idrica;
- Analisi predittiva delle rotture e degli eventi nel sistema idrico;
- Previsione della domanda;

[55] Agici (2021). *Come accelerare e ampliare la digitalizzazione nel Servizio Idrico Integrato*. *Rapporto annuale 2021*.
[56] Global Water Intelligence (2016). *Water's Digital Future; Global* Water Intelligence (2019). *Accelerating the digital water utility* e Digital Europe (2021). *Upgrading water management: how to turn digital investment into real sustainability gains*.

- Valutazione delle condizioni degli *asset*;
- Gestione proattiva delle infrastrutture al fine di ottimizzare le operazioni alla luce delle condizioni future previste;
- Supporto alla formazione del personale operativo con riduzione dei rischi;
- Test di resilienza in tempo reale delle infrastrutture di fronte ai cambiamenti climatici e alla crescita della popolazione
- Simulazioni di situazioni di emergenza in aree critiche.

Ostacoli

Nonostante la digitalizzazione degli *asset* produca impatti positivi in tutti i settori, rimangono ancora alcune barriere che ne rallentano l'adozione da parte delle utilities. Un ostacolo comune ai 3 settori considerati riguarda l'atteggiamento delle utilities verso digitalizzazione. Per ragioni diverse, infatti, le utilities rimangono talvolta diffidenti rispetto all'introduzione di tecnologie digitali per monitorare i propri *asset*, pur conoscendo i vantaggi che potrebbero trarne. Questo deriva forse da una tendenza del management delle utilities alla conservazione dello *status quo* infrastrutturale, per evitare il rischio di interrompere la continuità della produzione, minando la capacità di generare profitti e, in ultima analisi, la competitività.

Energia

Un primo ostacolo all'adozione di strumenti per la digitalizzazione degli *asset* fisici nel settore energetico riguarda la disponibilità a investire in queste tecnologie. Data la natura degli *asset*, altamente complessi, le attività di integrazione di strumenti digitali possono rivelarsi difficoltose e devono essere svolte in modo da non comprometterne l'operatività. In questo senso, i vantaggi derivanti dall'integrazione di tecnologie digitali in queste infrastrutture complesse devono essere attrattivi: non in tutti i casi l'adozione di approcci digitali porta un vantaggio economico in tempi brevi, e la complessità organizzativa della loro implementazione potrebbe esporre a rischi che non appaiono bilanciati dai potenziali benefici. Questi rischi sono tanto più inferiori quanto più, da una parte, le tecnologie e gli approcci sono consolidati e hanno dato prova di essere efficaci e versatili; d'altra parte, una considerevole riduzione dell'incertezza implementativa discende direttamente dalla capacità di reperire e mettere in campo risorse e competenze adeguatamente formate ed esperte. In entrambi i casi, il servizio energetico è avvantaggiato rispetto a quello ambiente e idrico, in quanto, in questo campo, si può fare affidamento su una platea di tecnologie e approcci ormai decisamente consolidati.

Un secondo potenziale ostacolo è rappresentato dalla connettività *end-to-end* delle tecnologie utilizzate che deve essere assicurata anche in aree remote, in cui spesso sono collocati gli impianti, soprattutto quelli rinnovabili. Ad esempio, per assicurare l'operatività di un sistema IoT è necessario selezionare tecnologie di comunicazione che garantiscano un collegamento continuo che supporti il trasferimento dati in tempo reale e in modo energeticamente efficiente. Una potenziale soluzione è integrare architetture eterogenee per aumentare la connettività. Architetture eterogenee possono consentire di costruire sistemi IoT complessi e decentralizzati, che abilitino le applicazioni necessarie al caso concreto.

Inoltre, gli elevati consumi energetici per assicurare la trasmissione dei dati, fondamentale per il funzionamento degli strumenti digitali, rappresenta talvolta una limitazione all'adozione di tali

strumenti. Fra le soluzioni proposte vi sono protocolli di comunicazione energeticamente efficienti, che abilitino le capacità di calcolo distribuito, fino alle modalità *fully-distributed.*

Per massimizzare il valore generabile grazie al supporto decisionale dei *software* di *data analytics,* dovrebbero essere il più possibile superati i limiti alla circolazione dei dati, legati a questioni di riservatezza e di *privacy,* ma anche a scelte strategiche degli operatori. Soprattutto per alcune tipologie di *software*, ad esempio quelli di previsione della generazione rinnovabile, una maggiore condivisione di dati potrebbe notevolmente migliorare l'accuratezza dei modelli. Per tali motivi è auspicabile l'implementazione di piattaforme di scambio di dati accessibili agli operatori, che siano scalabili e assicurino bassi costi.

Infine, l'interoperabilità dei dispositivi digitali costituisce uno dei principali ostacoli a una loro diffusa e profonda penetrazione nel settore energetico. Infatti, tali tecnologie utilizzano vari *standard* di comunicazione che comprendono protocolli di rete, protocolli di comunicazione, *standard* di aggregazione dati e regolatori riguardanti la sicurezza e segretezza dei dati. Per superare queste limitazioni è possibile definire una rete di sistemi dotata di un senso comune di comprensione per permettere accesso e utilizzo a tutti i soggetti coinvolti, oppure sviluppare modelli e protocolli aperti, liberamente e pubblicamente disponibili.

Ambiente

Nel settore ambiente, come anticipato, uno dei principali ostacoli all'implementazione delle tecnologie digitali applicate agli *asset* è la relativa scarsità di approcci consolidati, che rende l'implementazione da parte delle utilities più "pionieristica" e quindi potenzialmente più rischiosa e costosa. La mancanza di competenze specifiche si aggiunge alla carenza di tecnologie "chiavi in mano", rendendo complicato anche lo sviluppo autonomo da parte degli operatori, che spesso preferiscono proseguire con il cosiddetto "*business as usual*" in ragione dei benefici economici relativamente ridotti derivabili da alcuni di questi approcci.

Oltre a ciò, spesso si registra la mancanza di un "ecosistema digitale" evoluto: affinché molte delle nuove soluzioni digitali funzionino efficacemente, è necessario che esista un simile ecosistema, poiché la maggior parte di queste soluzioni non può essere progettata autonomamente, ma fa affidamento su un sistema di quadro normativo, sull'accesso alla banda larga e alla copertura della rete mobile, su *standard* per lo scambio di dati, su interfacce e sull'alfabetizzazione digitale del pubblico. Un *report* EEA[57] evidenzia che, in particolare, la mancanza di interfacce tra i diversi sistemi e applicazioni *software* all'interno delle organizzazioni – e tra diverse fasi di produzione e tra fasi della catena di produzione e gestione dei rifiuti – è uno dei principali inibitori a questo proposito.

Nel caso del settore ambiente, poi, la taglia media degli operatori è molto ridotta rispetto a quella degli operatori attivi nel campo dell'energia e dell'idrico: la gestione è assai frammentata, con molte gestioni ancora organizzate su base comunale o con società *in house*: con economie di scala ridotte e un'organizzazione rigida legata alle ridotte dimensioni, l'investimento in approcci relativamente costosi, innovativi e legati ad alti livelli di incertezza può risultare più difficoltoso.

[57] European Environment Agency (2020). *Digital waste management*.

Idrico

La dotazione infrastrutturale del settore idrico disegna una situazione con luci e ombre nella quale, nonostante un miglioramento, non si è ancora sviluppato l'intero potenziale dell'applicazione delle tecnologie digitali più comuni, quali il telecontrollo o la georeferenzialità, ovvero l'archiviazione, in formato digitale, delle coordinate di posa e di alcune caratteristiche tecniche, come diametri e tipologia di materiale. La georeferenzialità, punto di partenza per la conoscenza delle condizioni delle reti e la programmazione degli interventi, è stata, ad esempio, completata per l'80% delle reti di adduzione e di distribuzione e per il 73% per quelle fognarie.[58]

Anche nel caso dell'idrico, i principali ostacoli alla digitalizzazione degli *asset* sono dovuti a una resistenza delle utilities al cambiamento, a una ridotta propensione all'innovazione e alle preoccupazioni legate alla *cybersecurity.*

A questo si deve aggiungere il ruolo marginale che la normativa europea e nazionale e la regolazione sembrano avere nella transizione digitale del settore idrico: alcuni riferimenti si possono trovare nella cosiddetta Direttiva Alluvioni, che ha contribuito all'introduzione della mappatura digitale per i sistemi *early warning*, e nella Direttiva INSPIRE e in quella sul trattamento delle acque reflue urbane, le quali hanno ulteriormente supportato l'integrazione di piattaforme di condivisione dei dati, la modellazione e il monitoraggio avanzato tramite sensori intelligenti. Nella normativa europea e nazionale di settore, non si riscontra dunque un'integrazione del tema della digitalizzazione con quello della gestione delle risorse idriche, e non viene considerato il Sistema Idrico Integrato (SII) e le sue specificità.

Infine, si segnalano, anche nel caso dell'idrico, carenza di risorse finanziarie e umane, mancanza di consapevolezza e lacune nelle competenze tecniche: mancano competenze e strumenti di formazione per le utilities che illustrino le migliori tecnologie digitali, ne descrivano le potenzialità, eventuali costi e benefici, e possibili integrazioni con i sistemi esistenti.

[58] ARERA (2021). *Relazione annuale*.

La digitalizzazione dei processi

La trasformazione digitale non si applica solamente agli *asset* ma anche a tutti i processi, di supporto e di management, che sono alla base del funzionamento di una utility.

Strumenti e approcci

Il processo di digitalizzazione non può prescindere dai dati, dalla relativa catena del valore e dalle diverse tecnologie di trasmissione degli stessi. Per convertire i dati in informazioni sono necessarie 4 fasi di lavoro raggruppabili in 2 categorie:

1. Gestione dei dati (acquisizione, archivio e pretrattamento).
2. Utilizzo dei dati (analisi e produzione dell'informazione).

Lungo il processo che va dall'acquisizione alla produzione dell'informazione cresce il valore generato dal dato.

Tra gli strumenti che maggiormente abilitano la digitalizzazione dei processi, sono di seguito descritti: l'utilizzo dei *big data*; lo sviluppo di competenze e la *data literacy*; la *data governance*; e il *workforce management*.

Per realizzare tutti i benefici della digitalizzazione dei processi, catturando il potenziale dei dati per la produzione di valore, la trasformazione aziendale richiede un approccio sistemico e l'introduzione di cambiamenti anche nell'organizzazione e nella cultura aziendale. Questo modello a tendere è noto come *data-driven organization* (Fig. 2-7) che si può tradurre come "organizzazione orientata ai dati", ma anche "organizzazione guidata dai dati". Tale modello, lungi dal teorizzare una sostituzione dei decisori umani con approcci automatici, permette anzi alle aziende di migliorare i propri processi decisionali, organizzativi e produttivi, considerando i dati come elemento strategico della gestione aziendale per prendere decisioni informate. Questa trasformazione, dunque, avviene non solo con la tecnologia, ma con un percorso di *change management* e di cambiamento nella cultura aziendale.

FIGURA 2-7 | LA DATA-DRIVEN ORGANIZATION PER LE UTILITIES

Fonte: Rapporto OSWI 2021, adattamento da Sukhorukov et al. (2019)

L'applicazione estesa e trasversale degli approcci digitali menzionati, in linea col modello della *data-driven organisation*, richiede un adattamento dell'organizzazione aziendale, a livello di struttura organizzativa e processi:

- Rispetto alla struttura organizzativa, la condivisione di dati tra le diverse funzioni porta a un loro naturale avvicinamento, fino al punto che l'integrazione tra queste può risultare essere la soluzione più efficiente (cosiddetto fenomeno di *reshaping*).
- A livello di processi, se è vero che l'introduzione di nuove tecnologie digitali può contribuire all'efficienza, bisogna tenere presente che queste hanno una rapida obsolescenza. È fondamentale non rimanere legati a una determinata tecnologia, ma domandarsi continuamente quale sia la via migliore per organizzare un determinato processo. Questo significa "governare" la digitalizzazione invece che subirla passivamente. Lo sforzo compiuto per efficientare e rinnovare i processi si traduce inoltre in una migliore conoscenza delle dinamiche interne di funzionamento dell'azienda.

Il modello della *data-driven organisation* spinge le utilities a essere più dinamiche: la digitalizzazione è un processo nuovo e ancora in divenire, e il confronto con le *best practice*, anche provenienti da altri settori industriali, è fondamentale.

Tuttavia, per emergere in un contesto in rapida trasformazione, è necessario compiere scelte coraggiose e pioneristiche, sperimentando soluzioni innovative che le tecnologie digitali rendono disponibili. Altrimenti, il rischio di imitare passivamente le industrie *leader* è quello di puntare su tecnologie ormai divenute obsolete. Alcuni di questi approcci innovativi sono descritti qui di seguito.

Big data ENERGIA IDRICO AMBIENTE

Per *big data* si intende un flusso di informazioni caratterizzato da alto volume (quantità di osservazioni raccolte), velocità (di acquisizione) e varietà (eterogeneità nella provenienza, nella natura e nella

struttura e nella codifica dei dati): in gergo, le 3 V[59] che richiedono forme specifiche di elaborazione al fine di migliorare l'apprendimento e supportare i processi di *decision making*. Tali dati non possono, quindi, essere analizzati e archiviati con strumenti tradizionali come semplici database matriciali. L'analisi di questa enorme mole di dati richiede competenze specifiche, nuovi modelli di governance e tecnologie avanzate in grado di supportare l'elaborazione dei dati da cui estrarne informazioni utili.

Oltre alle 3 proprietà caratteristiche dei *big data,* la letteratura indica ulteriori 2 V che rappresentano principi ai quali i *big data* devono aderire per una loro efficacia: veridicità (affidabilità della fonte dei dati) e valore (rilevanza dei dati per i processi aziendali).

Raccolta ed elaborazione dei *big data* (*big data analytics*) sono in grado di rendere più efficienti le operazioni e anche di soddisfare i clienti, grazie a una migliore comprensione delle loro abitudini ed esigenze. Per ottenere questi risultati è necessario applicare un insieme di metodologie e strumenti:

- La *descriptive analytics* (analisi descrittiva) rappresenta e descrive la realtà attraverso *tool* specifici: nel caso delle utilities, ad esempio, si tratta dei processi aziendali.
- Si passa poi all'analisi dei dati attraverso modelli e strumenti matematici (*predictive analytics* – analisi predittiva) come, ad esempio, i modelli predittivi o il *forecasting*.
- A questo si affiancano tool di *prescriptive analytics* (analisi prescrittiva), in grado di passare dall'analisi dei dati alla predisposizione di indicazioni strategiche o delle soluzioni operative.
- Infine, l'*automated analytics* (analisi automatizzata) permette di entrare nell'ambito dell'automazione con soluzioni di *analytics*, attivando azioni definite sulla base di regole che derivano, ad esempio, da un processo di analisi, come lo studio dei comportamenti di una determinata macchina a fronte di determinate condizioni.[60]

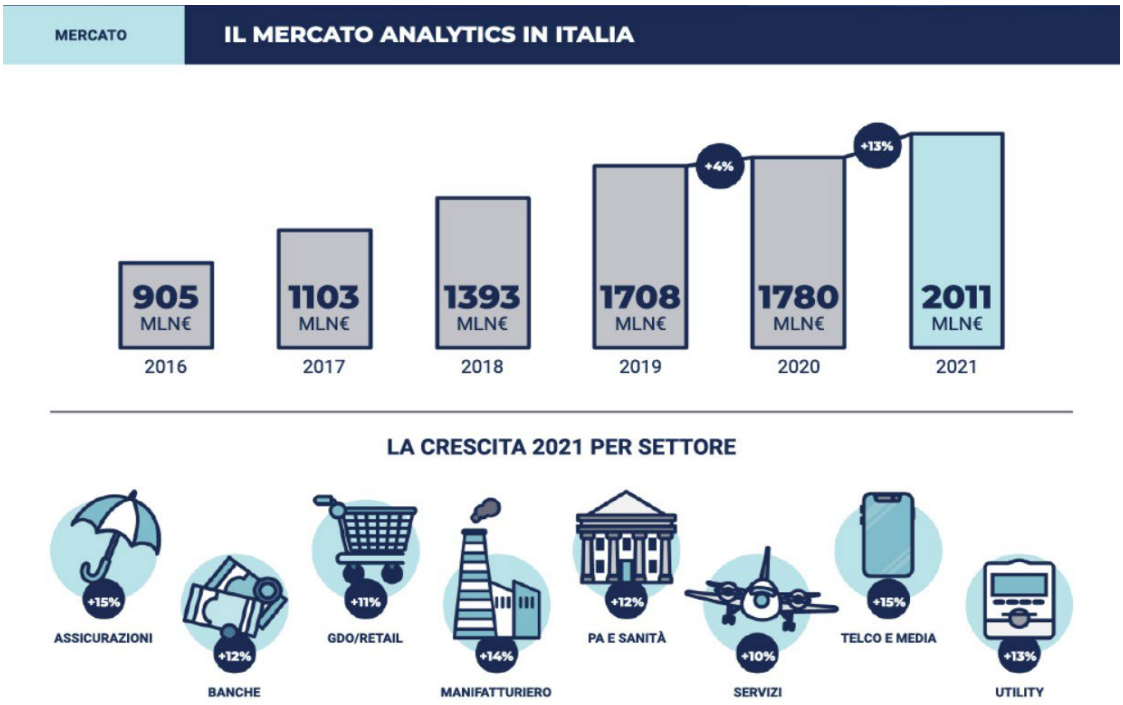
Secondo i dati dell'Osservatorio Big data del Politecnico di Milano,[61] nel 2021 il 78% delle grandi organizzazioni ha lavorato all'integrazione di dati che provengono da diverse funzioni aziendali o dall'esterno. Tuttavia, solo il 18% di esse appare davvero in grado di gestire e governare i dati con l'obiettivo di rendere accessibile e valorizzare l'intero patrimonio informativo non soltanto con finalità di sicurezza e integrità, con tecnologie e competenze presenti e ben distribuite. Il 55% delle grandi aziende mostra invece una diffusa immaturità nella gestione dei dati, mentre le rimanenti stanno adottando nuove tecnologie o identificando figure di responsabilità in questo ambito.

Sempre secondo l'Osservatorio, nel 2021 il mercato dei *big data analytics* in Italia ha raggiunto un valore di 2 miliardi di euro, in crescita del 13% (Fig. 2-8). A trainare il settore sono gli investimenti in *software* (+17%) con punte di oltre il 30% per le piattaforme di *data governance* e *data science & AI*. La spesa in risorse infrastrutturali aumenta meno della media del mercato. Quasi 8 grandi aziende su 10 lavorano all'integrazione di dati provenienti da diverse fonti interne e il 54% delle grandi imprese (contro il 46% nel 2020) ha avviato almeno una sperimentazione in ambito *advanced analytics*. Riguardo le competenze, i *data scientist,* ovvero i professionisti con il compito di gestire i *big data* e trarne

[59] Birke, R., Bjoerkqvist, M., Chen, L.Y., Smirni, E. and Engbersen, T., 2014. ({Big) Data} in a Virtualized World: Volume, Velocity, and Variety in Cloud Datacenters. In *12th USENIX Conference on File and Storage Technologies (FAST 14)* (pp. 177-189).
[60] Si veda Big Data 4 Innovation (2022). *Big data: cosa sono, come utilizzarli, soluzioni ed esempi applicativi*.
[61] School of Management Politecnico di Milano (2022). *Osservatorio Big Data & Business Analytics.*

informazioni rilevanti, occupandosi delle fasi di sviluppo, *training* e *testing* di modelli statistici e algoritmi di apprendimento, lavorano nel 49% nelle grandi aziende. Il numero dei *data scientist* in Italia è cresciuto del 28% tra il 2020 e il 2021. Infine, il 27% delle aziende può considerarsi una *data science-driven*, ovvero un'impresa con competenze diffuse e numerose sperimentazioni e progetti a regime in tutta l'organizzazione.[62]

FIGURA 2-8 | IL MERCATO DEI BIG DATA ANALITYCS IN ITALIA

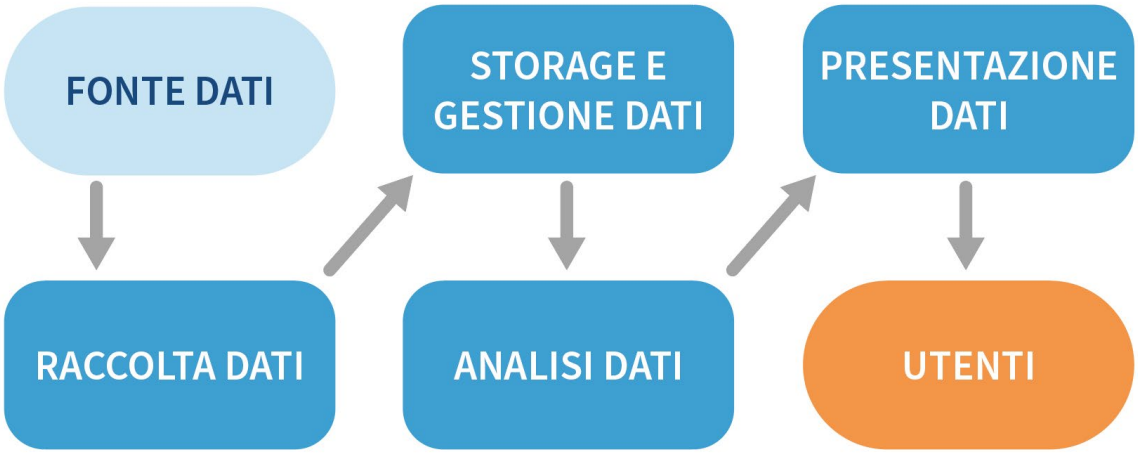


Fonte: Osservatorio Big Data & Business Analytics, School of Management Politecnico di Milano (2022)

Le utilities raccolgono grandi quantità di dati attraverso i sistemi SCADA, i CMMS (*Computerized Maintenance Management System*), l'analisi in tempo reale (*real time analytics*), talvolta organizzati anche in sistemi GIS. I *big data* delle utilities sono tipicamente sottoposti a una serie di trasformazioni durante il loro ciclo di vita, dalla raccolta, all'archiviazione, all'analisi e alla presentazione, come illustrato nella figura 2-9.

[62] Si veda Big Data 4 Innovation (2022). *Big Data Analytics: i 5 trend del mercato in Italia 2022.*

FIGURA 2-9 | CICLO DI VITA DEI BIG DATA



Fonte: IEEE (2015)

Uno studio datato ma tuttora rilevante[63] indica come le aziende del settore dei servizi di pubblica utilità hanno le più elevate aspettative di generare ritorni sui loro investimenti nei *big data*, rispetto alle aziende di qualsiasi altro settore. I dati operativi, infatti, contengono una serie di informazioni che possono essere utilizzate per agevolare i processi aziendali, supportare il processo decisionale, migliorare la gestione degli *asset* e la pianificazione delle operazioni e il rilevamento dei guasti attraverso il monitoraggio in tempo reale. Esiste un'ampia gamma di applicazioni dei *big data* nei settori delle utilities, come l'ottimizzazione dei processi e l'elaborazione di modelli predittivi più accurati. La previsione dei consumi energetici delle utilities, ad esempio, basata su dati operativi storici fornisce modelli più accurati per il funzionamento e la pianificazione del sistema energetico.

I *big data*, quindi, sono un termine ombrello che ricomprende molte delle tecnologie descritte nella sezione relativa alla digitalizzazione degli *asset*, che, raccogliendo enormi moli di dati, forniscono la base per la produzione di nuove informazioni e conoscenza: l'aggregazione di tutti i dati provenienti, ad esempio, dalla sensoristica avanzata (nell'idrico un esempio possono essere i sensori di monitoraggio delle stazioni di pompaggio o degli stoccaggi di acqua, nell'ambiente il monitoraggio dei cestini e dei mezzi di raccolta, nell'energia tutti i dati provenienti dalla *smart grid* e dal monitoraggio avanzato degli impianti) nei processi decisionali, anche strategici, è il passo successivo, affinché i *big data* non rimangano limitati in "silos" per ciascuna delle applicazioni descritte in precedenza, ma arrivino a costituire una vera leva di conoscenza e per la elaborazione delle strategie.

Data governance

ENERGIA IDRICO AMBIENTE

Una delle definizioni più diffuse di *data governance* è quella della Data Management Association (DAMA), secondo cui è "*la pratica di autorità e controllo (pianificazione, monitoraggio e perfezionamento) nella gestione degli asset dei dati*". In altri termini, la *data governance*, attraverso la mappatura e la gestione

[63] TATA Consulting Service. (2013). *The Emerging Big Returns on Big Data. A TCS 2013 Global Trend Study*.

dei dati, si occupa di definire i ruoli, i processi e le tecnologie necessarie per gestire e proteggere i dati aziendali, creando di fatto un nesso tra la fase puramente strategica e quella operativa.

Per le utilities è fondamentale poter disporre di dati che siano facilmente disponibili, accurati e analizzati. Si pensi alle utilities energetiche che necessitano, ad esempio, di dati relativi ai modelli di rete, alle caratteristiche degli *asset*, ai clienti e alla generazione distribuita. Ciò può essere ottenuto solo implementando una solida governance dei dati.

La *data governance*, in particolare, si pone i seguenti obiettivi: I) stabilire regole per l'utilizzo dei dati e i ruoli aziendali in merito all'utilizzo degli stessi; II) individuare i requisiti di *compliance* secondo le disposizioni e le normative vigenti; III) minimizzare i rischi derivanti dall'utilizzo dei dati; IV) rendere conformi le esigenze di utilizzo e protezione dei dati; V) implementare processi in grado di ottimizzare i costi e ridurre il *time to market*.[64]

Così facendo le aziende e, in particolare, le utilities, possono:

- ridurre i costi, grazie a una maggiore visibilità dei processi, sia riguardo agli aspetti organizzativi sia in merito all'efficienza dei singoli progetti;
- incrementare l'efficienza nel monitoraggio dei processi aziendali;
- avere una maggior reattività sul mercato, grazie alla capacità di analizzare in tempo reale qualsiasi variazione di *trend* in merito ai prodotti;
- incrementare la qualità del dato, che si traduce in analisi predittive più aderenti al caso reale;
- migliorare il servizio clienti e avere una maggiore flessibilità nel rispondere *on demand* alle richieste dei clienti, grazie alla possibilità di personalizzare in maniera puntuale l'offerta.

Inoltre, la *data governance* prevede l'implementazione di meccanismi di controllo al fine di garantire la conformità alle normative nazionali o sovranazionale, come ad esempio il *Regolamento generale per la protezione dei dati personali* (GDPR).

Sviluppo competenze e *data literacy* ENERGIA IDRICO AMBIENTE

Tutti gli strumenti di digitalizzazione citati richiedono competenze inedite per gli operatori come la capacità di modellazione matematica della gestione aggregata di grandi flussi di dati. Lo sfruttamento del potenziale della digitalizzazione passa quindi da una parte dallo sviluppo di tali competenze all'interno dell'azienda, e dall'altra dall'importanza di implementare soluzioni capaci di rendere la grande complessità delle informazioni facilmente fruibile ed utilizzabile dagli utenti.

Il primo passo per l'implementazione di ogni genere di approccio digitale è lo sviluppo della *data literacy*: con questo termine si intende l'alfabetizzazione relativa ai dati, cioè la capacità di identificare, individuare, valutare, organizzare, utilizzare e comunicare le informazioni, interpretarle correttamente, raccontare un fenomeno selezionando in maniera corretta quelle più rilevanti. Lo scopo, dal punto di vista organizzativo, è permettere alle persone di lavorare in modo indipendente ed efficace, di raggiungere il livello di conoscenza dei dati necessario per apprezzarne il potenziale informativo.

[64] BNova (2021). *Cos'è la Data Governance e come implementarla efficacemente*.

Questa capacità è una competenza sempre più importante per le aziende, soprattutto al fine di costruire un processo decisionale *data-driven*. La diffusione della *data literacy* passa attraverso una maggiore diffusione delle figure professionali legate ai dati, quali *data scientist* o *data analyst*, corsi di formazione e strumenti che permettono di gestire in autonomia il processo di ricerca, elaborazione ed esplorazione dei dati (*self-service data analytics*) e dovrebbe, inoltre, coinvolgere, a vari livelli, le diverse figure aziendali.

La *data literacy* può aiutare le utilities a fornire assistenza ai clienti attraverso, ad esempio, servizi di intelligenza artificiale o migliorare la propria produttività e competitività, con il vantaggio di rispondere tempestivamente alle necessità che si presentano nella gestione dei processi. Essa, associata alla *data science*, consente ai dipendenti di ogni livello di porre le domande giuste a macchine e dati per creare valore aggiunto, prendere le migliori decisioni e comunicarne il significato agli altri. Inoltre, è in grado di migliorare il processo decisionale della forza lavoro, che sarà in grado di accedere ad informazioni cruciali in maniera più rapida e immediata anche grazie a grafici innovativi, dinamici ed interattivi.[65]

La *data literacy* può essere supportata da: la *business intelligence*, un insieme di processi e strumenti che consentono alle aziende di raggruppare dati provenienti da fonti diverse ed estrarne decisioni strategiche, attraverso la presentazione di risultati analitici sotto forma di *dashboard*, grafici, *report,* ecc; *software* di *data visualization*, che permettono di costruire modelli predittivi, modificare dati; *data quality* che permette di integrare tutti i dati correlati in modo da offrire una visione completa della realtà aziendale.

Anche nel caso delle organizzazioni di piccole dimensioni, che non hanno la capacità di introdurre gli approcci più avanzati qui descritti, la *data literacy* può costituire una leva strategica: anche solo la redazione di manuali per standardizzare la codifica e registrazione dei dati, oppure il passaggio da database tenuti su file Excel a semplici strumenti basati su SQL possono fare la differenza, e soprattutto possono preparare le piccole utilities per passi successivi più sofisticati.

In questo contesto, le utilities possono trarre molti vantaggi dalla *data literacy*, estraendo il massimo valore dai dati per assumere decisioni aziendali più rapide e mirate, come ad esempio, nel caso delle utilities energetiche, previsioni di consumo più accurate che consentono una migliore pianificazione e analisi della generazione di energia e un migliore processo decisionale di gestione degli *asset*.

Workforce management ENERGIA IDRICO AMBIENTE

Il *workforce management* consiste nell'utilizzo delle tecnologie digitali per trasformare la gestione della forza lavoro e ottenere una maggiore efficienza dei costi, un miglioramento delle operazioni e un aumento sostenibile delle prestazioni. Si tratta di un *framework* integrato di processi per ottimizzare la produttività complessiva dell'azienda agendo sulla gestione dei dipendenti.

Il *workforce management* agisce sia sulla gestione del servizio sul campo, sia sulla gestione della forza lavoro. Ciò attraverso:

- L'operatività e l'assistenza da remoto che contribuisce a centralizzare le operazioni e le competenze tecniche e a garantire la sicurezza personale e operativa.

[65] Data 4 Innnovation (2021). *Data literacy: cos'è e a cosa serve l'alfabetizzazione dei dati*.

- La pianificazione e la programmazione avanzate del lavoro, con l'assegnazione rapida e accurata del lavoro, aggiornamenti in tempo reale dei lavoratori e delle attrezzature sul campo, consentendo e facilitando la comunicazione e il supporto bidirezionale in tempo reale.
- La trasformazione degli impianti e delle reti intelligenti, semiautonomi, completamente integrati e supportati dall'intelligenza artificiale e da strumenti in grado di definire le priorità, eseguire, interagire, risolvere i problemi e acquisire i dati in modo digitale.
- La manutenzione di impianti e reti attraverso dispositivi mobili e applicazioni digitali (modulistica digitale, tracciabilità e la rintracciabilità, IoT, ecc.) che garantiscono l'esecuzione delle operazioni in modo più efficace e sicuro, fornendo al contempo *input* in tempo reale a una serie di stakeholder.
- Dispositivi mobili in grado di gestire il lavoro dei capisquadra o degli appaltatori e fornire accesso remoto ad applicazioni e dashboard.
- Gestione della sicurezza attraverso dati quasi in tempo reale sulle condizioni dell'impianto e dei lavoratori tramite sensori, telecamere e algoritmi di intelligenza visiva. Queste informazioni forniscono una base per il monitoraggio predittivo e le misure preventive future per ridurre i rischi nell'impianto.

Questo è uno strumento dalle grandi potenzialità per un settore come quello delle utilities ma non ancora pienamente sfruttato, soprattutto dai *player* medio-piccoli.

Attraverso piattaforme di *workforce management* le utilities energetiche, ad esempio, possono migliorare la manutenzione dei propri impianti di generazione di energia elettrica pianificando gli interventi con una maggior efficacia, ottimizzando l'allocazione dei professionisti sul campo e riducendo i costi operativi. Da un lato, gli utenti avranno un servizio più rapido ed efficace, dall'altro, l'utility potrà massimizzare il numero di interventi giornalieri per operatore ottimizzando i processi, riducendo i costi operativi e aumentando il volume di business generato.

Così come per le utilities del settore idrico, è possibile dare una risposta più rapida ai guasti grazie all'assegnazione alla squadra più appropriata in base allo stato e alla situazione della forza lavoro sul campo; così facendo si aumenta l'affidabilità e la vita utile degli *asset*.

Impatti positivi

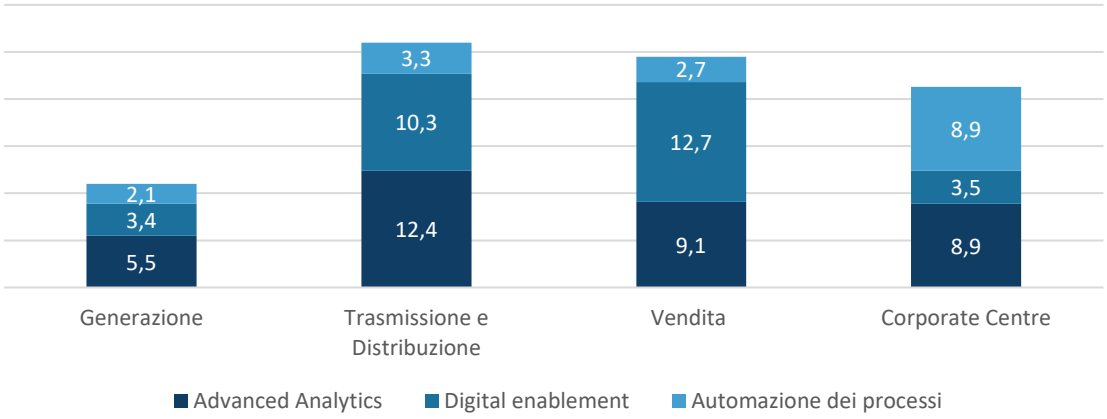
Come già ampiamente emerso nella sezione precedente, l'introduzione di strumenti digitali nell'organizzazione dell'utility serve, in ultima analisi, a massimizzare la creazione del valore possibile dallo svolgimento delle funzioni aziendali. La digitalizzazione dei processi abilita una serie di strumenti di supporto manageriale e operativo nella realizzazione delle attività *core*, fornendo un patrimonio conoscitivo che deve però poter essere assimilato dall'organizzazione per potersi tradurre in vantaggio concreto.

Energia

Tutta la catena del valore delle utilities energetiche può beneficiare del valore generato dai dati e dalla trasformazione digitale. Nella generazione, i *big data* possono servire non solo per attuare strategie di manutenzione predittiva e *condition-based*, già approfondite nel sotto capitolo dedicato agli *asset*, ma anche all'ottimizzazione del funzionamento degli impianti e dell'utilizzo dei combustibili fossili. Nella

fase di trasmissione e distribuzione possono essere utilizzati strumenti di analisi della produttività dei team operativi, nonché di *business intelligence* per il miglioramento dell'efficienza di rete e la riduzione delle perdite della stessa. Nel segmento di vendita gli operatori *data-driven* possono potenziare l'acquisizione e la *retention* dei clienti attraverso informazioni sulla loro soddisfazione, con l'ottimizzazione della comunicazione, sviluppando nuovi prodotti e migliorandone il *pricing*. Infine, a livello organizzativo, la digitalizzazione può potenziare gli strumenti di analisi delle risorse umane, l'automazione di alcuni processi, nonché la previsione di necessità di componentistica. Nella figura 2-10 sono riportate alcune stime[66] circa i risparmi sui costi di *operation and maintenance* dei vari segmenti della catena del valore del settore energetico, rispetto alle applicazioni appena illustrate, realizzabili grazie all'*advanced analytics*, all'automazione dei processi e al *digital enablement*.[67]

FIGURA 2-10 | RISPARMI GENERABILI DALLA DIGITALIZZAZIONE NELLA CATENA DEL VALORE DEL SETTORE ENERGETICO (%)



Fonte: McKinsey&Company (2016)

Ambiente

Le strategie qui descritte per la digitalizzazione dei processi sono ampiamente applicabili a ogni settore industriale, incluso quindi il servizio ambiente. Le principali opportunità di processo specifiche per il settore riguardano le possibilità, abilitate dalla digitalizzazione, di ottimizzare i percorsi dei mezzi, gli svuotamenti dei contenitori e le attività di spazzamento sulla base di dati puntuali e modelli previsionali e prescrittivi avanzati. Questi possono essere implementati aggregando una grande varietà di dati, provenienti da sensori montati sui contenitori stessi e sui mezzi, e provenienti dalle segnalazioni dei cittadini, fino ad arrivare a dati risultanti delle analisi sui dati storici. Pur rimanendo ferma la necessità di mantenere i livelli di servizio previsti dai contratti di servizio con le pubbliche amministrazioni, infatti,

[66] McKinsey&Company (2016). *Accelerating digital transformations: A playbook for utilities.*

[67] Pur non essendo disponibili definizioni pacifiche del *digital enablement*, questo può tuttavia essere assimilato al concetto di *digital trasformation*, quindi all'integrazione delle tecnologie digitali in tutta l'organizzazione, per trasformarne i processi.

vi sono rilevanti potenzialità per la modulazione di aspetti di dettaglio del servizio, come il numero di addetti e l'utilizzo di mezzi di dimensioni adeguate alla missione specifica. In questa gestione "di precisione", potenzialmente assistita e migliorata grazie agli approcci digitali, risiedono importanti potenziali vantaggi, da una parte per l'ottimizzazione dei costi e dall'altra per il miglioramento della qualità del servizio svolto.

Idrico

La gestione dei dati per le utilities del settore idrico genera vantaggi che se ben sfruttati possono creare nuovo valore aziendale. Ad esempio, l'utilizzo dei *big data* da parte dei gestori idrici permette di pianificare in modo ottimale i sistemi idrici, analizzare l'impatto dei cambiamenti climatici, rilevare i cambiamenti nell'ecosistema attraverso il telerilevamento, prevedere le calamità naturali e quelle provocate dall'uomo (inondazioni, siccità, straripamento di fiumi, ecc.), programmare i piani di irrigazione, mitigare l'inquinamento ambientale. Inoltre, la gestione di grandi volumi di dati permette di fornire servizi più personalizzati e una maggiore efficienza.

Anche il *workforce management* è un utile strumento per lo sviluppo delle utilities idriche in quanto, attraverso i suoi fattori abilitanti come l'analisi dei big data, l'intelligenza artificiale e l'analisi predittiva, l'IoT, la realtà aumentata, ecc. snellisce i processi e consente ai dipendenti di completare più lavoro in meno tempo; contribuisce a migliorare la qualità del lavoro semplificando la documentazione e riducendo i tempi di inserimento dei dati; riducono gli incidenti legati alla salute, alla sicurezza e all'ambiente.

Nello specifico, le piattaforme di *workforce management*, valide anche nei casi dell'energia e dell'ambiente, sono utili per:

- migliorare significativamente l'efficienza dei processi e delle attività quotidiane di costruzione, riparazione e gestione dell'impianto e della rete, riducendo i costi operativi e di manodopera;
- massimizzare la produttività e l'utilizzo della forza lavoro, con la programmazione ottimale dei turni, una maggiore automazione dei flussi di lavoro, ecc.
- aumentare l'affidabilità e la vita utile degli *asset* attraverso una risposta più rapida ai guasti o un'analisi sull'uso degli *asset* per programmare e pianificare attività a lungo termine;
- migliorare la sicurezza sul lavoro fornendo informazioni aggiornate sullo stato degli *asset*, notifiche e avvisi in tempo reale sui cambiamenti dell'ambiente, ecc.;
- migliorare l'efficacia della forza lavoro sul campo attraverso dispositivi mobili specializzati e applicazioni per lavorare senza soluzione di continuità con e senza copertura, la disponibilità e visibilità istantanea dei dati chiave delle risorse, ecc.

Ostacoli

Il principale ostacolo all'introduzione di soluzioni digitali per la gestione dei processi aziendali delle utilities riguarda il mancato possesso di competenze adeguate da parte di tutta l'organizzazione, dal management alle singole funzioni, laddove la *digital literacy* rimane relegata ai dipartimenti competenti. Quest'ostacolo tocca trasversalmente il settore delle utilities, sia a livello nazionale che globale. Sembra quindi che l'innovazione digitale e l'adeguamento delle competenze si sviluppino a due velocità diverse. Ciò pone un limite alla capacità degli strumenti digitali di generare valore a fronte degli investimenti realizzati.

Energia

La trasformazione digitale delle utilities del settore energetico, da organizzazioni tradizionali a organizzazioni *data-driven,* è spesso limitata non tanto dalla disponibilità dei dati, delle informazioni e dei sistemi, che nel caso del servizio elettrico sono normalmente ampiamente disponibili, quanto da questioni di *path dependancy*, ovvero dipendenza da percorsi consolidati, resistenza al cambiamento. In primo luogo, solitamente, la cultura delle organizzazioni operanti in questo settore è poco agile e aperta all'innovazione in quanto abituata a un approccio che favorisce la stabilità della generazione energetica, minimizzando rischi e possibili cambiamenti del *modus operandi*. Una maggiore agilità dell'organizzazione, intesa come capacità di mobilizzarsi velocemente a fronte di sfide e opportunità rilevate grazie a strumenti digitali, quali ad esempio *software* di analisi di *big data*, non dovrebbe essere percepita come un elemento destabilizzante. Piuttosto, questa è funzionale ad anticipare, identificare e risolvere problemi in modo rapido, con il supporto di risorse umane con competenze digitali adeguate. Tuttavia, come anticipato nel capitolo 1, non sempre il reperimento di talenti specializzati è un compito agevole per le utilities, la cui organizzazione è talvolta percepita quale poco aperta a nuovi approcci digitali.

Ambiente

Nel caso dell'ambiente, oltre ai citati limiti in termini di competenze e rigidità organizzative, si aggiunge una diffusa carenza di dati primari. Il settore è tradizionalmente poco digitalizzato, e quindi, spesso, non può fare nemmeno affidamento su sistemi informatici di vecchia generazione, che pure sono un buon punto di partenza per l'implementazione di approcci digitali moderni. A tutto ciò si aggiunge la già citata necessità di svolgere il servizio secondo programmi operativi spesso contrattualizzati nel dettaglio, che rendono meno applicabile e rilevante l'adozione di strategie altamente flessibili, come quelle tipiche di una *data-driven organisation*.

Idrico

I principali ostacoli riscontrati dalle aziende del settore idrico nella digitalizzazione dei processi e, in particolar modo nella gestione dei *big data,* sono dovuti spesso alla scarsa qualità e integrazione dei dati a disposizione. L'utilizzo dei dati è spesso parziale e contingente, utile per raggiungere determinati obiettivi ma limitato, e ciò non permette di mettere in atto un processo di valorizzazione di tutti i dati aziendali partendo da una visione di insieme di tutte le informazioni a disposizione. Altre volte, invece, quello che manca non sono tanto i dati ma la mancata conoscenza di chi tali dati li possiede e/o li gestisce.

Nonostante sia ben diffusa la necessità di sfruttare i dati aziendali, ancora oggi molte aziende, soprattutto le utilities di medio-piccola dimensione, sono frenate a causa della mancanza (totale o parziale) delle competenze e professionalità adeguate e necessarie per iniziare un percorso di trasformazione digitale. Non hanno, dunque, il necessario supporto tecnico, profili professionali con competenze avanzate di *data science*, molto richiesti ma spesso difficili da reperire.

Quello che manca è anche un profondo cambiamento culturale che deve diventare prioritario per queste aziende.

La digitalizzazione nel rapporto con i destinatari del servizio

Nella presente sezione vengono infine esaminate le possibilità offerte dalla digitalizzazione per ripensare il rapporto utility-utenti. Soprattutto per i settori che hanno visto processi di liberalizzazione, il rapporto con i clienti diventa un elemento cruciale per il successo aziendale. L'impresa deve infatti essere in grado di sviluppare con questi una relazione dinamica, che evolve nel corso del tempo per allinearsi alle esigenze in cambiamento dei clienti, diventando così duratura.

Strumenti e approcci

Per far fronte alle crescenti aspettative dei clienti sulla quantità e qualità dei servizi offerti, le utilities possono contare su alcuni strumenti digitali, quali, ad esempio, *smart meter* e domotica, che permettono una maggiore personalizzazione e trasparenza dei rapporti con i clienti, ma anche nuovi approcci, come quello del *demand response* che permette alle *power utility* di sviluppare nuovi servizi commerciali e agli utenti di partecipare attivamente al sistema elettrico, con conseguenti vantaggi economici. Di seguito sono descritti alcuni di questi approcci.

Smart metering ENERGIA IDRICO AMBIENTE

La trasformazione digitale può determinare impatti molto rilevanti nella modalità di gestione delle relazioni con l'utente. L'utilizzo degli *smart meter*, ad esempio, non solo permette di misurare e controllare i consumi, ma consente ai gestori di conoscere meglio i propri clienti, individuandone le caratteristiche, i comportamenti e le esigenze.

Gli *smart meter* sono sistemi che consentono la telelettura e telegestione dei contatori di energia elettrica, gas e acqua, permettendo, in primo luogo, la riduzione di costi di gestione per le letture e per le operazioni di gestione del contratto (cambio fornitore, disattivazione, ecc.) che possono essere effettuate in modo automatico a distanza, e con maggiore frequenza. Inoltre, i contatori intelligenti migliorano la consapevolezza per il cliente finale dei propri consumi e incentivano l'efficienza energetica e l'uso razionale delle risorse; l'aumento della frequenza di lettura dei dati permette una migliore tracciabilità e misurazione dei consumi e il monitoraggio continuo permette un miglioramento della manutenzione, poiché in grado di vedere subito un guasto o un malfunzionamento consentendo un intervento più tempestivo. Dal lato dei gestori, questi sistemi migliorano la gestione della rete e l'individuazione delle perdite tecniche e commerciali.

In generale, gli *smart meter,* se accompagnati da una serie di azioni abilitanti (ad esempio automazione della lettura, utilizzo dei dati per analisi avanzate, condivisione dei dati di consumo con i clienti), possono generare benefici rilevanti per le utilities legati alla gestione degli *asset*, come la riduzione dei costi operativi e dei costi di gestione del contatore, il miglioramento della conoscenza del settore e dei servizi nel loro complesso, una migliore pianificazione degli investimenti.

In Italia, l'installazione degli *smart meter* nel settore elettrico è stata avviata già agli inizi degli anni 2000 e oggi si sta procedendo all'installazione dei contatori elettrici di seconda generazione (2G), dotati di nuove tecnologie come la comunicazione post contatore. Il nostro è stato il primo, tra gli Stati europei,

a introdurre su larga scala contatori elettrici intelligenti, e mantiene ancora il primato a livello mondiale per numero di *smart meter* in servizio (oltre 35 milioni).[68]

A livello settoriale, l'Italia è al 98% di diffusione dei contatori intelligenti nel mercato elettrico e al 73% per quanto concerne il gas (secondo miglior dato dopo l'Olanda).[69] Il settore idrico è invece in ritardo. Nonostante infatti vi sia, a livello nazionale, una diffusione di misuratori presso le utenze molto alta (solo l'1,3% del totale delle utenze servite registra assenza dei misuratori),[70] non vi è ancora la realizzazione di un vero e proprio sistema di *smart metering,* inteso come sistema automatico di telegestione dei contatori tramite rete fissa di comunicazione. Questo si deve anche all'assenza di precisi obblighi normativi e regolatori.

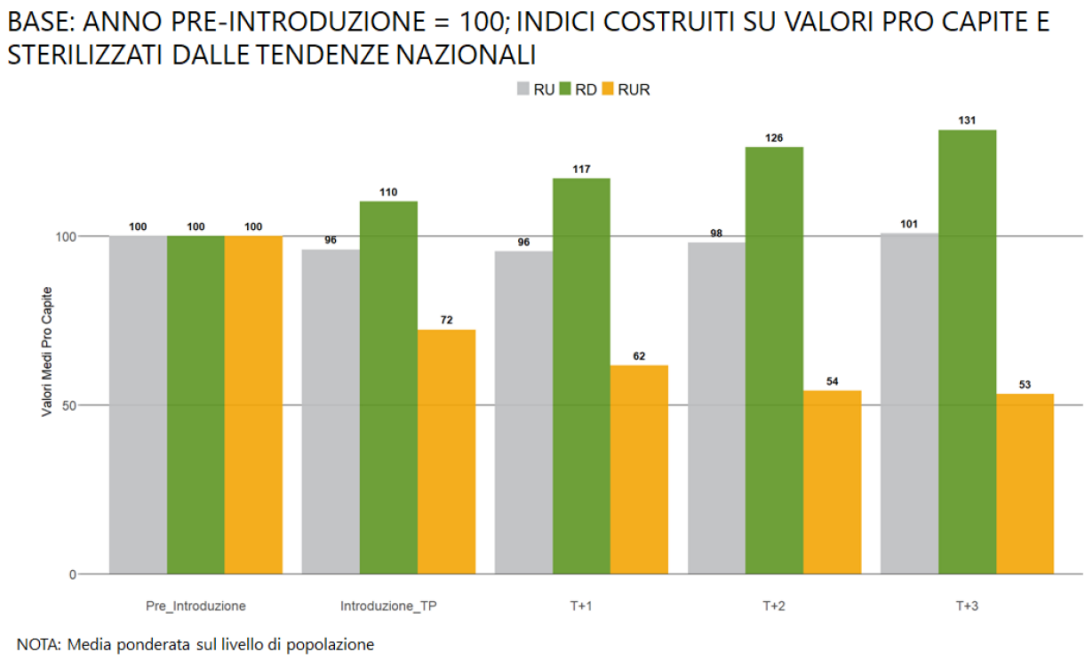
Secondo le stime della Commissione europea, gli *smart meter* in Europa arriveranno a essere 225 milioni di unità per l'elettricità e 51 milioni per il gas entro il 2024, pari a un investimento di 47 miliardi di euro. Sempre entro il 2024, almeno il 77% della popolazione europea avrà un contatore intelligente elettrico e il 44% anche un contatore smart per il gas. Il costo di installazione di uno *smart meter* è pari a 180-200 euro a fronte di un risparmio sui costi dell'energia compreso tra il 2% e il 10%.

A livello mondiale, secondo i dati di IoT Analytics, oltre 200 milioni di contatori intelligenti verranno installati entro il 2024, con CAGR pari al 7%. L'aumento riguarderà in particolare i contatori intelligenti per il settore elettrico nel residenziale, guidato dalla crescente domanda di controllo sui consumi e al risparmio energetico.

Nel caso dell'ambiente, pur con scarsa diffusione la digitalizzazione è in alcuni casi un fattore abilitante per l'implementazione di strumenti di tariffazione puntuale, approccio che già dalla fine degli anni '90 è favorito dalla normativa italiana[71] e comunitaria, che consiste nell'applicazione di un corrispettivo tariffario per la gestione dei rifiuti urbani variabile in ragione della quantità di rifiuto prodotto. La tariffazione puntuale ha dimostrato, come illustrato nella figura 2-11, di essere molto efficace nell'incrementare notevolmente e velocemente la quota di rifiuto differenziato (RD) rispetto alla quota indifferenziata (RUR), pur non riuscendo a ridurre significativamente il volume complessivo dei rifiuti (RU).

[68] European Commission (2020). *Benchmarking smart metering deployment in the EU-28.*
[69] LUMI 4 Innovation (2022). *Cos'è e Come Funziona lo Smart Meter, il Contatore Intelligente*.
[70] ARERA (2021). *Relazione annuale*.
[71] DPR 27 aprile 1999, n.158.

FIGURA 2-11| GLI EFFETTI DELLA TARIFFAZIONE PUNTUALE SUL RIFIUTO URBANO: "COMPOSIZIONE" E NON "LIVELLO"



Fonte: Laboratorio REF Ricerche (2022) su dati ISPRA, 2010-2020

La tariffazione puntuale è spesso, ma non necessariamente, implementata con metodi tecnologicamente avanzati: è questo il caso dei contenitori per la raccolta dotati di calotta elettronica, la quale riconosce l'utente tramite la sua *smart card* e registra il suo conferimento, talvolta effettuando anche una pesatura del materiale conferito. Un altro caso è quello dei mastelli nominali dotati di codici a barre o *QR code* che identificano univocamente l'utenza, accompagnati a sistemi di tracciamento elettronico degli svuotamenti basati su *cloud*, con dispositivi utilizzati dagli operatori del servizio o installati direttamente sui mezzi di raccolta. Come detto, gli strumenti digitali non sono essenziali per l'implementazione di approcci di tariffazione puntuale, ma sono tra i preferiti dalle utilities, e sono gli unici che permettono strategie a maggiore "precisione", come la pesatura del rifiuto conferito.

Demand response ENERGIA

La pratica di adattare i consumi degli utenti in funzione della disponibilità dell'offerta non rappresenta una novità per il settore energetico. Da tempo, infatti, grandi consumatori come le imprese energivore beneficiano di incentivi per compensare la disponibilità a sopportare interruzioni nella fornitura energetica in periodi di scarsità dell'offerta di energia elettrica o problemi tecnici nelle reti di trasmissione e distribuzione. Questo, tuttavia, avviene in scala limitata e con riferimento ai soli consumatori industriali. Invece, il *demand response* supportato dalle tecnologie digitali non solamente può assicurare che flessibilità della domanda avvenga senza compromettere il *comfort* del consumatore, ma anche di penetrare maggiormente il mercato, coprendo una quota maggiore della domanda. Il residenziale e quello dei servizi sono settori ad alto potenziale per il *demand response*. Grazie a sistemi IoT fatti di sensori e termostati intelligenti collegati a *provider* di previsioni

meteorologiche e al mercato energetico, i risparmi per i consumatori e per il sistema energetico possono essere massimizzati.

Il *demand response* può avvenire con il supporto di schemi tariffari variabili a seconda del momento di utilizzo dell'energia elettrica, che incentivano i consumatori a modulare i consumi in funzione del suo prezzo. Ne sono un esempio gli strumenti *price-based* come il *real-time pricing* (RTP – tariffazione in tempo reale), *critical-peak pricing* (CPP – tariffe di picco critico) e le tariffe *time-of-use* (TOU – tariffe a tempo di utilizzo).[72] In alternativa, esistono programmi ai quali i consumatori possono aderire per mettere a disposizione la loro flessibilità nei consumi su richiesta dello *sponsor* del programma in cambio di incentivi. In Italia, l'implementazione di programmi di *demand response* ha assunto la forma di progetti pilota per la partecipazione della domanda elettrica al Mercato per il Servizio di Dispacciamento (MSD), come previsto dal decreto legislativo 4 luglio 2014, n. 102 e della delibera ARERA 300/2017.

Lo schema del programma italiano di *demand response* prevede l'interazione di molteplici attori. I principali sono: I) l'operatore del sistema di trasmissione (TSO), che beneficia della flessibilità; II) gli utenti, nella nuova veste di consumatori-produttori (*prosumer*), i quali mettono a disposizione la propria flessibilità; III) il *balance service provider*, ovvero soggetto aggregatore dei *prosumer* in unità virtuali abilitate miste (UVAM) e responsabile del servizio offerto. A fronte dell'aggregazione della flessibilità fornita al TSO per la gestione dei carichi di rete, il *balance service provider* avanza un'offerta al Gestore dei Mercati Energetici (GME), quale gestore dell'MSD, che remunera il servizio.

Per sommi capi, il flusso operativo del *demand response* si articola in diverse fasi, che prevedono:

1. Un ordine di attivazione della flessibilità da parte del TSO, il quale necessita di bilanciare i carichi di rete.
2. L'individuazione del carico e della generazione nel portafoglio dell'aggregatore che serve a modificare l'uso di energia.
3. L'attuazione dei piani di modulazione in modo automatico o manuale da parte degli utenti.
4. La diminuzione/aumento del carico da parte del TSO per assicurare l'equilibrio di rete.
5. La remunerazione della modulazione effettuata da parte dell'aggregatore a vantaggio dei clienti.

Per permettere una gestione operativa corretta, non è possibile ricorrere a una modulazione manuale della domanda, in cui gli utenti ricevono notifiche dall'aggregatore per eseguire le azioni di consumo, e quindi senza particolari esigenze di connettività o di collegamento a meccanismi di controllo intelligenti

[72] La tariffazione in tempo reale (RTP) prevede prezzi per i consumatori allineati a quelli dei mercati all'ingrosso, pur con qualche accorgimento, come la definizione di tetti massimi e minimi. I consumatori sono avvisati sui prezzi generalmente un giorno o un'ora prima. Le tariffe di picco critico (CPP) sono adottate per far fronte a situazioni critiche per il sistema elettrico e sono perciò prevede una struttura tariffaria con una fascia di prezzo più alta per questi periodi di picco della domanda, applicata in limitati ore o giorni l'anno. Solitamente l'applicazione di tale fascia di prezzo viene notificata ai clienti un'ora o un giorno prima. Infine, le tariffe a tempo d'uso (TOU) prevedono fasce di prezzo differenziate a seconda del momento della giornata per incoraggiare la modulazione volontaria dei consumi. La differenziazione delle fasce di prezzo è effettuata in funzione della situazione di equilibrio del sistema o sui segnali di prezzo del mercato elettrico a pronti. Le tariffe TOU, a differenza delle prime due, si caratterizza per essere una modalità statica di tariffazione, ovvero determinata in anticipo.

delle apparecchiature domestiche. Questa modalità è maggiormente indicata per gli schemi tradizionali, orientati all'industria. Per la partecipazione dei *prosumer* alle UVAM è invece necessario implementare modalità automatiche di risposta alla richiesta di flessibilità. Ciò avviene grazie a dispositivi per la lettura automatica dei dati di consumo e di modulazione, ad esempio integrando sensori e sistemi di controllo intelligenti come i *building energy management system* (BEMS) ai dispositivi domestici. In questo modo viene abilitata la connettività che assicura di eseguire le azioni di controllo dei consumi a distanza.

Secondo lo scenario sviluppato dall'IEA, il potenziale teorico del *demand response* a livello globale è enorme e risiede principalmente nel settore residenziale. A fronte di 3.900 TWh di *demand response* attivabili nel 2017, il potenziale al 2040 potrebbe arrivare a 6.900 TWh, corrispondenti a 185 GW di flessibilità addizionale per il sistema elettrico su scala globale. Ciò si tradurrebbe in un risparmio di 270 mld di USD di investimenti in nuove infrastrutture elettriche (capacità di generazione e delle reti di trasmissione e distribuzione). Come anticipato, lo stesso scenario al 2040 individua nel settore residenziale il potenziale di sviluppo maggiore, con un miliardo di edifici coinvolti e 11 miliardi di dispositivi connessi e partecipanti ai programmi di *demand response*.

Strumenti di engagement e trasparenza ENERGIA IDRICO AMBIENTE

A partire dalla liberalizzazione del mercato dell'elettricità e del gas (Decreto Bersani 1999, Decreto Letta 2000), la concorrenza nella fase di vendita è andata crescendo con il moltiplicarsi dei *player* attivi. La fine del mercato tutelato, rinviata molte volte ma che dovrebbe giungere a implementazione quest'anno (2022), costituisce una sfida e un'opportunità per tutti i venditori di elettricità e gas (parliamo di circa il 50% dei clienti luce e gas ad oggi). La transizione energetica sta trasformando anche la fase *retail*, attraverso:

- nuovi servizi: l'integrazione di elementi come fornitura di energia rinnovabile, generazione distribuita, ecc. sta assumendo maggiore importanza, e l'offerta, quindi, si fa più varia e si moltiplicano le opportunità di miglioramento;
- nuovi *player*: regolazione e normativa (*deregulation*) hanno permesso l'ingresso di nuovi operatori entranti anche da altri settori, specializzati sul *retail* e con focus sull'aspetto digitale (eliminazione delle barriere in ingresso).

Storicamente, la difficoltà del mercato energetico nel attrarre clienti è dovuta a una scarsa comprensione e trasparenza delle tariffe e una possibilità di risparmio percepita come marginale da parte del consumatore.

Queste considerazioni sono, al momento, sicuramente più rilevanti nell'ambito energetico che non nel caso del servizio idrico o di servizio di tutela dell'ambiente e gestione dei rifiuti dove non esiste, al momento, una vera concorrenza nel mercato.

Le tecnologie digitali sono, quindi, la chiave per sviluppare la fase di vendita e di servizi al cliente, creare un vantaggio competitivo e ridurre i costi operativi. Le principali tecnologie adottabili a questo scopo sono lo *smart metering*, accoppiato a IoT e domotica per la parte di raccolta dati e interazione con i clienti, e l'intelligenza artificiale e l'*advanced analytics* per l'analisi del parco clienti e la formulazione di strategie di *engagement.*

Lato cliente, questi strumenti permettono, ad esempio attraverso un'*app* legata alla propria utenza, di avere una maggiore consapevolezza dei consumi e dei costi a essi legati (nel caso di energia e idrico), e di avere indicazioni sui propri comportamenti (nel caso dell'ambiente). Per l'energia, oltre al controllo dei consumi possono essere incluse informazioni sull'impatto emissivo degli stessi, integrando, ad esempio, informazioni sul mix di generazione di riferimento per l'utente, e completando il quadro con indicazioni su come migliorare i propri comportamenti per minimizzare costi ed emissioni (in ottica di *demand-response*). Nel caso dei rifiuti, esistono casi di *app* che permettono di tenere traccia delle date e degli orari di raccolta e spazzamento (ne è un esempio l'*app* PuliAmo del Gruppo A2A), oppure *app* che consentono di individuare i corretti metodi di conferimento dei rifiuti scannerizzando, ad esempio, il codice a barre degli imballaggi (come nel caso di Junker).

Impatti positivi

Le ricadute positive date dalla maggiore partecipazione dei clienti nei servizi erogati, abilitata dalla digitalizzazione, vanno a vantaggio non solo delle utilities, ma hanno anche ricadute sistemiche. Infatti, le utilities beneficiano di una conoscenza più profonda delle abitudini e delle esigenze della propria base clienti che permette loro di poter meglio targetizzare l'offerta di servizi esistenti e di nuovo sviluppo, ma, allo stesso tempo anche di migliorare le modalità di erogazione degli stessi, minimizzando lo stress sul sistema energetico, idrico e di gestione dei rifiuti.

Energia

L'elevata granularità temporale (frequenza quartoraria – oraria) del rilevamento dei consumi elettrici residenziali resa possibile dalla diffusione degli *smart meter* permette di ottenere *dataset* sempre più ampi sulle abitudini di consumo dei clienti finali. Questo grande volume di dati, se opportunamente analizzato, può essere molto utile per scopi di segmentazione dell'utenza. La segmentazione è fondamentale per descrivere *pattern* omogenei di consumo e quindi per individuare *cluster* di profili con un utilizzo simile. Questi *insight* potrebbero andare a beneficio delle utilities, le quali sarebbero in grado di meglio targetizzare la propria offerta commerciale di servizi energetici (dalla tariffazione al servizio clienti ai servizi di efficienza energetica), ma anche dei *policy maker*, ad esempio nella definizione delle strategie di *demand side management* o per la pianificazione di *smart city*.

La maggiore integrazione degli utenti finali del settore energetico abilitata da strumenti digitali permette di beneficiare di molteplici ricadute positive, associate all'ottimizzazione dell'uso del sistema elettrico grazie alla flessibilità della domanda, e, si conseguenza, al bilanciamento fra questa e l'offerta. Un primo esempio di impatto positivo è la riduzione della domanda nelle ore di picco, che, grazie all'automazione resa possibile dalle tecnologie *smart* potrebbe sempre di più essere sostenuta grazie a meccanismi di prezzo e non a veri e propri incentivi. Inoltre, un'ampia diffusione di flessibilità della domanda può innescare dinamiche di sostituzione o di completamento dei servizi forniti da altre tecnologie (vedi gli accumuli) al mercato elettrico, migliorandone l'efficienza in termini di formazione di prezzo. In aggiunta, i servizi offerti dalla flessibilità della domanda possono aumentare l'affidabilità del sistema, assicurando rapidità di azione nel breve termine, affrontando, ad esempio improvvisi squilibri della rete e riducendo nel lungo termine la necessità di investimenti in nuova capacità di generazione.

Gli impatti positivi dell'utilizzo di sistemi digitali nell'interazione con i clienti delle utilities si sostanziano in nuove modalità di interazione e coinvolgimento. Questo diventa un tema cruciale alla luce della liberalizzazione e deregolamentazione dei mercati energetici. Gli approcci utente-centrici permettono un dialogo iper-personalizzato e omnicanale per assicurare maggiori opportunità di successo nell'acquisizione di nuovi clienti e la loro *retention*, assicurandone la soddisfazione. I clienti, infatti, richiedono maggiori *standard* di qualità nell'erogazione del servizio e facilità di accesso ai propri dati di consumo e fatturazione attraverso vari *device*. Con il supporto di strumenti come le *chatbox,* assistenti virtuali supportati da intelligenza artificiale, le utilities possono anche ridurre i costi legati alle attività di *customer care*, che possono essere fino all'80% più bassi di quelli legati alle interazioni telefoniche. Infatti, i servizi di interazione telefonica possono avere un costo medio per cliente fra i 5 e i 12 USD, con le *chatbox* questo può scendere fino a 1,55 USD. Ciò può avvenire automatizzando le comunicazioni con i clienti, dando loro accesso a una vasta gamma di informazioni tramite *app* o area riservata riducendo la necessità di interazioni con il *customer service*, o anche adottando sistemi di supporto al *customer care*, che facilita e velocizza l'interazione degli operatori coi clienti.

Infine, i benefici ottenibili da una combinazione di queste strategie comprendono lo sviluppo di una migliore relazione con i clienti, con un flusso bidirezionale di dati e informazioni (invece del convenzionale flusso a senso unico dalle utilities agli utenti), che porta a una maggiore *retention* dei clienti attuali, riducendo la perdita di clienti verso i concorrenti, tendenza sempre più frequente con il consolidamento del mercato libero: secondo i dati di ARERA, mentre fino al 2018 i cambi di fornitore nel *retail* erano in media intorno ai 300.000 al mese, per il 2022 la media si attesta intorno ai 500.000 cambi al mese. L'adozione di approcci digitali avanzati nella relazione coi clienti costituisce anche un fattore di attrazione di nuovi clienti, alla ricerca di un'esperienza di maggiore qualità, di servizi aggiuntivi o di maggiore trasparenza, con particolare riferimento ai clienti più giovani.

Ambiente

Nel settore dell'ambiente le strategie di digitalizzazione nel rapporto con gli utenti finali sono in molti casi ai primi passi, dato che solo in tempi relativamente recenti la gestione dell'ambiente e dei rifiuti ha richiesto un ruolo più attivo dei cittadini. Queste strategie hanno forti potenziali di impatto, in particolare su:

- Miglioramento nella qualità della raccolta, riducendo gli errori relativi ai materiali conferiti o a i giorni e orari di esposizione dei rifiuti, con impatti positivi sulle utilities grazie a migliori *performance* di riciclo, minore ricorso a meccanismi sanzionatori, riduzione della dispersione dei rifiuti. Tutto ciò porta anche, da una parte a una minore conflittualità con gli utenti, e quindi ad avere minori costi di contenzioso o di gestione amministrativa, e dall'altra evita situazioni problematiche di decoro, con conseguente percezione di una maggiore qualità del servizio e il miglioramento delle relazioni con gli enti locali.
- Comodità di utilizzo per l'utente e sviluppo di un senso di attenzione al cliente: gli utenti sono sempre più portati ad avere aspettative elevate sul livello e la qualità della digitalizzazione dei servizi di cui usufruiscono, che permettono loro di tenere sotto controllo le loro utenze: informazioni in tempo reale, ad esempio, sulla fornitura di servizi di raccolta e spazzamento, possono rispondere a queste aspettative.

- Riduzione nella produzione di rifiuti, specialmente di rifiuti indifferenziati o non correttamente differenziati.
- Possibile canalizzazione di servizi aggiuntivi, come il ritiro porta a porta di ingombranti, ma anche strategie più avanzate come meccanismi di logistica inversa per la restituzione di imballaggi e prodotti, recupero di beni di seconda mano destinati alla riparazione o alla rivendita.
- Miglioramento delle informazioni a disposizione sui comportamenti degli utenti, con ottimizzazione della logistica, del personale e della produzione: ad esempio, le utilities hanno la possibilità, tramite le *app*, di ricevere informazioni su quali siano i tipi di rifiuti per i quali c'è maggiore incertezza tra i clienti.

In conclusione, le utilities hanno l'opportunità di fare leva sulla accresciuta sensibilità verso l'ambiente degli utenti, che spesso richiedono un supporto informativo e formativo per essere orientati correttamente: questo può essere un punto di partenza per costruire un rapporto bidirezionale con i cittadini, costruendo quindi reciproca fiducia e, potenzialmente, portando il cliente a fidelizzarsi all'interno dell'ecosistema di offerta più a tutto tondo dell'utility, costituendo un beneficio anche per gli altri servizi come la fornitura di energia.

Idrico

Nel settore idrico, la digitalizzazione nel rapporto con i clienti permette ai gestori di conoscere meglio il *target* e di individuarne caratteristiche, comportamenti ed esigenze specifiche, e al contempo consente ai clienti di fruire di servizi efficienti e rapidi, erogati attraverso strumenti digitali e in modo integrato.

Gli *smart meter* nel settore idrico presentano importanti potenzialità legate ai benefici per la gestione degli *asset* e la riduzione nell'utilizzo della risorsa idrica. Il loro utilizzo comporta notevoli benefici per il gestore, per il cliente e anche sul fronte del rapporto cliente/gestore.

Da un lato, infatti, le utilities rilevano una riduzione dei loro costi operativi, la riduzione delle perdite a livello di rete e a livello residenziale e non residenziale (con i costi associati), la riduzione dei costi di gestione dei contatori stessi, la riduzione dei costi di investimento o il rinvio di investimenti non necessari in estensione della rete/*asset,* una migliore pianificazione, maggiore capacità di previsione della domanda per tipologia di utenza.[73]

Dall'altro, per i clienti vi sono: maggiore coinvolgimento e consapevolezza dei consumi; garanzia di avere servizi efficienti e rapidi e nuovi prodotti (offerte di prodotti personalizzati, ecc.); minori costi in tariffa grazie ad avvisi circa le perdite, fatturazione mensile; maggiore sicurezza grazie alla lettura automatica dei contatori; integrazione di *smart meter* con elettrodomestici intelligenti.[74]

Questo comporta un migliore rapporto tra i clienti e il gestore grazie, ad esempio, a: riduzione dei reclami relativi alla fatturazione dei clienti e ai relativi costi; programmi di assistenza clienti nel caso perdite nascoste o difficoltà finanziarie nel pagare le bollette; maggiore interazione con i clienti

[73] Monks, I., Stewart, R.A., Sahin, O., Keller, R., (2019). *Revealing Unreported Benefits of Digital Water Metering: Literature Review and Expert Opinions.*
[74] Cfr. nota 9.

attraverso una migliore comunicazione grazie alla disponibilità di dati; aumento del gradimento del servizio dovuto alla condivisione di informazioni, a nuovi prodotti e servizi, ecc.[75]

La digitalizzazione del rapporto con i clienti nel settore idrico riguarda anche l'utilizzo di strumenti digitali come le *app* e gli sportelli online in grado, anch'essi, di permettere ai gestori di conoscere meglio i propri clienti, di individuarne caratteristiche, comportamenti ed esigenze.

Attraverso le *app,* ad esempio, è possibile: I) avere una comunicazione trasparente e in tempo reale riguardante gli avvisi di disservizi, interruzioni, informazioni su cantieri aperti, ecc., II); semplificare l'espletamento di pratiche amministrative *end to end*; III) migliorare la gestione dei dati.

Lo sportello online consente di usufruire di nuove modalità di contatto e azzerare tempi di attesa, tramite, ad esempio, procedure autogestite dall'utente, visualizzazione di dati (anagrafici e contrattuali, relativi a bollette e pagamenti), la possibilità di comunicare la lettura del proprio contatore, pagare la bolletta tramite carta di credito, agevola la gestione della fornitura.

Ostacoli

Quanto agli ostacoli alla diffusione di strumenti e approcci digitali nella gestione dei rapporti con gli utenti, questi sono legati fortemente alla natura dei servizi e al tipo di regolamentazione specifica per ciascun settore, e quindi non sono generalizzabili a livello di utility, ma da esaminare per singolo settore.

Energia

L'opportunità offerta dai *big data* raccolti grazie a strumenti di misurazione dei consumi di ultima generazione è limitata in ragione delle ancora limitate capacità di analisi, che dovrebbero fare ulteriori passi avanti per massimizzare gli effetti positivi della segmentazione dell'utenza di cui sopra. Risulta infatti necessario sviluppare nuovi metodi, sistemi e strumenti di *big data* analytics. Infatti, la tecnica dell'aggregazione, largamente utilizzata per l'analisi di grandi *dataset*, potrebbe risultare inadatta per gli scopi di segmentazione dell'utenza, soprattutto quando questa si caratterizza per una forte eterogeneità, tipica delle abitudini di consumo.

Nonostante la connettività dei dispositivi elettrici resa possibile dalla digitalizzazione abbia allargato la partecipazione ai programmi di *demand response* anche ad altre tipologie di destinatari del servizio, come quelli del settore residenziale, permangono alcuni ostacoli per una diffusione tale da rendere scalabile questa soluzione. Una prima barriera riguarda la definizione di *baseline*, ovvero quanta energia sarebbe stata consumata dall'utente se non si fosse verificato l'evento di attivazione del *demand response*. La determinazione della *baseline* è importante per individuare il valore del programma di *demand response* per gli operatori e della remunerazione dei partecipanti. Qualora la *baseline* venga sottostimata, vi è il rischio di scoraggiare la partecipazione dei consumatori. Se invece questa è sovrastimata il valore generabile dal programma per le utilities potrebbe essere eccessivamente depresso, riducendone l'interesse. Questo risulta particolarmente complesso nel settore residenziale alla luce di profili di carico più variabili in termini assoluti e in termini di randomicità della variazione rispetto ai profili commerciali e industriali. Ciò implica dover raccogliere e analizzare un'enorme quantità di dati riguardanti anche i comportamenti degli utenti e fattori esterni come quelli

[75] Cfr nota 9.

meteorologici. Con la maggiore adozione di dispositivi intelligenti (*smart meters*, domotica, etc.) tale problema viene parzialmente superato. Permangono infatti problemi di accessibilità dei dati, i quali dovrebbero essere condivisi sia dagli operatori di rete che dagli aggregatori, i quali sono però sono riluttanti alla condivisione.

Ambiente

Nel settore ambiente, al contrario di quello dell'energia, spesso non esiste un'infrastruttura che permette il tracciamento dei comportamenti dei singoli utenti: questo è il caso di tutti gli attuali modelli di raccolta di rifiuti urbani, fatta eccezione per quelli che prevedono la tariffazione puntuale con metodi digitalizzati.

Stando a dati ISPRA,[76] nel 2021 vi erano 1.001 Comuni che adottavano un metodo di tariffazione puntuale, per una popolazione complessiva coperta di oltre 7 milioni di abitanti. Inoltre, vale la pena sottolineare che la distribuzione territoriale di questi Comuni risulta alquanto sbilanciata. Infatti, l'82% dei Comuni che hanno adottato metodi di tariffazione puntuale sono collocati in 4 regioni del Nord Italia: Veneto, Lombardia, Piemonte e Trentino-Alto Adige.

Anche dove tale infrastruttura per la tariffazione puntuale digitale esiste, le sue caratteristiche sono estremamente eterogenee a seconda del livello territoriale a cui il servizio è organizzato ed esercito. Comuni limitrofi possono avere sistemi di raccolta completamente diversi, che vanno da una raccolta porta a porta con tariffazione puntuale con verifica del peso e del numero di conferimenti per ogni frazione differenziata, all'estremo opposto di raccolta con contenitori in strada e TARI fissa. In un contesto così eterogeneo e frammentato, dove la gestione e le tecnologie variano enormemente, gli investimenti in soluzioni di interazione e coinvolgimento degli utenti avanzate diventa più difficile: tali strategie non sono spesso considerate parte del *core business* delle utilities, e richiedono investimenti spesso non giustificabili a fronte delle ridotte dimensioni delle popolazioni omogenee alle quali sarebbero applicabili. La frammentazione del servizio impedisce il raggiungimento di livelli di massa critica che renderebbero questi approcci digitali più economicamente sostenibili. Infine, il servizio ambiente è per i cittadini meno oneroso rispetto al servizio di fornitura di vettori energetici, e per questo motivo può trovare potenzialmente meno attenzione rispetto a esigenze di risparmio sulla tariffa rifiuti: i cittadini, su questo tema, potrebbero essere spinti più da prescrizioni e sanzioni e/o dalla propria sensibilità verso i temi ambientali, piuttosto che da considerazioni di risparmio economico.

Idrico

Le strategie di digitalizzazione dei rapporti con i clienti nel settore idrico sono di recente applicazione e, per certi aspetti, ancora in una fase embrionale. La regolazione della qualità contrattuale e le Carte del Servizio, che rappresentano i due principali strumenti di regolazione dei rapporti tra i clienti e i gestori del servizio idrico, necessitano di essere riviste in un'ottica di maggiore digitalizzazione dei canali comunicativi con gli utenti.

[76] ISPRA (2021). *Rapporto sui rifiuti urbani.*

Tale ritardo è dovuto, in particolare, agli oneri connessi alle riorganizzazioni aziendali interne, ai maggiori costi richiesti per adeguare le competenze dei dipendenti all'uso delle nuove tecnologie, ai costi per l'implementazione di nuove tecnologie (investimenti iniziali e manutenzioni periodiche).[77]

Anche l'installazione dei contatori intelligenti registra un notevole ritardo a causa, soprattutto, di una mancanza di obblighi a livello normativo e regolatorio.

La resilienza delle organizzazioni digitali: la cybersecurity

L'energia, la gestione dei rifiuti e la fornitura del servizio idrico sono tra le più critiche delle infrastrutture di servizio pubblico: assolvono a bisogni essenziali inderogabili, con una necessità di continuità che non ha pari tra gli altri servizi, eccetto forse le telecomunicazioni. In quanto infrastrutture critiche, i sistemi *hardware* e *software* che le compongono devono essere particolarmente affidabili e anche estremamente sicuri. La sicurezza dei sistemi IT è quindi fondamentale, poiché questi sistemi infrastrutturali sono obiettivi prioritari di possibili attacchi informatici, anche nel contesto di "guerra ibrida" cui i paesi occidentali sono sempre più esposti. Pertanto, il *software* deve essere ben progettato e controllato a fondo. Queste circostanze portano a tempi di sviluppo più lunghi e relativi costi più elevati rispetto ad analoghe piattaforme informatiche con minori gradi di sensibilità, ed espongono le piccole utilities, spesso dotate di approcci meno sofisticati o di sistemi datati, a rischi maggiori.

Da un lato, le piccole utilities vedono chiaramente la necessità di apportare importanti miglioramenti all'IT per prevenire gli attacchi. D'altro canto, però, essendo aziende di pubblica utilità, sono soggette a una rigida regolamentazione, soprattutto per quanto riguarda le tariffe che possono addebitare al pubblico per la fornitura di servizi. Le piccole aziende di servizi pubblici spesso non dispongono del *budget* necessario per adottare approcci di *cybersecurity* avanzati e proteggere sé stesse e i clienti.

Da una parte, la dipendenza da sistemi datati mette a rischio le piccole utilities perché tali sistemi sono spesso più vulnerabili. D'altro canto, l'implementazione di nuovi approcci digitalizzati potrebbe anche attirare l'attenzione di potenziali autori di attacchi, che si materializzano come, ad esempio, *phishing*,[78] *ransomware*[79] e *denial-of-service*.[80]

---

[77] Cosentino C., Di Pietro A., (2020). *La digital transformation della customer experience nel settore idrico: orientamenti normativi e opportunità a sostegno della sostenibilità e dell'innovazione*, in Management delle Utilities e delle Infrastrutture 04/2020.

[78] Il *phishing* è la pratica fraudolenta di inviare e-mail o altri tipi di messaggi che sembrano provenire da mittenti affidabili per indurre le persone a rivelare informazioni personali, come password e numeri di carte di credito.

[79] Il *ransomware* è un attacco realizzato con un *software* progettato per bloccare l'accesso a un sistema informatico fino al pagamento di una somma di denaro.

[80] In informatica, un attacco *denial-of-service* (attacco DoS) è un attacco informatico in cui l'autore cerca di rendere una macchina o una risorsa di rete non disponibile per gli utenti, interrompendo temporaneamente o indefinitamente i servizi di un server connesso a una rete. Il *denial of service* è tipicamente realizzato inondando la macchina o la risorsa bersaglio di richieste superflue nel tentativo di sovraccaricare i sistemi e impedire che alcune o tutte le richieste legittime vengano soddisfatte. In un attacco *distributed denial-of-service* (DDoS), il traffico in entrata che inonda la vittima proviene da molte fonti diverse. Per mitigare questo tipo di attacco sono necessarie

I criminali informatici che si concentrano sulle piccole utilities conoscono le complessità di questo mercato, compresi i modelli di comportamento dei dipendenti e dei clienti, e utilizzano queste conoscenze per penetrare nei sistemi di sicurezza. Più conoscono il funzionamento delle aziende del settore, più sono in grado di muoversi attraverso la rete violata.

Il movimento laterale consente agli aggressori che per primi accedono a un singolo *endpoint*, magari quando un dipendente di un'azienda di servizi pubblici cade in un attacco di *phishing*, di spostarsi su nuovi obiettivi all'interno dell'ambiente dell'azienda. Una volta che gli *hacke*r accedono a un computer, possono scansionarlo alla ricerca di credenziali da utilizzare per accedere ad altre applicazioni. Utilizzano quindi l'elenco crescente di credenziali per spostarsi da un dispositivo all'altro, fino ad arrivare a livelli di accesso sufficienti per impiantare *virus* e *malware*. Una volta ottenuto l'accesso, il rischio è che abbiano accesso ai dati sensibili dell'azienda dei clienti, o addirittura che penetrino nei sistemi di controllo di sensori e attuatori, causando danni fisici ai macchinari.

Le piccole aziende possono adottare alcune misure per prevenire o ridurre al minimo i movimenti dei malintenzionati all'interno dei propri sistemi: in primo luogo, poiché la tecnica dipende dalle autorizzazioni di accesso degli utenti e dei gruppi, una delle migliori pratiche consiste nel limitare tali autorizzazioni, concedendo agli utenti solo i permessi necessari per svolgere il proprio lavoro. Limitare l'accesso ad altri utenti, gruppi ed *endpoint* rende molto più difficile per gli *hacker* muoversi. Questi possono essere piccoli passi, ma sono alla portata della maggior parte delle aziende.

Misure più ambiziose possono essere l'installazione di nuovi server e *software* di sicurezza, la formazione dei lavoratori o la creazione di un centro operativo di sicurezza. Queste misure, ovviamente, potrebbero avere costi importanti.

Alcuni degli approcci che abbiamo descritto in questo *paper* recano con sé considerazioni di cybersecurity. Per esempio, l'*edge computing* e, in generale, gli approcci che estendono i confini della rete aziendale, hanno impatti rilevanti in questo senso: da un lato, l'implementazione di strategie *edge* può ridurre il flusso di dati da proteggere da attacchi, diminuendo quindi il rischio di intrusioni e interruzioni del servizio; d'altro canto, la distribuzione di nodi di calcolo strategici sul territorio moltiplica le occasioni di attacco fisico, e aumenta esponenzialmente il numero di punti d'accesso, incrementando la necessità di protezione di una rete aziendale sempre più ramificata.

Un primo passo, comunque, può essere un intervento di raccolta di informazioni sullo stato dell'arte della rete, iniziando con l'identificazione, l'inventario e il monitoraggio di tutto ciò che è presente in rete: *laptop, pc, tablet*, *server* e macchine virtuali nel *cloud*. Monitorando regolarmente questi punti di accesso alla rete, in tempo reale e in ogni momento, anche la più piccola delle piccole aziende può individuare e bloccare rapidamente potenziali vulnerabilità e minacce attive.

Ultimo, ma non per importanza, è anche in questo caso il tema delle competenze: la sicurezza informatica passa prima di tutto dalla capacità delle persone di comprendere i rischi di attacco informatico, mettere in piedi azioni per la loro prevenzione, e riconoscere un attacco quando lo vedono.

---

strategie più sofisticate, in quanto il semplice tentativo di bloccare una singola fonte è insufficiente perché le fonti sono molteplici.

Una delle più semplici azioni di formazione, in questo senso, applicabile da aziende di ogni dimensione, è l'invio di finte *e-mail* di *phishing*, che permettono di educare i dipendenti al riconoscimento di questi attacchi. Infine, il comportamento dei dipendenti deve guardare anche alla sicurezza fisica dei macchinari, dei dispositivi e degli impianti, per assicurare che malintenzionati non abbiano, ad esempio, accesso diretto ai server aziendali, e alla sicurezza delle chiavi di accesso. Questo significa che ogni dispositivo deve essere coperto da password sicure, sostituite con frequenza, e personali per ciascun utente.

In conclusione, la *cybersecurity* è un tema culturale e organizzativo tanto quanto è un tema tecnologico: non dovrebbe, quindi, costituire un elemento di pregiudizio per l'applicazione di approcci digitali avanzati, che anzi, in molti casi, possono avere un impatto positivo sulla sicurezza informatica e non viceversa.

3 GESTIRE LA TRANSIZIONE VERSO UNA UTILITY DIGITALE

Questo documento ha voluto fornire una panoramica ampia e articolata delle varie strategie, azioni e tecnologie che le utilities possono implementare per trasformarsi in vere e proprie organizzazioni *data-driven.* Sono stati analizzati i benefici che una gestione digitale di *asset*, processi e relazioni con l'utenza può portare alle utilities di tutte le dimensioni, e gli ostacoli che complicano e rallentano l'adozione di tali strategie. In questa sezione sono riassunte le azioni prioritarie per le utilities emerse dalla disamina. Infine, il *paper* si chiude con una raccolta di tutte le proposte di policy che possono facilitare e accelerare la transizione digitale delle utilities, trasformandola in una leva di competitività non solo per le imprese, ma anche per i territori che queste imprese servono, e più in generale, per il tessuto economico del paese.

Una roadmap per la digitalizzazione delle utilities: le priorità strategiche

Competenze, cultura, strategia.

Tutte le strategie di digitalizzazione descritte nel *paper*, nessuna esclusa, fanno forte affidamento su competenze digitali. Dalla *data literacy* o alfabetizzazione digitale, prerequisito per ogni strategia di gestione dei dati efficace, fino alle competenze altamente qualificate e specializzate dei tecnici dell'intelligenza artificiale, le imprese si trovano davanti alla sfida di reperire queste competenze sul mercato e di svilupparle internamente. Fare affidamento a fornitori e consulenti esterni per lo sviluppo della digitalizzazione può essere un modo per imprimerle l'abbrivio iniziale, o per sperimentare tecnologie particolarmente sofisticate e sperimentali, ma è costoso e non sostenibile per le esigenze di lungo periodo. Un altro canale per fare fronte alle necessità di acquisizione di talenti è costituito dalle partnership con università, per assicurarsi un canale diretto per nuove assunzioni di personale qualificato, ma anche per contribuire a strutturare i corsi accademici in funzione dei requisiti di competenze specifiche necessarie per i settori energetico, idrico e ambientale. Tuttavia, per far fronte alla carenza di talenti, le utilities devono contestualmente prevedere una strategia di *upskilling* (aggiornamento e incremento delle competenze) e *reskilling* (formazione delle persone a nuovi settori e mansioni) delle proprie risorse umane.

Lo sviluppo delle competenze non deve riguardare solo la base della piramide organizzativa, ma è cruciale che coinvolga anche i livelli manageriali, affinché a questi livelli si sviluppi la consapevolezza delle potenzialità degli strumenti digitali, si comprenda cosa è fattibile e cosa non lo è, cosa è immediato e cosa richiedere uno sforzo di risorse e tempo. Il rischio è che i livelli direzionali cadano o in un rifiuto *tout-court* delle risorse digitali oppure ne abbiano, all'altro estremo, una "concezione di onnipotenza". Nel primo caso, un rifiuto degli strumenti digitali se non nei casi praticamente obbligati tende a comportare un'implementazione al "minimo indispensabile". La conseguenza naturale di questo è una mancanza di visione ed evoluzione complessiva, che porta a una stratificazione di sistemi frammentati e non coordinati tra loro. Questa situazione porta a sistemi informativi meno efficaci, meno sicuri (perché più dispersivi), più eterogenei e non standardizzati (con conseguenti maggiori costi di manutenzione e aggiornamento), meno aggiornabili e di conseguenza più passibili di una sostituzione anticipata. Un vortice di svantaggi che possono essere evitati grazie all'integrazione della digitalizzazione nella cultura aziendale, a tutti i livelli, operativi e strategici.

All'estremo opposto vi è "concezione di onnipotenza" della digitalizzazione, secondo la quale gli approcci digitali sono facili, economici e rapidi da implementare, e permettono di conseguire risultati straordinari sempre e comunque. La realtà sta nel mezzo, e individuarla richiede una profonda comprensione della materia, che si può ottenere solo con lo sviluppo delle giuste competenze e della giusta cultura digitale.

Massa critica, partnership, aggregazioni.

Le tecnologie digitali sono, per definizione, tra le più facilmente scalabili in assoluto. Nei casi di soluzioni esclusivamente basate su *software*, l'unico limite a una scalabilità potenzialmente infinita è la capacità di calcolo e di *storage* dell'infrastruttura IT: limiti che, date le prestazioni elevatissime dei calcolatori moderni e i costi irrisori legati alle infrastrutture *cloud*, diventano oggi quasi irrilevanti dal punto di vista dei costi. Altri approcci richiedono anche un investimento infrastrutturale, anche se, ad ogni modo, la principale voce di costo dell'implementazione è rappresentata dalla formazione del capitale umano, dalla revisione dei processi e dalla configurazione del *software*, più che dall'infrastruttura stessa. Con caratteristiche di scalabilità così spinte, è naturale che a una maggiore ampiezza della realtà alla quale le strategie di digitalizzazione vengono applicate si accompagna una minimizzazione dei costi.

Alla luce di queste considerazioni, e anche in ragione della difficoltà nel reperimento di personale e competenze adeguate all'implementazione di approcci digitali, è fondamentale che le utilities, specialmente quelle di piccole dimensioni, facciano squadra. Ciò può avvenire con collaborazioni tra utilities con caratteristiche dimensionali, di competenze e di attività simili, può concretizzarsi in *partnership* con fornitori di tecnologia, o infine può essere facilitato dall'aggregazione tra utilities, o dall'internalizzazione delle competenze specializzate, anche tramite acquisizioni.

Standardizzazione, best practice, interoperabilità

Per abilitare tali collaborazioni, (anche solo in un'ottica futura laddove non siano immediatamente realizzabili), è fondamentale che gli approcci digitali implementati siano basati su *standard* riconosciuti, ancor meglio se aperti, per evitare un effetto *lock-in* su tecnologie di nicchia. Rispetto a quello che accade per molti altri investimenti infrastrutturali delle utilities, gli approcci digitali hanno un panorama di *standard* più ampio e in più rapida evoluzione. Inoltre, diversamente da quello che accade per gli standard industriali più "tangibili" (ad esempio, standard meccanici o sui materiali), vi è una larga disponibilità di *standard open source*: a questo proposito, le imprese si trovano di fronte alla scelta se affidarsi a fornitori che utilizzano tecnologie e protocolli proprietari, o addirittura se sviluppare tali protocolli internamente, oppure se affidarsi (anche qui, con sviluppo interno o esterno) a protocolli e standard *open source*. In questi casi, il *trade-off* è spesso tra migliori *performance* associate a un rischio di eccessiva dipendenza da un unico fornitore e *performance* inferiori ma con una garanzia di maggiore libertà nell'accesso al sistema da parte di parti terze. È una scelta peculiare del campo digitale, e richiede analisi dettagliate, formulazione di scenari e profonda conoscenza delle caratteristiche tecniche degli standard a confronto. Al fine di ottimizzare la scelta delle migliori soluzioni tecnologiche, è quindi fondamentale tenere nella dovuta considerazione le buone pratiche consolidate e fare scelte che garantiscano l'interoperabilità delle soluzioni con altre tecnologie e sistemi già attuati o programmati in azienda.

Innovazione, investimento, lungimiranza

Digitalizzazione e innovazione sono termini che vanno naturalmente a braccetto. Vi sono però approcci più o meno innovativi alla digitalizzazione: si può andare dalla mera "informatizzazione" di processi consolidati, come può essere il passaggio da un archivio cartaceo a un database elettronico *standard*, a un modello compiuto di *data-driven organisation*, come descritto nel capitolo precedente. Adottare approcci digitali significa guardare al futuro con lungimiranza e investire le risorse necessarie, in termini economici ma anche e soprattutto di tempo e attenzione. A questo fine, le imprese hanno l'opportunità di supportare gli investimenti in materia non solo con strumenti tradizionali, come gli incentivi a pioggia (a titolo esemplificativo, il credito d'imposta Industria 4.0), ma anche con progetti innovativi, pionieristici e mirati, come quelli europei di Horizon Europe. Questi ultimi consentono alle imprese non solo di sviluppare progetti complessi e strutturati con finanziamenti adeguati, ma anche di accedere a reti di soggetti altamente qualificati, con ricadute positive in termini di capacità di progettazione.

Proposte di policy per un contesto favorevole alla digitalizzazione delle utilities

Standard e interoperabilità dei sistemi.

Approcci standardizzati e coerenti, di cui abbiamo sottolineato l'importanza nella sezione precedente, producono efficienza per le imprese e quindi valore per il sistema-paese, perché facilitano l'aggregazione delle imprese e le preparano a una collaborazione sempre più serrata e fruttifera con gli *stakeholder* e le altre imprese. Uniformare i "linguaggi" provenienti dalle diverse apparecchiature e sistemi è essenziale per una gestione olistica dell'infrastruttura, e le autorità e i decisori pubblici hanno un ruolo fondamentale di *standard setting.* Possono farlo con strumenti normativi (prescrivendo determinati *standard*, solitamente coerenti a livello internazionale), ma anche con strumenti "*soft*". Questi ultimi comprendono l'utilizzo della leva degli acquisti pubblici per favorire la diffusione di standard tecnologici di fatto, a cui auspicabilmente anche gli operatori privati aderiranno per ragioni di scalabilità.

Infrastrutture pubbliche

Vi sono diversi casi di infrastrutture digitali abilitanti che, per le loro caratteristiche intrinseche, si configurano come monopoli naturali: è il caso dell'infrastruttura di telecomunicazione. Fibra ottica e reti cellulari, ma potenzialmente anche infrastrutture *wireless* a punti fissi (*Fixed Wireless Access* – FWA) basate su onde radio o microonde, e delle infrastrutture di telecomunicazione satellitari. Ma è anche il caso dei servizi meteorologici, dei servizi satellitari di imaging e di localizzazione (come l'europeo Galileo). L'accessibilità di queste tecnologie è, in particolare, fondamentale per gli approcci IoT e per tutte quelle strategie che portano il digitale sulle infrastrutture distribuite (basti pensare ai contenitori per rifiuti o ai mezzi di raccolta, nel caso del servizio ambiente). In tutti questi casi, la realizzazione e il mantenimento di queste infrastrutture vaste (e utilizzabili per numerosissimi scopi al di fuori di quelli rilevanti per le utilities), sono massimamente efficienti quando realizzate o organizzate a livello pubblico. Tali infrastrutture devono essere affidabili, accessibili a prezzi adeguati, adeguate alle esigenze di sviluppo future (*future-proof*) e innovative. La corretta gestione di tali infrastrutture è abilitante per la maggior parte delle strategie descritte in questo *paper*, e quindi assume un ruolo strategico per lo sviluppo digitale dell'economia.

Open data

L'approccio dell'infrastruttura pubblica che beneficia di un grande numero di iniziative puntuali non deve essere limitato alle infrastrutture fisiche, ma anche ai dati stessi. La raccolta, sistematizzazione e fornitura frequente e tempestiva, efficace e affidabile di una mole e varietà di dati quanto più grandi possibile, permette alle aziende di fare simulazioni e scelte più informate e quindi precise ed efficaci. Questo è particolarmente rilevante nel caso delle utilities, che fanno specifico affidamento su dati di pubblico dominio come quelli meteorologici e demografici. A questo fine, le istituzioni rendono già disponibili molte informazioni alle imprese: ne è un esempio l'Istat, che fornisce, su richiesta, i dati di dettaglio gratuitamente. Questo processo, però, è spesso laborioso, lento, fortemente dipendente dall'intervento umano e quindi non utilizzabile in applicazioni automatiche, che richiedono aggiornamenti frequenti e alimentazione automatizzata dei dati. Le istituzioni pubbliche hanno quindi la possibilità di facilitare l'accesso ai dati utilizzando approcci standardizzati e accessibili tramite API, riducendo notevolmente l'onere a carico delle imprese per l'elaborazione di tali dati.

Regolazione

Tra gli ostacoli citati nel testo rispetto all'implementazione di innovazioni digitali in un campo, come quello delle utilities, dove il modello di business e di revenue è fortemente regolato, vi è la difficoltà a finanziare tali approcci nell'impossibilità di riflettere i costi della digitalizzazione sui clienti finali. Il sistema attuale basato sul CAPEX e la RAB (*Regulatory Asset Base*) privilegia gli investimenti in infrastrutture "tradizionali", costituendo un potenziale limite alla capacità di investimento delle utilities nella digitalizzazione. Un passaggio graduale verso un sistema *output-based* che guardi al TOTEX (spese totali e non solo le spese in conto capitale) potrebbe essere una soluzione, ma richiede una visione ampia e la collaborazione di tutti gli operatori, poiché implica una radicale trasformazione del funzionamento del sistema dei servizi pubblici, a partire dal sistema elettrico.

Struttura del mercato

Nel caso del mercato elettrico, l'apertura alla partecipazione delle risorse distribuite a nuovi mercati di servizi locali, di cui i DSO si approvvigionerebbero tramite aste o contratti, potrebbe essere un ulteriore stimolo allo sviluppo della digitalizzazione. Altri Paesi sono più avanti dell'Italia sotto questo aspetto. Ad esempio, il Regno Unito sta sperimentando con successo delle aste tramite le quali i DSO acquistano prodotti di flessibilità.

Cybersecurity

Come discusso nella sezione precedente, le preoccupazioni in merito alla *cybersecurity* sono un limite allo sviluppo di approcci digitali soprattutto per le piccole utilities che non hanno la capacità di approntare sistemi di sicurezza avanzati. Vi è quindi spazio per un intervento pubblico specifico, che potrebbe sostenere nello specifico la *cybersecurity* per le imprese che svolgono servizio pubblico. Il PNRR sostiene la *cybersecurity* nella pubblica amministrazione con una specifica linea di investimento di 623 milioni finalizzata a sviluppare una rete di servizi *cyber* nazionali: un'ipotesi potrebbe essere dare accesso a tale rete anche alle imprese di diritto privato che svolgono servizi pubblici, dedicando un'allocazione aggiuntiva specifica.

Filiera dell'*hardware*

La digitalizzazione passa dallo sviluppo di risorse immateriali, ma è anche fatta di dispositivi fisici ad alta tecnologia: *chip*, schede, sensori, dispositivi di rete. Silicio, rame e fibra ottica. La fornitura di tali prodotti, negli anni del boom digitale, si è sviluppata lungo catene del valore globali lunghe, frammentate, distribuite su più continenti e poco controllabili. La tecnologia per la produzione dei *chip* è concentrata nei Paesi Bassi, il rame viene in grandissima parte dal Cile, progettazione e produzione dei processori sono un'eccellenza di Taiwan, mentre l'assemblaggio dei prodotti finiti è un semi-monopolio cinese. Nei mesi successivi alla crisi pandemica del 2020, queste catene di fornitura sono entrate in crisi, una condizione che, a fine 2022, non è ancora rientrata. L'insostenibilità di tale approccio, che espone a rischi esogeni e instabilità geopolitica rilevanti, ha portato in tempi recenti a ripensare a questa configurazione. L'Europa ha risposto a questa situazione con lo *European Chips Act* che prevede investimenti in capacità produttiva locale per microprocessori e semiconduttori. Si auspica che, a livello nazionale, tale strategia sia adottata con entusiasmo e con la dovuta priorità politica. Si configura altresì l'opportunità di integrare tale strategia con iniziative complementari, quali ad esempio il recupero e il riciclo dei RAEE (rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche) per recuperarne le materie prime – riducendo la dipendenza dall'estrazione all'estero – o l'incremento della capacità di produzione e assemblaggio di dispositivi tecnologici finiti sul territorio nazionale.

Incentivi

Infine, gli schemi di supporto agli investimenti quali programmi nazionali (Transizione 4.0) e incentivi come iperammortamento e superammortamento hanno dimostrato di essere, seppur non mirati esclusivamente agli approcci digitali più innovativi, utilizzati anche a questo scopo, ed è quindi necessario sostenere ed estendere anche queste forme di incentivo e supporto.

BIBLIOGRAFIA

Letteratura

Agici (2022). *Rapporto OIR 2022. Le rinnovabili di fronte alla sfida dell'innovazione tecnologica. Nuovi modi per produrre e per gestire*.

Agici (2021). Come accelerare e ampliare la digitalizzazione nel Servizio Idrico Integrato. *Rapporto annuale 2021*.

Akhter, M. N., Mekhilef S., Mokhlis H., Shah, N. M. (2019). *Review on forecasting of photovoltaic power generation based on machine learning and metaheuristic techniques*.

Allied Market Research (2021). Predictive Maintenance Market.

Altair (2022). *Digital Twin Global Survey Report*.

ARERA (2021). *Relazione annuale*.

Big Data 4 Innovation (2022). *Big data: cosa sono, come utilizzarli, soluzioni ed esempi applicativi*.

Big Data 4 Innovation (2022). *Big Data Analytics: i 5 trend del mercato in Italia 2022*.

Birke, R., Bjoerkqvist, M., Chen, L.Y., Smirni, E. and Engbersen, T., (2014). *({Big) Data} in a Virtualized World: Volume, Velocity, and Variety in Cloud Datacenters*. In 12th USENIX Conference on File and Storage Technologies (FAST 14) (pp. 177-189).

BBVA Research (2016). *European urbanisation trends*.

BNova (2021). *Cos'è la Data Governance e come implementarla efficacemente*.

Consiglio dei ministri (2021). Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza.

Cosentino C., Di Pietro A., (2020). *La digital transformation della customer experience nel settore idrico: orientamenti normativi e opportunità a sostegno della sostenibilità e dell'innovazione*, in Management delle Utilities e delle Infrastrutture 04/2020.

Data 4 Innnovation (2021). *Data literacy: cos'è e a cosa serve l'alfabetizzazione dei dati*.

Digital Europe (2021). *Upgrading water management: how to turn digital investment into real sustainability gains*.

European Commission (2022). *Digital Economy and Society Index (DESI) 2022*.European Commission (2020). *Benchmarking smart metering deployment in the EU-28*.

European Environment Agency (2021). *Digital technologies will deliver more efficient waste management in Europe*.

European Environment Agency (2020). *Digital waste management*.

European Environment Agency (2019). *The European Environment - State and Outlook 2020*.

European Topic Centre on Waste and Materials in a Green Economy (2020). *Digital waste management*.

Global Water Intelligence (2019). *Accelerating the digital water* utility.

Global Water Intelligence (2016). *Water's Digital Future*.

IEA (2017). *Digitalization and Energy*.

IEEE (2015). *A Framework-Based Approach to Utility Big Data Analytics*.

ISPRA (2021). *Rapporto sui rifiuti urbani*.

Laboratorio REF Ricerche (2022). *Tariffazione puntuale 2.0: più equa, trasparente e corrispettiva*.

LUMI 4 Innovation (2022). *Cos'è e Come Funziona lo Smart Meter, il Contatore Intelligente*.

Ma, Z., Zhang, C., Quian, C. (2019). *The Development of Machine Learning in Energy Trading*.

Martkets and Markets (2021). *Smart Water Management Market*.

Markets and Markets (2020). *IoT in Energy Market*.

McKinsey and Company (2020). *Digital transformation in energy: achieving escape velocity*.

McKinsey&Company (2016). *Accelerating digital transformations: A playbook for utilities*.

Monks, I., Stewart, R.A., Sahin, O., Keller, R., (2019). *Revealing Unreported Benefits of Digital Water Metering: Literature Review and Expert Opinions*.

PWC (2021). *Artificial Intelligence Evolution –main trends*.

School of Management Politecnico di Milano (2022). *Osservatorio Big Data & Business Analytics*.

Singh, M.; Srivastava, R.; Fuenmayor, E.; Kuts, V.; Qiao, Y.; Murray, N.; Devine, D. (2022). *Applications of Digital Twin across Industries: A Review*. Appl. Sci. 2022, 12, 5727.

Sivalingam, K., Sepulveda, M., Spring, M., Davies, P. (2018). *A Review and Methodology Development for Remaining Useful Life Prediction of Offshore Fixed and Floating Wind turbine Power Converter with Digital Twin Technology Perspective*.

Sukhorukov, A. et al. (2019). *Robotization of business processes of enterprises of housing and communal services*.

TATA Consulting Service. (2013). *The Emerging Big Returns on Big Data"., A TCS 2013 Global Trend Study*.
Unioncamere, ANPAL (2021). *Le competenze digitali. Analisi della domanda di competenze digitali nelle imprese*.

Normativa

COM(2022) 552 final - Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Digitalising the energy system - EU action plan.

COM(2022) 68 final - Proposta di Regolamento del Parlamento europeo e del Consiglio riguardante norme armonizzate sull'accesso equo ai dati e sul loro utilizzo (normativa sui dati).

COM(2022) 46 final - Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council establishing a framework of measures for strengthening Europe's semiconductor ecosystem (Chips Act).

COM(2022) 45 final - Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, A Chips Act for Europe.

COM(2021) 574 final - Proposta di Decisione del Parlamento europeo e del Consiglio che istituisce il programma strategico per il 2030. Percorso per il decennio digitale.

COM(2021) 118 final - Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. 2030 Digital Compass: the European way for the Digital Decade.

COM(2020) 67 final - Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle Regioni. Plasmare il futuro digitale dell'Europa.

COM(2020) 66 final - Una strategia europea per i dati.

JOIN(2020) 18 final - Joint Communication to the European Parliament and the Council. The EU's Cybersecurity Strategy for the Digital Decade.

Decreto del Presidente della Repubblica 27 aprile 1999, n.158 Regolamento recante norme per la elaborazione del metodo normalizzato per definire la tariffa del servizio di gestione del ciclo dei rifiuti urbani.

Decreto-legge 9 settembre 1988, n. 397, convertito, con modificazioni, dalla legge 9 novembre 1988, n. 475.

Decreto legislativo 3 settembre 2020, n. 116 Attuazione della direttiva (UE) 2018/851 che modifica la direttiva 2008/98/CE relativa ai rifiuti e attuazione della direttiva (UE) 2018/852 che modifica la direttiva 1994/62/CE sugli imballaggi e i rifiuti di imballaggio.

Decreto legislativo 4 luglio 2014, n. 102 Attuazione della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE.

Decreto ministeriale n. 485148 del 30 settembre 2022 Decreto recante disposizioni per la definizione dei criteri per incentivare l'uso sostenibile dell'acqua in agricoltura e per sostenere l'uso del (SIGRIAN) per usi irrigui collettivi e di autoapprovvigionamento.

Decreto ministeriale 21 aprile 2020 Modalità di organizzazione e di funzionamento del registro nazionale per la raccolta delle autorizzazioni rilasciate e degli esiti delle procedure semplificate concluse per lo svolgimento di operazioni di recupero.

Deliberazione 13 gennaio 2022 2/2022/A Quadro strategico 2022-2025 dell’Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente, Allegato A.

Deliberazione 3 agosto 2021 363/2021/r/rif Approvazione del Metodo Tariffario Rifiuti (MTR-2) per il secondo periodo regolatorio 2022-2025.

Deliberazione 16 marzo 2021 106/2021/R/eel Criteri di riconoscimento dei costi dei sistemi di smart metering di seconda generazione (2G) per la misura dell'energia elettrica in bassa tensione e

disposizioni in materia di messa in servizio per le imprese distributrici che servono fino a 100.000 punti di prelievo.

Delibera 02 marzo 2021 83/2021/R/idr Avvio di procedimento per l'aggiornamento della regolazione della misura del servizio idrico integrato.

Delibera 01 dicembre 2020 501/2020/R/gas Aggiornamento degli obblighi di messa in servizio degli smart meter gas (G4-G6).

Delibera 16 luglio 2019 306/2019/R/eel Aggiornamento, per il triennio 2020-2022, delle direttive per il riconoscimento dei costi dei sistemi di smart metering di seconda generazione (2G) per la misura dell'energia elettrica in bassa tensione e disposizioni in materia di messa in servizio.

Delibera 18 dicembre 2018 669/2018/R/gas Aggiornamento degli obblighi di messa in servizio degli smart meter gas (G4-G6).

Delibera 05 maggio 2017 300/2017/R/eel Prima apertura del mercato per il servizio di dispacciamento (MSD) alla domanda elettrica e alle unità di produzione anche da fonti rinnovabili non già abilitate nonché ai sistemi di accumulo. Istituzione di progetti pilota in vista della costituzione del testo integrato dispacciamento elettrico (TIDE) coerente con il balancing code europeo.

Delibera 10 novembre 2016 646/2016/R/eel Sistemi di smart metering di seconda generazione (2G): riconoscimento dei costi per la misura dell'energia elettrica in bassa tensione e disposizioni in materia di messa in servizio. Modifiche al TIME.

Delibera 05 maggio 2016 218/2016/R/idr Disposizioni per l'erogazione del servizio di misura del servizio idrico integrato a livello nazionale.

Delibera 13 novembre 2014 559/2014/R/gas Riesame della proposta di progetto di smart metering multiservizio presentata dal distributore di gas naturale Isera S.r.l.

Delibera 10 luglio 2014 334/2014/R/gas Valutazione e selezione delle proposte di progetto di smart metering multiservizio.

Delibera 21 novembre 2013 536/2013/E/idr Avvio di una indagine conoscitiva in materia di attività di misura nel servizio idrico integrato anche al fine di individuarne livelli minimi di efficienza e qualità.

Delibera 19 settembre 2013 393/2013/R/gas Procedura e criteri di selezione degli investimenti ammessi alla sperimentazione di soluzioni di telegestione multi-servizio di misuratori di gas naturale di classe minore o uguale a G6 e di altri servizi di pubblica utilità.

Determinazione 31 marzo 2015 DIUC n. 5/2015 Indicatori di risultato intermedi e finali delle sperimentazioni di telegestione multiservizio approvate con le deliberazioni 334/2014/R/gas e 559/2014/R/gas.

Documento di consultazione 23 luglio 2019 322/2019/R/eel Testo Integrato del Dispacciamento elettrico (TIDE) – Orientamenti complessivi.

Documento per la consultazione 04 febbraio 2016 42/2016/R/idr Regolazione del servizio di misura nell'ambito del Servizio Idrico Integrato, nel secondo periodo regolatorio.

Documento per la consultazione 06 agosto 2015, 416/2015/R/eel Sistemi di smart metering di seconda generazione per la misura di energia elettrica in bassa tensione.

Documento per la consultazione 29 maggio 2015 255/2015/R/eel Smart distribution system: promozione selettiva degli investimenti nei sistemi innovativi di distribuzione di energia elettrica.

Legge 2 novembre 2019, n. 128 Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 3 settembre 2019, n. 101, recante disposizioni urgenti per la tutela del lavoro e per la risoluzione di crisi aziendali.

Raccomandazione (UE) 2022/210 della Commissione dell'8 febbraio 2022 relativa a un pacchetto di strumenti comuni dell'Unione per affrontare la carenza di semiconduttori e a un meccanismo dell'UE per il monitoraggio dell'ecosistema dei semiconduttori.

Regolamento (UE) 2022/868 del Parlamento europeo e del Consiglio del 30 maggio 2022 relativo alla governance europea dei dati e che modifica il regolamento (UE) 2018/1724 (Regolamento sulla governance dei dati).

Regolamento (UE) 2021/694 del Parlamento europeo e del Consiglio del 29 aprile 2021 che istituisce il programma Europa digitale e abroga la decisione (UE) 2015/2240.

Sitografia

https://about.bnef.com/blog/european-utlilities-lead-the-way-in-digital-innovation/

https://www.entsoe.eu/Technopedia/

https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/cloud-computing-industry

https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/operational-technology-ot
https://www.gartner.com/smarterwithgartner/what-edge-computing-means-for-infrastructure-and-operations-leaders

https://siliconvalley.orange.com/en/news/2022-tech-trends-cloud-edge-computing/

Il paper è stato realizzato da

Agici Finanza d'Impresa

Agici Finanza d'Impresa è una società di ricerca e consulenza specializzata nel settore delle utilities, delle rinnovabili, delle infrastrutture, dell'efficienza energetica e dell'economia circolare.

Collabora con imprese, associazioni, amministrazioni pubbliche e istituzioni per realizzare politiche di sviluppo capaci di creare valore. L'approccio operativo e il rigore metodologico, supportati da un solido background teorico, assicurano un'elevata flessibilità che garantisce la personalizzazione delle soluzioni.

La conoscenza della realtà imprenditoriale, la pluriennale esperienza nei settori di riferimento e una vasta rete di relazioni nazionali e internazionali completano il profilo distintivo di Agici.

www.agici.it

Coordinamento scientifico del gruppo di lavoro: Fondazione Utilitatis

Autori

Viola Cammilli
Alessandra Garzarella
Giacomo Salvatori

AGICI
Finanza d'Impresa

Copyright © 2022
Agici Finanza d'Impresa
All rights reserved.