

LE ORGANIZZAZIONI DI FRONTE ALLE SFIDE CONTEMPORANEE

Dal miglioramento continuo alla gestione delle emergenze:
strategie per governare l'evoluzione in contesti complessi e incerti

a cura di Giacomo Petrini



Le organizzazioni di fronte alle sfide contemporanee

Edizione 1 del 11 febbraio 2026

Disponibile solo in formato digitale sul sito del Consorzio Quinn

Gli autori

Capitolo 1: Giovanni Scarafile

Capitolo 2: Roberto Mirandola e Giacomo Petrini

Capitolo 3: Giacomo Petrini

Capitolo 4: Ilaria Campana

Capitolo 5: Leonardo Tognotti

Capitolo 6: Gabriele Landucci, Giulia Marroni, Michela Guarguaglini, Sofia Tardelli, Valeria Casson Moreno

Capitolo 7: Caterina Rizzo, Francesco Gesualdo, Cesare Buquicchio

Capitolo 8: Gianluca Brunori

Capitolo 9: Marco Frosolini

Capitolo 10: Emanuele Frontoni

Capitolo 11: Mariarita Pierotti

Capitolo 12: Gianpiero Negri

A cura di Giacomo Petrini

Consorzio Universitario in Ingegneria per la Qualità e l'Innovazione

Piazza Vittorio Emanuele II, 2 - Pisa

Tel. +39 050 2201232 / e-mail segreteria@consorzioquinn.it

PEC consorzioquinn@pec.it

Progetto grafico Valentina D'Agostino

Parole chiave: Evoluzione, miglioramento, cambiamento, resilienza

ISBN: 9791224317883

Sommario

Indice delle figure.....	4
Premessa	4
Introduzione.....	6

PARTE I RIFLESSIONI SUI CONCETTI DI PARTENZA: CAMBIAMENTO, MIGLIORAMENTO E RESILIENZA

1. Dialogo e cambiamento La lezione della mucca di Hochsterwitz.....	8
2. Il Miglioramento e l'Innovazione nella storia dello sviluppo della gestione della Qualità	18
3. Le High Resilient Organisation. La resilienza quale fattore chiave del risk management.....	38

PARTE II LE SFIDE CONTEMPORANEE: COMPETIZIONE, SOSTENIBILITÀ, GESTIONE DELLE CRISI

4. Mettere al Sicuro il Cambiamento: Persone, Processi e Tecnologia nelle Organizzazioni.....	49
5. Sostenibilità del cambiamento climatico: il ruolo cruciale delle imprese produttive.....	59
6. Valutazione del rischio di scenari integrati di “safety” e “security” nell’ambito dell’industria di processo	84
7. Comunicazione di crisi sanitaria: lezioni dal COVID-19.....	92
8. L’evoluzione del mondo agricolo: sostenibilità e transizione digitale.....	100

PARTE III IL RUOLO DELLE TECNOLOGIE DIGITALI PER AFFRONTARE LE SFIDE CONTEMPORANEE

9. La digitalizzazione al servizio del cambiamento	109
10. Le tecnologie che stanno cambiando il mondo	122
11. AI 4 YOUR BUSINESS Executive: la formazione continua in ambito digitale adotta un approccio interdisciplinare	129
12. L'innovazione e il cambiamento radicale	137

Indice delle figure

Figura 1 Evoluzione del concetto e degli approcci al Quality Management	25
Figura 2 Immagini di grandi disastri	38
Figura 3 Errori attivi (Reason, 2004).....	40
Figura 4 Swiss Cheese Model (Reason, 1977)	40
Figura 5 Fasi e fattori che contribuiscono all'accadimento di un incidente (Reason, Hobbs, 2003)..	41
Figura 6 4 elementi fondamentali della resilienza, Hollnagel, 2009	43
Figura 7 Mindful infrastructure, Weick K. E., Sutcliffe K. M., 2007	43
Figura 8 Fattori della blame culture, Catino, 2007	45
Figura 9 Fattori delle learning organization, Catino, 2007	46
Figura 10 Schema della Metodologia T4C - Transition Management for Change Adoption abbinato a un esempio di metodologia di implementazione tecnologica (in questo caso SAP Activate)	56
Figura 11 Andamento storico della concentrazione atmosferica di CO ₂ (1750–2024) ed emissioni di CO ₂	60
Figura 12 Il “climate gap” tra impegni NDC e traiettoria Net Zero (Fonte: UNEP Emissions Gap Report, 2023)	60
Figura 13 Distribuzione delle emissioni globali di CO ₂ (Fonte: Our World in Data);	62
Figura 14 Emissioni italiane per settore (Fonte: ISPRA, Inventario Nazionale Gas Serra 2023)	62
Figura 15 Dieci famiglie di tecnologie climatiche possono svolgere un ruolo importante nella mitigazione delle emissioni di carbonio (fonte: McKinsey)	64
Figura 16 Il complesso percorso per l'introduzione delle energie rinnovabili nei settori ad alta intensità energetica.....	66
Figura 17 Carbon Capture & Storage – Diagramma concettuale – Fonte: The global CCS	66
Figura 18 Dal paradigma lineare al rigenerativo (Fonte: Ellen MacArthur Foundation, 2024).....	68
Figura 19 Schema operativo di simbiosi industriale territoriale: a) flussi di energia, acqua e materiali tra imprese vicine; b) il caso Kalundborg	69
Figura 20 Evoluzione normativa della rendicontazione di sostenibilità in Europa (2014–2024) e timeline del reporting di sostenibilità (Commissione Europea, 2024)	71
Figura 21 Struttura degli ESRS (E1–E5, S1–S4, G1).....	73
Figura 22 Ambiti di applicazione del Protocollo GHG ed emissioni lungo la catena del valore.....	73
Figura 23 Industria 5.0: schema concettuale	78
Figura 24 “Dal carbonio al capitale naturale: la nuova industria della vita”	83
Figura 25 Diagramma di flusso dell'approccio metodologico utilizzato in questo lavoro per sviluppare lo strumento di valutazione ISS.....	85
Figura 26 Screening delle apparecchiature basato sul pericolo a supporto della mappatura degli asset critici	86
Figura 27 Esempio di interfaccia grafica e scheda dell'apparecchiatura, in cui si mostrano schede apparecchi (a) i parametri di processo in tempo reale (b).....	86
Figura 28 Layout del caso studio dimostrativo.....	88
Figura 29 Albero degli eventi per lo scenario d'attacco.	89
Figura 30 Contorni di radiazione termica 3D (a) e di rischio (b) per pool fire generato da una perdita di GPL da 1”	90
Tabella 1 Matrice del rischio con classi di vulnerabilità territoriale ottenute a seconda della frequenza dello scenario (fFO) e del suo impatto in termini di effetti fisici.....	87
Tabella 2 Esempi di tipi di innovazione in agricoltura	104

Premessa

Il concetto di contemporaneità ha una valenza relativa, condizionata dalle evoluzioni del contesto di riferimento e dalla crescita delle incertezze.

In questa nuova pubblicazione, che accompagna come di consueto l'inizio dell'anno nuovo, ci siamo quindi dati un ambito di analisi focalizzato sulla stretta attualità, con uno sguardo ai cambiamenti generati nelle organizzazioni dalle ondate di evoluzioni tecnologiche e organizzative che in maniera semplificata sono state cronologicamente etichettate come industria 1, 2, 3, 4 e 5.

La competizione su scala globale, assieme alla tragedia del COVID 19 e il rapido susseguirsi di ricorrenti tensioni geopolitiche su scala mondiale aumentano le incertezze e richiedono che tutte le organizzazioni sviluppino capacità per gestire pressoché in contemporanea approcci quali il miglioramento continuo e programmato, la gestione delle crisi imprevedute, l'evoluzione rapida frutto delle innovazioni.

La sfida legata ai mega trend non è se si sia disposti o meno a cambiare, bensì a scegliere come rispondere alle ricorrenti sfide.

L'ampiezza delle prospettive da approfondire ci ha confermato la necessità di coinvolgere, come già fatto in precedenti pubblicazioni del Consorzio, partner e amici per affrontare questi concetti da prospettive diverse ma complementari.

Il risultato è un percorso articolato e stimolante, nel quale i piani di analisi si intersecano, coniugando approcci filosofici, scientifici, gestionali e tecnologici.

In coerenza con la nostra mission, il presente testo vuole essere quindi un'integrazione di competenze e conoscenze a supporto delle organizzazioni, chiamate a far fronte alle sfide contemporanee e sempre più alla ricerca di chiavi per interpretare il presente e il futuro, almeno quello prossimo.

Come di consueto vi auguro un'attenta lettura.

Giacomo Petrini

Head of Advanced Education, Research, Management Systems
Consorzio Quinn

Introduzione

Il contesto attuale, caratterizzato da rapidi mutamenti economici, sociali e tecnologici, impone alle organizzazioni e ai sistemi produttivi di affrontare sfide sempre più complesse. Cambiamento, miglioramento e resilienza non sono più concetti astratti, ma elementi imprescindibili per garantire competitività, sostenibilità e capacità di adattamento. Questo percorso nasce con l'obiettivo di offrire una riflessione strutturata su tali tematiche, analizzando il ruolo del dialogo, dell'innovazione e delle tecnologie digitali nel guidare la trasformazione.

Attraverso tre sezioni, il testo accompagna il lettore in un viaggio che parte dalle basi teoriche e storiche del miglioramento, per poi esplorare le sfide contemporanee – dalla sostenibilità alla gestione delle crisi – e infine approdare alle opportunità offerte dalla digitalizzazione e dall'Intelligenza Artificiale. L'intento è fornire strumenti di comprensione e spunti operativi per affrontare con consapevolezza e visione strategica le dinamiche di un mondo in continua evoluzione.

Il percorso si apre con la **PARTE I**, dedicata alle riflessioni sui concetti di partenza: cambiamento, miglioramento e resilienza. In questa parte si affronta il tema del dialogo come motore del cambiamento, si ripercorre la storia del miglioramento e dell'innovazione nella gestione della Qualità e si analizza il ruolo delle High Resilient Organisation, evidenziando come la resilienza rappresenti un fattore chiave per il risk management.

La **PARTE II** è incentrata sulle sfide contemporanee, che comprendono la competizione, la sostenibilità e la gestione delle crisi. Qui si approfondisce la questione della sostenibilità di fronte al cambiamento climatico, sottolineando il ruolo cruciale delle imprese produttive; si esamina la valutazione del rischio in scenari integrati di "safety" e "security" nell'industria di processo; si riflette sulla comunicazione nelle crisi sanitarie, traendo insegnamenti dall'esperienza del COVID-19; infine, si analizza l'evoluzione del mondo agricolo, con particolare attenzione alla sostenibilità e alla transizione digitale.

La **PARTE III** conclude il percorso affrontando il ruolo delle tecnologie digitali nel rispondere alle sfide contemporanee. In questa parte si esplora la digitalizzazione come strumento al servizio del cambiamento, si presentano le tecnologie che stanno trasformando il mondo, si discute l'applicazione dell'Intelligenza Artificiale al business e si riflette sull'innovazione come fattore di cambiamento radicale.



PARTE I

**RIFLESSIONI SUI CONCETTI
DI PARTENZA: CAMBIAMENTO,
MIGLIORAMENTO E RESILIENZA**

1. Dialogo e cambiamento

La lezione della mucca di Hochsterwitz

Giovanni Scarafile

Dipartimento di Civiltà e Forme del Sapere, Università di Pisa

1.1 Introduzione

«*Ad evidentiam quaestionis oportet declarare quid nomine significetur*» è una locuzione tipica dei trattati scolastici medievali, una formula d'ingresso che segnalava la necessità di chiarire il senso dei termini prima di avviare qualsiasi discussione. Non si trattava di un vezzo stilistico, ma di un vero e proprio presidio metodologico: senza definizioni preliminari, il rischio di muoversi in un terreno equivoco e di discutere senza intendersi era altissimo.

La *explicatio terminorum* costituiva un passaggio preliminare indispensabile: serviva a delimitare il campo, a evitare che la disputa degenerasse in un equivoco lessicale, a garantire che il confronto si svolgesse su basi almeno linguisticamente comuni. Era, in fondo, una forma di prudenza intellettuale: prima di misurarsi con la complessità dei problemi, si aveva la consapevolezza che era necessario accordarsi sul senso delle parole che si stavano usando.

Oggi, quando parliamo di dialogo, avremmo bisogno di un'analogia operazione preliminare dal momento che viviamo in un contesto in cui prevale la convinzione che, su una serie di nozioni, vi sia ben poco da apprendere. Basti pensare a concetti come "amicizia" o "democrazia": li adoperiamo quotidianamente, come se il loro significato fosse ovvio e universalmente condiviso, mentre in realtà racchiudono stratificazioni storiche, ambiguità semantiche e tensioni normative tutt'altro che risolte. Il "dialogo" appartiene a questa stessa classe di nozioni che diamo per scontate, convinti di sapere già che cosa significhino, e perciò immuni da ulteriori indagini.

Riprendere oggi almeno lo spirito della *explicatio* significherebbe riconoscere che il dialogo non è una pratica univoca né autosufficiente, ma una nozione complessa che richiede di essere problematizzata nei suoi confini e nelle sue implicazioni.

Tale esigenza diventa ancora più chiara se partiamo da un dato di esperienza comune: **quanto sia difficile, in realtà, capirsi**. Non si tratta di una difficoltà astratta, ma di una frattura che sperimentiamo quotidianamente.

In famiglia, ad esempio, un figlio può percepire come critica una frase che un genitore aveva pronunciato con intenzione affettuosa, generando malintesi che nessuno dei due aveva previsto. In ambito professionale, quante volte una riunione si blocca perché la stessa parola — "*priorità*", ad esempio — viene interpretata in modi diversi dal responsabile e dal team operativo, dando luogo a conflitti più profondi della questione iniziale. Oppure, nel campo della comunicazione istituzionale, non è raro che un progetto condiviso da più enti naufraghi semplicemente perché ciò che per un gruppo significa "*trasparenza*" per un altro equivale a "*esposizione inutile*" o addirittura a "*rischio*".

Sono proprio queste esperienze concrete a mostrarci quanto sia fragile la presunzione di intesa immediata. Spesso ci sentiamo non compresi, e questo senso di incomunicabilità ci ferisce, talvolta ci irrita, ma talvolta ha anche un effetto opposto: ci rende forse più disposti a riconoscere che la parola "*dialogo*" non può essere trattata come un concetto ovvio, già pienamente posseduto. È, dunque, proprio questa evidenza, che nasce

dalla difficoltà quotidiana di comprendersi, a riaprire lo spazio per una riflessione rigorosa sul dialogo, sulle sue condizioni e sui suoi limiti.

Come osserva Edgar H. Schein, tra i massimi studiosi della cultura organizzativa e dell'apprendimento nelle organizzazioni,

«Dobbiamo imparare ad ascoltare noi stessi prima di poter veramente comprendere gli altri»¹.

Queste parole non sono un semplice motto motivazionale, ma un'indicazione metodologica: prima di chiedere all'altro di farsi comprensibile, occorre rendere intellegibili a noi stessi i filtri, le abitudini percettive e le assunzioni tacite che deformano il nostro ascolto.

In ciò che segue intendo anzitutto indagare il nesso tra dialogo e cambiamento. Per fare questo, occorre partire dalla consapevolezza che il termine "*dialogo*" è usato in molti sensi e che questa polisemia, se non chiarita, rischia di confondere più che di illuminare. Da qui la necessità di un'operazione preliminare di *explicitio terminorum*, che delimiti le forme del dialogo che prenderemo in esame. Solo dopo sarà possibile affrontare la questione decisiva: quale rapporto esiste tra dialogo e cambiamento?

Nel corso di questo saggio il lettore incontrerà tre diverse modalità di intendere il dialogo, ciascuna delle quali è associata a un diverso tipo di cambiamento. Il primo modello, discusso nel paragrafo 1.2, è quello che concepisce il dialogo come trasmissione di informazione: qui il cambiamento è un "*mutamento manutentivo*", utile a rimuovere ostacoli e a ripristinare il flusso comunicativo, ma privo di un impatto trasformativo sull'identità degli interlocutori. Il secondo modello, a cui è dedicato il paragrafo 1.3, considera il dialogo come negoziazione e compromesso: il cambiamento che ne deriva è un "*cambiamento di calibrazione*", che permette di avvicinare posizioni inizialmente distanti e di giungere a soluzioni praticabili, pur restando entro la logica dell'aggiustamento e senza mettere in questione i presupposti di fondo. Solo il terzo modello, quello che chiamo dialogo generativo o evenemenziale, discusso nel paragrafo 1.4, è capace di produrre un mutamento che definisco "*cambiamento generativo*", esplicitato nel paragrafo 1.5: non un semplice spostamento di posizioni, ma l'apertura di un nuovo orizzonte di senso, la nascita di qualcosa che non apparteneva a nessuno degli interlocutori prima dell'incontro. Questo percorso accompagnerà il lettore dal piano più strumentale e tecnico della comunicazione fino al livello più radicale, quello in cui il dialogo diventa evento trasformativo.

Se gli scolastici ci hanno insegnato a chiarire i termini prima di discutere, forse è tempo di imparare che il dialogo più profondo è quello che rende necessario ridefinire non solo le parole, ma noi stessi.

1.2 Il dialogo come trasmissione di informazione e il cambiamento manutentivo

Per introdurre il primo modello di dialogo, che rinvia alla concezione veicolare della comunicazione, partiamo dal seguente esempio: in un ufficio, una mail annuncia: «*Riunione per discutere la relazione definitiva*». Tutti i destinatari leggono e si presentano puntualmente, ma con materiali diversi: uno porta grafici ancora provvisori, un altro un fascicolo già impaginato, un terzo i dati del trimestre precedente, convinto che fossero quelli richiesti. Nulla, tecnicamente, ha impedito la circolazione dell'informazione; eppure, l'intesa non si è prodotta. Che cosa è successo? È davvero sufficiente trasmettere un messaggio perché ci sia comprensione? E che cosa intendiamo, allora, quando parliamo di dialogo?

¹ Edgar H. Schein, «On Dialogue, Culture, and Organizational Learning», *Organizational Dynamics* 22, fasc. 2 (1993): 46, [https://doi.org/10.1016/0090-2616\(93\)90052-3](https://doi.org/10.1016/0090-2616(93)90052-3).

Uno dei modi di intendere il dialogo lo riduce alla **trasmissione dell'informazione**, come se l'interazione fosse un corridoio ben illuminato in cui un messaggio, formulato da un emittente, attraversa un canale, giunge a un destinatario e lì si deposita identico a sé stesso.

È un'immagine potente, perché consente di misurare il rumore, vale a dire tutto ciò che si sovrappone al messaggio disturbando la chiarezza della trasmissione; di calcolare la ridondanza, cioè quelle ripetizioni e sovrapposizioni che servono a compensare le perdite e a garantire che l'informazione arrivi comunque; di valutare l'affidabilità del canale, ossia la capacità concreta del mezzo usato di trasportare senza errori ciò che deve essere comunicato. Su queste basi è possibile progettare protocolli di conferma, di riscontro e di correzione, affinché l'intero processo appaia governabile e controllabile.

Tuttavia, proprio la sua eleganza concettuale rivela il limite: ciò che accade tra gli interlocutori viene trattato come un problema di ingegneria del segnale, non come un'esperienza che coinvolge mondi, vissuti, memorie, posture, asimmetrie di potere e di riconoscimento.

In questa cornice, il dialogo riesce se sono garantite condizioni "ideali" di codifica/decodifica e se gli interlocutori condividono un set minimo di premesse; quando ciò non avviene, la comprensione fallisce per un deficit di allineamento. È esattamente ciò che accadeva nell'esempio iniziale: la mail era arrivata a tutti (il segnale aveva percorso senza intoppi il suo canale), ma le premesse di significato non erano condivise. "Relazione definitiva" non voleva dire la stessa cosa per ciascuno, e così il sistema tecnico della comunicazione aveva funzionato impeccabilmente, ma il dialogo non si era prodotto.

La nostra tradizione di pensiero, quando ha parlato di dialogo, ha spesso fatto riferimento a condizioni ideali da rispettare come requisito preliminare. È ciò che io chiamo "età dell'oro della comunicazione". Per chiarire di che cosa si tratti senza scivolare in tecnicismi, basta pensare a un esempio quotidiano: se due colleghi devono discutere su un progetto, l'idea è che il dialogo funzioni solo se entrambi parlano la stessa lingua, condividono lo stesso set di dati e concordano almeno su alcuni principi di base. Senza queste condizioni di partenza, si presume che la comunicazione non possa avvenire davvero. Un detto latino esprime con chiarezza questa posizione: *contra negante principia non est disputandum*, ossia "non si può disputare con chi nega i principi". Il senso è semplice: se non ci si accorda almeno su alcune premesse elementari, non ha senso discutere, perché qualsiasi ragionamento mancherebbe di fondamento comune e, dunque, l'incontro con l'altro andrà incontro al fallimento. In altre parole, si riduce il dialogo a ciò che può essere costruito solo a partire da condizioni ideali di accordo preventivo. Questo modo di ragionare è per noi piuttosto familiare e ne troviamo conferma nella plausibilità dell'idea che per capirsi servano condizioni preliminari chiare e condivise. Tuttavia, questa stessa plausibilità rischia di diventare un ostacolo: se aspettiamo che tali condizioni siano perfette, il dialogo non comincia mai. Tuttavia, a voler essere rigorosi, dovremmo osservare come è proprio quando i principi non sono condivisi, quando le premesse sono incerte, quando mancano le basi comuni che c'è bisogno di dialogo!

Il rischio, allora, è che il modello della concezione veicolare, riconducibile agli studi di Shannon e Weaver², finisca per escludere le situazioni più autentiche e difficili del dialogo, quelle in cui il confronto non serve a ribadire un accordo già dato, ma a esplorare la possibilità stessa di costruire basi nuove. Ecco perché il dialogo non nasce da principi già condivisi, ma dalla volontà di cercarli. Questa è la sua condizione più autentica: non un esercizio di conferma reciproca, ma un movimento di esplorazione. Tuttavia, il tipo di cambiamento che possiamo immaginare all'interno di questa prima concezione resta necessariamente limitato. È un cambiamento che agisce soprattutto sul piano tecnico e operativo: riguarda la rimozione di ostacoli, la messa a punto di procedure, l'allineamento dei codici di comunicazione.

² Claude Elwood Shannon e Warren Weaver, *The mathematical theory of communication* (University of Illinois Press, 1998).

È ciò che potremmo chiamare un **cambiamento manutentivo**: prezioso, perché evita la paralisi e riduce il rischio di incomprensioni, ma incapace di generare una trasformazione profonda.

In questa cornice, il dialogo funziona come un dispositivo di manutenzione del sistema comunicativo. Quando il flusso dei messaggi si interrompe, quando un equivoco blocca la cooperazione, interviene per ripristinare la circolazione. Si potrebbe dire che opera come un tecnico che regola un meccanismo inceppato: rimette in moto l'ingranaggio, ma non ne riprogetta l'architettura. Proprio per questo il cambiamento che ne deriva è reversibile e provvisorio: non altera le premesse di fondo, non mette in questione le identità degli interlocutori, non apre nuovi orizzonti di senso.

Questo livello di dialogo è indispensabile, ma non sufficiente. È ciò che ci permette di continuare a lavorare insieme, di evitare conflitti sterili, di correggere errori di percorso. Ma se vogliamo un cambiamento che non sia solo adattamento ma vera trasformazione, occorre andare oltre. Solo passando a forme più avanzate di dialogo — quelle che mettono in gioco le premesse stesse, che accettano il rischio dell'imprevisto e che aprono lo spazio all'eccedenza — è possibile incontrare quel mutamento più radicale e generativo che tocca l'identità dei soggetti e ridisegna le loro relazioni.

1.3 Il dialogo come negoziazione e il cambiamento di calibrazione

Un secondo modello a cui vorrei riferirmi è sicuramente più sofisticato del primo, sebbene anche esso resti interno alla tradizione strumentale. Questo secondo modello intende il **dialogo come negoziazione**:

non più un canale neutrale, bensì uno **spazio di confronto** in cui ciascuno espone le proprie ragioni, ascolta le obiezioni, rivede le premesse e cerca un compromesso "sufficientemente buono".

Quante volte ci è successo, ad esempio, in una riunione di reparto, di partire da posizioni opposte — c'è chi chiede più tempo per la consegna, chi insiste sull'urgenza della scadenza, chi vorrebbe ridurre i costi e chi invece ritiene necessario investire — e di giungere, dopo un confronto serrato, a un accordo intermedio: una scadenza posticipata ma non troppo, un budget rivisto che salva alcune voci e ne sacrifica altre. Nessuno dei partecipanti esce completamente soddisfatto, ma tutti accettano il risultato come "*praticabile*".

In questo modello, il dialogo funziona come un processo di bilanciamento continuo: si pesano argomenti, si valutano alternative, si verificano punti di flessibilità. È un gioco di movimenti reciproci in cui la rigidità si allenta e le pretese vengono adattate alla luce delle risposte dell'altro. L'altro non è visto come un ostacolo, ma come un interlocutore che obbliga a ricalibrare le proprie ragioni, a rafforzarle o a modificarle. Il dialogo-negoziazione, in questo senso, è una scuola di pragmatismo: non produce verità definitive, ma soluzioni provvisorie che consentono di andare avanti insieme.

Dentro questa dinamica assumono un ruolo decisivo *advocacy* e *inquiry*. Con *advocacy* si intende la capacità di esporre con chiarezza e fermezza le proprie ragioni, mettendo in campo dati, esperienze e argomenti che le sostengono. Con *inquiry*, invece, si indica la disponibilità a interrogare l'altro e a interrogare se stessi, aprendo spazio a domande che possono mettere in discussione le premesse iniziali. Un dialogo di tipo negoziale si inceppa quando manca l'una o l'altra componente: senza *advocacy* si rischia di scivolare in un generico consenso privo di contenuto, senza *inquiry* si cade in una sterile contrapposizione di posizioni immutabili. Solo il bilanciamento tra queste due posture consente di generare quelle soluzioni intermedie che, pur imperfette, permettono di avanzare.

Tuttavia, anche in questo secondo modello il limite è evidente. Il cambiamento che esso consente è, per lo più, un **cambiamento di calibrazione**: un aggiustamento fine che interviene sui margini delle posizioni senza mettere realmente in questione i presupposti che le fondano. La negoziazione funziona finché i partecipanti condividono almeno un nucleo minimo di criteri comuni per valutare le alternative — un linguaggio condiviso, una scala di priorità su cui sia possibile pesare le concessioni reciproche. È questo orizzonte comune, per quanto parziale, a rendere praticabile il gioco del dare e avere, il movimento di avvicinamento reciproco che conduce a soluzioni intermedie.

Questo tipo di cambiamento ha un valore evidente: evita che le differenze si trasformino in conflitti irriducibili, permette di sbloccare impasse operative, consente di procedere anche quando le posizioni iniziali erano distanti. È, in fondo, una scuola di pragmatismo:

ci educa a **rivedere le nostre pretese**, a scendere a patti, a riconoscere la legittimità almeno parziale delle ragioni dell'altro.

Ma la sua portata rimane circoscritta. La negoziazione resta efficace solo finché le differenze sono commensurabili, ossia quando esiste una base minima che permette di confrontare e bilanciare le alternative. Quando questa base manca — quando le divergenze riguardano valori radicalmente incompatibili o principi che non ammettono compromesso — il meccanismo si inceppa. La bilancia resta sospesa, incapace di decidere, e il dialogo-negoziazione perde la sua capacità di produrre accordo. È in questi momenti che si avverte l'esigenza di un'altra forma di dialogo, capace di affrontare le differenze non solo di grado ma di principio, e di aprire lo spazio per un cambiamento che non si limiti a calibrare, ma che sappia generare nuovi orizzonti condivisi.

1.4 Il dialogo generativo

Il dialogo generativo, o evenemenziale, si compone di tre tratti essenziali:

- 1.4.1) Apertura alla contingenza;
- 1.4.2) Sospensione delle pretese di possesso;
- 1.4.3) Capacità di accogliere ciò che eccede.

1.4.1 Apertura alla contingenza

Il dialogo evenemenziale si distingue perché non attende che le condizioni siano ideali, né pretende che esista un terreno già preparato di accordi preliminari. Prende corpo proprio laddove le basi comuni mancano, dove le premesse sono incerte e il terreno appare instabile. Non è un dialogo che nasce in laboratorio, ma nel mondo reale, quello in cui i nostri piani sono costantemente esposti all'imprevisto. E tuttavia, nonostante la contingenza sia l'ambiente naturale in cui ci muoviamo, continuiamo a coltivare la convinzione di poterla tenere sotto controllo. È un'illusione rassicurante, ma tenace: più la vita ci mostra che i nostri schemi sono fragili, più cerchiamo di irrigidirli, come se potessimo cancellare il margine di incertezza che ci accompagna.

Questa ostinazione ha radici profonde nei nostri vissuti. Fin da bambini ci è stato insegnato a programmare, a prevedere, a ridurre il rischio. L'imprevisto è stato associato a punizione, a pericolo, a perdita di sicurezza. Per questo, anche da adulti, continuiamo a interpretare ogni deviazione come un errore da correggere. Il nostro bisogno di controllo non è semplicemente razionale: è un tentativo di tenere a bada l'ansia che ci abita. Se tutto è calcolabile, se il futuro è anticipabile, crediamo di poter evitare il dolore della frustrazione e l'imbarazzo dell'errore. Ma a questo prezzo: la vita diventa un copione già scritto, in cui il nuovo non ha diritto di cittadinanza.

È proprio questa illusione di immunità dall'imprevisto che il dialogo evenemenziale ci chiede di sospendere. Non si tratta di abbandonarsi al caos, ma di accettare che non tutto è controllabile, che la verità dell'incontro

con l'altro passa anche attraverso ciò che sfugge alle nostre previsioni. Il movente che ci spinge a questa apertura è la consapevolezza — talvolta maturata dopo esperienze dolorose — che l'imprevisto, se accolto, può diventare generativo.

Questa consapevolezza non è astratta: appartiene alla memoria biografica di ciascuno. Chi non ricorda un momento in cui ha deciso di correre un rischio che sembrava eccessivo e che pure si è rivelato decisivo? Forse fu la scelta di accettare un lavoro in un'altra città, senza conoscere nessuno, scoprendo così una nuova versione di sé. O il coraggio di confessare un sentimento, con la paura di essere respinti, e la gioia inaspettata di scoprire che era ricambiato. O ancora l'interruzione di un percorso di studi o di carriera per seguire un'intuizione più autentica, nonostante l'inquietudine di lasciare la strada tracciata. In ognuno di questi casi, ciò che inizialmente appariva un azzardo è diventato l'occasione per inaugurare un "dopo" che prima non esisteva.

Restare chiusi nell'orizzonte del prevedibile offre una sicurezza solo apparente: ci tiene lontani dall'ansia, ma anche dalla possibilità di essere sorpresi.

Aprirsi alla contingenza significa invece accettare di stare in bilico, di camminare senza garanzie, di tollerare la vulnerabilità di chi non sa in anticipo dove lo porterà il dialogo.

È rischioso, sì, ma è l'unico modo per permettere che qualcosa di nuovo, qualcosa che non era già scritto, possa accadere davvero.

1.4.2 Sospensione delle pretese di possesso

Ogni dialogo porta con sé una tentazione quasi automatica: trasformarsi in una linea di difesa. Le nostre idee diventano bastioni, le nostre convinzioni fortezze, persino le nostre parole sembrano territori da presidiare, come se l'altro fosse un potenziale invasore pronto a espropriarci. Questo atteggiamento difensivo è naturale: siamo cresciuti imparando che per esistere dobbiamo "avere" qualcosa, che si tratti di un'opinione, di una posizione o di un'identità³. Ma se il dialogo deve diventare generativo, se deve aprire lo spazio per qualcosa di nuovo, occorre saper sospendere — anche solo per un tempo limitato — questa pretesa di possesso.

Sospendere le pretese non significa arrendersi o abdicare alla propria identità. È piuttosto un atto deliberato di vulnerabilità, una scelta consapevole che ci porta a permettere alla parola dell'altro di insinuarsi nel nostro discorso senza immediata resistenza. È come se dicessimo a noi stessi:

"Per un momento, non devo difendere nulla. Posso permettermi di ascoltare fino in fondo, anche ciò che mette in crisi ciò che penso di sapere."

Questa sospensione è tutt'altro che debolezza: richiede forza interiore e fiducia nella propria capacità di restare in piedi anche quando le certezze vacillano.

Dal punto di vista dei vissuti della coscienza, questa scelta è motivata dall'esperienza dei nostri limiti. Ci accorgiamo, nei momenti di maggiore lucidità, che il nostro linguaggio non esaurisce il reale, che le nostre categorie non bastano a contenere la complessità dell'esperienza. È allora che possiamo avvertire quella che

³ Per riferirmi a questo atteggiamento, nel mio libro *La spina nella carne. Cinque lezioni sul dialogo* (YOD Institute, 2024) ho parlato di "homo muniens". Tale espressione designa una figura antropologica per descrivere l'uomo come colui che si "munisce", cioè si dota di strumenti di protezione, difesa e organizzazione del proprio mondo. Diversamente dall'*homo faber*, che è definito dalla sua capacità produttiva, l'*homo muniens* è definito dalla sua capacità di predisporre argini, di costruire confini, di creare condizioni di abitabilità. Si tratta di un paradigma che mette in evidenza la dimensione preventiva e strategica dell'agire umano: proteggere ciò che è fragile, assicurare la continuità di ciò che si ritiene essenziale, anticipare il rischio del caos. In questa prospettiva, il dialogo stesso può essere inteso come una forma di munizione simbolica, un modo per creare spazi protetti in cui la parola possa circolare senza degenerare in conflitto distruttivo.

definirei una “convenienza altruistica”: il riconoscimento che aprire un varco all’altro non è solo un gesto di generosità, ma un vantaggio anche per noi stessi. Quando smettiamo di difendere ossessivamente le nostre posizioni, scopriamo che esse non erano un blocco monolitico ma un insieme di possibilità che possono essere arricchite, integrate, persino trasformate.

Questa convenienza altruistica è qualcosa che molti hanno sperimentato nella propria vita. Si pensi a un litigio in famiglia in cui, a un certo punto, uno dei due sceglie di non rilanciare l’ennesima accusa, ma di fare silenzio e ascoltare. Quel gesto, che all’inizio sembra una rinuncia, diventa invece il momento in cui l’altro può abbassare le difese, e una nuova possibilità di comprensione si apre. Oppure pensiamo a un confronto accademico: sospendere la fretta di dimostrare di avere ragione permette di cogliere sfumature nell’argomentazione altrui che, paradossalmente, rafforzano la nostra stessa posizione, o ci spingono a migliorarla.

Sospendere le pretese di possesso è quindi un atto che trasforma la vulnerabilità in risorsa. Lì dove ci espone, ci arricchisce; lì dove ci disarmo, ci rende più capaci di ricevere. È un atto che rovescia la logica del conflitto: non vince chi si difende meglio, ma chi riesce a lasciare che l’altro entri senza distruggere ciò che c’è. In questo spazio, il dialogo smette di essere un duello e diventa un luogo di co-creazione, in cui l’identità non è persa ma ridefinita.

1.4.3 Capacità di accogliere ciò che eccede

Il dialogo evenemenziale non conduce mai a un esito perfettamente controllabile. Ciò che accade tra gli interlocutori è sempre eccedente rispetto alle intenzioni iniziali, un di più che nessuno possedeva in anticipo. Questa eccedenza non è un elemento accessorio, ma il segno che un evento trasformativo ha avuto luogo: ciò che si manifesta non appartiene più soltanto a ciascun partecipante, ma è qualcosa di terzo, nato nello spazio fra di loro. Accogliere questa eccedenza significa rinunciare a trattare il dialogo come un dispositivo funzionale, da cui ricavare un risultato commisurato agli sforzi investiti. È un gesto difficile, perché ci chiede di lasciare in sospeso il criterio di utilità immediata, di rinunciare a riportare tutto nell’alveo del calcolabile.

Il movente che ci spinge in questa direzione è l’esperienza — tanto rara quanto decisiva — di esserci scoperti cambiati da un incontro che non avevamo programmato. La trasformazione che ne risulta non è mai completamente reversibile: ciò che abbiamo visto, ascoltato o compreso non può più essere “dis-visto”, “dis-ascoltato” o “dis-compreso”. È l’esperienza di un prima e un dopo.

Per chiarire questa dinamica, la drammaturgia mozartiana offre un esempio emblematico. Nel finale di *Così fan tutte*, la celebre opera di Mozart su libretto di Lorenzo Da Ponte, l’esperienza ideata da Don Alfonso per dimostrare l’infedeltà femminile arriva al termine. Durante tutta l’opera, due giovani ufficiali, Ferrando e Guglielmo, hanno messo alla prova le loro fidanzate, Fiordiligi e Dorabella, fingendo di partire per la guerra e poi tornando sotto mentite spoglie per corteggiare l’una la fidanzata dell’altro. Le ragazze, dopo resistenze iniziali, cedono, e il gioco si fa sempre più serio. Alla fine, l’inganno viene svelato e le coppie si ricompongono.

Ma il lieto fine non è una semplice restaurazione dello stato iniziale. Il perdono reciproco è attraversato da un senso di inquietudine: ciò che è accaduto ha messo a nudo fragilità, desideri e possibilità che non possono più essere ignorati. Il coro conclusivo è esplicito: «Fortunato l’uom che prende / ogni cosa pel buon verso, / e tra i casi e le vicende / da ragion guidar si fa» (Finale II). Non si celebra un ritorno all’ordine incontaminato, ma l’accettazione che la vita è fatta di “casi e vicende”, di imprevedibilità che vanno integrate, non cancellate. Questa accettazione rappresenta un vero passaggio trasformativo: dal semplice ristabilimento dell’equilibrio iniziale si passa a una consapevolezza nuova, che segna l’inizio di un diverso modo di essere in relazione.

Accogliere ciò che eccede significa allora riconoscere che l’incontro non è stato vano, anche se ci ha feriti, e che la verità che ne emerge non appartiene più solo alle parti ma a una dimensione condivisa. È scegliere di non neutralizzare il surplus di senso che il dialogo produce, di non ridurre il nuovo a un fastidio da normalizzare. Significa, piuttosto, farne tesoro, lasciare che modifichi i nostri criteri di giudizio e il nostro modo di essere nel mondo. Solo così il dialogo diventa generativo: perché ciò che nasce non è un compromesso tra posizioni già note, ma un terreno comune inedito, che ridefinisce le identità degli interlocutori e il loro futuro.

1.5 Il cambiamento generativo

Dopo aver visto quali sono le dimensioni del dialogo generativo possiamo dunque cogliere che una delle caratteristiche fondamentali del cambiamento autentico ed effettivo è la sua capacità di fare spazio all'inedito.

Parlare di *inedito* significa riconoscere che vi sono forme di mutamento che non possono essere previste con esattezza: se, infatti, qualcosa è del tutto calcolabile, allora non è propriamente nuovo, ma solo una variante di ciò che già conosciamo. L'inedito, invece, si lascia intuire soltanto entro un certo margine di probabilità; oltre quel margine, esso accade come evento non pianificabile, eccedendo i modelli di previsione. È il momento in cui l'imprevisto irrompe e costringe a ripensare il quadro di riferimento stesso, non soltanto i contenuti che vi erano collocati.

Il cambiamento generativo non si limita ad adattare mezzi a fini già stabiliti, ma apre spazi inediti, produce configurazioni nuove, mette in discussione i presupposti stessi che fino a quel momento venivano dati per scontati.

Si pensi, per esempio, a un dialogo in ambito familiare: una discussione tra genitore e figlio adolescente può iniziare come una negoziazione su regole e limiti, ma a un certo punto, grazie a una parola inattesa o a un gesto che rompe lo schema, può diventare l'occasione in cui il genitore stesso riconosce di dover ripensare il proprio ruolo, passando da controllore a interlocutore. Qui non siamo di fronte a un semplice compromesso, ma a una trasformazione della relazione: nasce un nuovo modo di intendersi che non era prevedibile a priori. È questo lo statuto proprio del cambiamento generativo, che può essere definito come l'inedito che si fa spazio.

Per comprendere meglio questa distinzione, possiamo dire che il cambiamento strumentale opera entro il regime del prevedibile. È un cambiamento che può essere calcolato, stimato, pianificato. Al massimo, produce sorprese controllate. Il cambiamento generativo, invece, accade oltre il margine del calcolabile: è l'irruzione dell'imprevisto che costringe a ripensare il quadro di riferimento stesso. In questo senso, ha una natura *evenemenziale*: non si lascia ricondurre a una sequenza di passaggi tecnici, ma accade come evento che trasforma i soggetti in gioco.

In abbinamento alla interazione comunicativa, una simile forma di cambiamento non si produce per via tecnica (come nel modello della concezione veicolare), né per aggiustamento di interessi (come nella negoziazione). L'inedito nel cambiamento diventa possibile soltanto dentro un'esperienza di dialogo autentico di tipo "evenemenziale".

In definitiva, possiamo dire che il cambiamento strumentale appartiene alla logica della manutenzione, mentre il cambiamento generativo appartiene alla logica della creazione.

Il primo mantiene in vita un sistema adattandolo ai suoi problemi contingenti; il secondo apre spazi nuovi, genera possibilità che non esistevano prima, ridefinisce i confini del possibile. Solo il dialogo *evenemenziale*, con la sua apertura alla contingenza, la sospensione delle pretese di possesso e la capacità di accogliere l'eccedenza, è in grado di rendere possibile questo secondo tipo di cambiamento.

1.6 Il dialogo che reinventa il possibile

Giunti a questo punto, la domanda diventa inevitabile:

come favorire il dialogo trasformativo, quello che non si limita a rimuovere ostacoli tecnici o a trovare compromessi negoziali, ma apre spazi nuovi di senso e rende possibile un cambiamento generativo?

La risposta non può ridursi a una check-list di competenze comunicative: il dialogo evenemenziale non nasce dall'applicazione di procedure, ma dalla disponibilità ad attraversare l'incertezza, ad accogliere la contingenza, a lasciare che qualcosa di inatteso ci trasformi. Questa disponibilità richiede un allenamento interiore, quasi un esercizio spirituale: riconoscere i propri automatismi, sospendere la reattività immediata, tollerare il rischio di mettere in discussione ciò che fino a un attimo prima sembrava intoccabile.

Per comprendere di che natura sia questo salto, vale la pena evocare un episodio raccontato da Paul Watzlawick⁴ e risalente al XIV secolo. Durante un assedio prolungato, il comandante del castello di Hochosterwitz, in Austria, nella regione della Carinzia, si trovò con le provviste agli sgoccioli: restava una sola mucca e una manciata di grano. Secondo ogni logica di sopravvivenza, avrebbe dovuto custodire gelosamente quell'ultima risorsa per prolungare la resistenza. Fece invece l'opposto: riempì la mucca con il grano, la fece sgozzare e la gettò oltre le mura, sotto gli occhi degli assediati. Il messaggio era chiaro e destabilizzante: "Ne abbiamo ancora in abbondanza, possiamo resistere a lungo". Gli assediati, convinti dell'inutilità di continuare, si ritirarono.

Questo gesto paradossale è molto più di un aneddoto: è una vera lezione sul cambiamento di secondo ordine. Non aggiusta una variabile interna al sistema – non prolunga l'assedio, non raziona le scorte – ma rovescia l'intera logica del gioco. Invece di continuare a giocare secondo le regole dell'assedio, ne inventa di nuove. È il corrispettivo narrativo di ciò che in questo saggio ho chiamato

dialogo evenemenziale: un atto che interrompe la ripetizione e introduce un elemento di inedito che nessuno aveva previsto.

Applicare questa intuizione al dialogo significa creare contesti in cui sia possibile compiere gesti "asimmetrici", non prevedibili. In un'équipe di lavoro, ad esempio, significa ammettere momenti in cui non si produce nulla di immediatamente utile, ma si permette alle voci di emergere liberamente, anche a costo di mettere in crisi l'agenda. Nelle relazioni interpersonali, significa rinunciare a controllare l'esito di ogni conversazione e lasciare che l'altro possa sorprenderci. Sul piano istituzionale, significa tollerare conflitti e disaccordi come spazi di generazione di senso, non come guasti da riparare rapidamente.

Questa prospettiva richiede di curare l'ambiente relazionale, di proteggerlo dall'eccesso di metriche e procedure che sterilizzano l'imprevisto, e di educare all'ascolto decentrato, quello che Gadamer descrive come il farsi trasportare in un altro orizzonte di senso. Richiede anche di considerare il conflitto come luogo privilegiato di nascita del nuovo: il cambiamento di secondo ordine si produce proprio quando una delle parti è disposta a compiere un passo che non rientra nello schema dell'opposizione, spezzandone la logica.

Tutto questo non è mai garantito, perché il dialogo generativo resta un evento e non un protocollo. Ma ciò che possiamo fare è predisporre le condizioni affinché accada: lasciare spazi liberi, tempi non saturi, occasioni di parola non vincolate a un esito già deciso. Il risultato, quando si produce, non è un compromesso ma un nuovo inizio, un "inedito che si fa spazio", capace di trasformare non solo i contenuti della discussione ma l'identità stessa degli interlocutori.

La storia della mucca di Hochosterwitz ci lascia con un'immagine che fa pensare: quella di un gesto che rovescia le logiche consolidate, che trasforma la scarsità in abbondanza simbolica, che fa della perdita apparente la condizione per una salvezza imprevista. È un'immagine che ci interroga profondamente sul nostro modo di intendere il dialogo e il cambiamento. Ci chiede: siamo disposti a "gettare la nostra mucca" oltre le mura delle nostre certezze?

Il percorso che abbiamo tracciato, dai modelli più tecnici e strumentali fino al dialogo generativo, non è semplicemente una progressione teorica. È piuttosto la mappatura di una tensione che attraversa ogni nostra esperienza comunicativa: quella tra il bisogno di controllo e la possibilità della trasformazione, tra la sicurezza del già noto e il rischio dell'inedito. Viviamo questa tensione quotidianamente, nelle nostre relazioni professionali come in quelle intime, nei contesti istituzionali come negli spazi informali.

⁴ Paul Watzlawick et al., *Change; principles of problem formation and problem resolution*, 1st ed. (Norton, 1974).

La tentazione più forte è quella di ridurre il dialogo a tecnologia comunicativa, a protocollo da ottimizzare, a negoziazione da gestire. È comprensibile: in un mondo che ci chiede efficienza e risultati misurabili, il dialogo evenemenziale appare come un lusso che non possiamo permetterci. Eppure, è proprio quando cediamo completamente a questa tentazione che scopriamo il paradosso: più cerchiamo di controllare gli esiti del dialogo, meno esso diventa capace di generare novità; più lo riduciamo a strumento, meno esso riesce a toccare ciò che davvero conta nelle nostre vite.

La lezione della mucca ci ricorda che il **vero cambiamento** non avviene per accumulo progressivo, ma per **salto qualitativo**.

Non si tratta di aggiungere sempre nuove tecniche comunicative al nostro repertorio, ma di essere disposti, in certi momenti cruciali, a mettere in gioco tutto – persino quell’ultima risorsa che pensavamo di dover custodire gelosamente. È in questo gesto apparentemente folle che si apre lo spazio per l’imprevisto, per quella eccedenza di senso che nessuno dei partecipanti al dialogo possedeva in anticipo.

Ma non si tratta di romanticizzare l’incertezza o di celebrare acriticamente il rischio. Il comandante di Hochsterwitz non agì per disperazione cieca, ma con una lucidità paradossale che trasformò la necessità in creatività. Allo stesso modo, il dialogo generativo non è abbandono al caso, ma una forma superiore di rigore: quello che sa riconoscere quando è il momento di sospendere le regole consuete per permettere a qualcosa di nuovo di emergere.

In un’epoca segnata da polarizzazioni crescenti, da incomprensioni che sembrano insanabili, da conflitti che appaiono destinati a perpetuarsi, la capacità di generare dialoghi trasformativi non è un optional filosofico, ma una necessità vitale. Non per cancellare le differenze in un consenso artificiale, ma per permettere che da esse nasca qualcosa che nessuno aveva previsto: un terreno comune inedito, una possibilità di futuro che prima non esisteva.

Come la mucca che, cadendo oltre le mura, cambiò il destino di un assedio, così il dialogo autentico può ancora sorprenderci, trasformando ciò che sembrava perduto in possibilità di salvezza comune.

Riferimenti bibliografici

Scarafile, Giovanni. *La spina nella carne. Cinque lezioni sul dialogo*. YOD Institute, 2024.

Schein, Edgar H. «On Dialogue, Culture, and Organizational Learning. *Organizational Dynamics* 22, fasc. 2 (1993): 40–51. [https://doi.org/10.1016/0090-2616\(93\)90052-3](https://doi.org/10.1016/0090-2616(93)90052-3).

Shannon, Claude Elwood, e Warren Weaver. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, 1998.

Watzlawick, Paul, John H. Weakland, e Richard Fisch. *Change; principles of problem formation and problem resolution*. 1st ed. Norton, 1974.

2. Il Miglioramento e l'Innovazione nella storia dello sviluppo della gestione della Qualità

Roberto Mirandola

Presidente Onorario del Consorzio Quinn

Giacomo Petrini

Head of Advanced Education, Research, Management Systems del Consorzio Quinn

2.1 Miglioramento e innovazione: definizioni, differenze e sinergie nella storia della Qualità

Da sempre, un singolo artista o artigiano o gruppi di persone aggregate in organizzazioni più o meno complesse si sono posti il problema di come ottenere i risultati desiderati per soddisfare una o più esigenze e, una volta ottenuti i risultati conformi o non conformi alle aspettative, hanno avuto il desiderio di migliorare quello che non è andato come previsto e di incrementare le proprie prestazioni.

L'esigenza di fare meglio⁵, di cambiare qualcosa più o meno radicalmente, ovvero, con modi più o meno formalizzati, di attivare azioni di miglioramento e/o di innovazione, è insita nella nostra natura di esseri viventi più o meno dotati di razionalità e desiderosi di fare bene quello che facciamo e di averne un adeguato riconoscimento. Miglioramento e Innovazione sono termini che all'impronta non sono sempre facilmente distinguibili perché simili per molti aspetti e sempre interconnessi e i principi, gli strumenti, le modalità di gestione dei processi attuativi sono di massima gli stessi.

In questo primo paragrafo si effettuerà un'analisi delle differenze e delle similitudini nonché delle integrazioni che possono presentare il Miglioramento e l'Innovazione nei processi di attuazione; in quello successivo si presenteranno il come e il dove si sono presentati e come sono stati utilizzati in varie situazioni e tempi. L'analisi sarà sviluppata osservando, come se fosse una lente, quello che è stato il modo di gestire il fattore Qualità, visto che la gestione di questo fattore determina in modo rilevante, se non totale, la capacità di soddisfare le esigenze di coloro ai quali è destinato l'output di un'attività⁶ o, più in generale, di coloro che sono interessati a questi risultati (dette oggi *Parti Interessate*).

Iniziamo quindi ad analizzare e riflettere sulle definizioni di Miglioramento e Innovazione proposte dagli standard ISO, che, come è noto, riprendono e standardizzano metodi, nomenclature e strumenti ormai consolidati a livello internazionale.

*L'ISO (ISO 9000, relativa a definizioni e principi sui sistemi di gestione per la qualità, e ISO 56000 specifica sull'innovazione), definisce il **miglioramento come l'attività per accrescere le prestazioni** (performances o risultati misurabili).*

Alla definizione in entrambe le norme citate, è aggiunta una nota che afferma che

⁵ Nella lingua italiana quando si parla di qualcosa che è meglio, migliore di qualcos'altro si sta usando un termine comparativo di maggioranza e deve essere specificato rispetto a cosa è migliore.

⁶ La Qualità (definizione ISO) è il "Grado in cui un insieme di caratteristiche intrinseche di un oggetto soddisfa i requisiti" e l'"Oggetto una qualsiasi cosa percepibile o concepibile che può essere prodotto, servizio, processo, persona, organizzazione, risorsa e in particolare un sistema di gestione".

l'attività di miglioramento può essere ricorrente o singola e che il miglioramento continuo è un'attività ricorrente per accrescere le prestazioni.

Inoltre, la ISO 9001 nell'edizione 2015 contiene un apposito capitolo dedicato al Miglioramento che prescrive (quando per vari motivi viene formalmente adottata) che

l'organizzazione deve determinare e selezionare opportunità di miglioramento e attuare ogni azione necessaria per soddisfare i requisiti del cliente e accrescerne la soddisfazione.

Queste devono comprendere:

- *il miglioramento dei prodotti e dei servizi, per soddisfare i requisiti, così come per affrontare le esigenze e le aspettative future;*
- *la correzione, la prevenzione o la riduzione degli effetti indesiderati;*
- *il miglioramento delle prestazioni e dell'efficacia del sistema di gestione per la qualità.*

In una nota si precisa che le azioni di miglioramento possono comprendere correzioni, azioni correttive, miglioramenti continui, cambiamenti radicali (breakthrough), innovazioni e riorganizzazioni.

Quindi, per l'ISO, l'Innovazione è inclusa nel Miglioramento ed è distinta da un cambiamento radicale e da una riorganizzazione. In conclusione, l'Innovazione è un'azione di miglioramento ma non se ne chiarisce la caratterizzazione per considerarla tale.

L'attività di miglioramento può essere applicata a un prodotto, un processo, un servizio o alla qualità (*Quality improvement*) come parte della gestione per la qualità, focalizzata sull'accrescere la capacità di soddisfare i requisiti da realizzare all'interno della gestione dei singoli processi e/o degli elementi che lo costituiscono con ovvie conseguenze di accrescimento delle prestazioni dell'intero sistema di gestione per la qualità ovvero di un miglioramento del SGQ.

In entrambe le norme ISO citate, l'Innovazione (*innovation*), è definita come quell'entità nuova o modificata, prima non presente, che realizza o redistribuisce valore.

In questa definizione va rimarcato che il cambiamento deve essere nuovo o essere tale da aver apportato delle modifiche. Quindi, sembrerebbe che la caratterizzazione del termine *innovazione* si basi sul fatto che il cambiamento deve avere apportato degli elementi o aspetti nuovi o modificati rispetto ai precedenti e che, quando questi cambiamenti sono radicali, si debba parlare di un processo che ha comportato una rottura (*breakthrough*).

Le entità possono essere qualsiasi cosa percepibile o concepibile, come ad esempio un prodotto, un servizio, un processo, un sistema in particolare organizzativo, un metodo (per esempio un metodo di marketing o di gestione) o una loro combinazione.

Il **valore** è rappresentato dai benefici derivanti dal soddisfacimento delle esigenze e aspettative, in relazione alle risorse utilizzate.

Può essere costituito da ricavi, risparmi, produttività, sostenibilità, soddisfazione, responsabilizzazione (*empowerment*), partecipazione attiva, esperienza, fiducia. La novità e il valore che l'Innovazione può introdurre sono tali quando sono percepite e/o determinate dalle parti interessate che sono rilevanti per quell'entità.

La versione italiana della ISO 56000 riporta alcune definizioni interessanti su chi sia il motore dell'Innovazione ovvero quali siano i principali tipi di Innovazione.

Si cita così l'"innovazione guidata dall'utente", l'"innovazione guidata dal mercato", l'"innovazione guidata dalla tecnologia", e un'"innovazione di significato".

La norma usa inoltre altre specificazioni quali *innovazione radicale* (*radical innovation*, opposto del continuum rispetto all'innovazione incrementale), *innovazione dirompente* (*breakthrough innovation*, Innovazione con un alto grado che può essere relativo all'entità o al suo impatto), *innovazione spiazzante/disorientante* (*disruptive innovation*, Innovazione che spiazza le offerte correnti). Le innovazioni spiazzanti/disorientanti possono creare nuovi mercati e reti di valore, rivolgendosi a nuovi utilizzatori e implementando nuovi business e modelli di realizzazione di valore.

Vediamo ora più in dettaglio le principali differenze o assonanze che si possono ricavare dalle definizioni e specificazioni ISO.

In estrema sintesi, il Miglioramento fornisce risultati migliori, ovvero accresciuti sia in termini di efficienza che di efficacia, agendo sull'esistente seppur in modo più o meno rilevante ma utilizzando approcci, metodi e soluzioni conosciuti e può essere continuo e non singolo, può essere radicale provocando una rottura con il passato, in questo caso detto *breakthrough*, riguardare dei cambiamenti organizzativi (riorganizzazione) ed essere considerato un'innovazione solo se introduce elementi, concetti, caratteristiche nuove o che modificano quelli esistenti.

Sia il Miglioramento che l'Innovazione possono avvenire

Come iniziativa di miglioramento destinata a risolvere un problema contingente presente in un processo di un sistema di gestione di un'organizzazione usando le tecniche del problem solving

Oggi la ISO 9001 lo prescrive (quando applicata per scelta autonoma o contrattuale o regolamentaria) sostanzialmente come

“un processo continuo come parte della gestione per la qualità focalizzata sull'accrescere la capacità di soddisfare i requisiti per la qualità”.

Questo processo generalmente opera sull'esistente, per esempio per correggere una *non conformità*, per individuarne le cause (*azione correttiva*) o come conseguenza di un riesame della direzione a fronte di problemi di non adeguatezza del SGQ. È un'azione che può essere considerata come prevista nella fase A (*act*) del controllo di processo secondo l'approccio PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) di Deming (vedi più avanti nel paragrafo successivo), conseguente a problemi (situazioni di fuori controllo dagli indicatori di processo o non conformità) che si sono presentati nella fase C di monitoraggio (significa effettuare misure e valutazioni per tenere sotto controllo, dominare la variabilità di un processo mantenendola entro i limiti stabiliti) di un processo.

In questo caso, l'attività svolta nella fase A dovrebbe essere considerato rigorosamente di puro miglioramento, anche radicale, purché intervenga sugli elementi, le caratteristiche esistenti. Nel caso in cui questo processo di miglioramento non porti alla risoluzione del problema e solo con un cambiamento più o meno radicale delle caratteristiche degli elementi in gioco o l'introduzione di nuovi approcci, strumenti o elementi si possa risolvere il problema, il processo di miglioramento comporta l'introduzione di un'innovazione, sempre nell'ipotesi che questa aggiunga valore ovvero si sia incrementata la soddisfazione delle Parti Interessate.

Il Miglioramento o l'Innovazione possono essere apportati anche all'intero SGQ quando il cambiamento avviene in una fase di check del PDCA applicato al sistema stesso (per esempio nel riesame della direzione o dopo un visita di certificazione), coinvolgendo nell'azione di cambiamento più processi od elementi del sistema (per esempio ad una variazione del contesto esterno o delle esigenze di alcune delle Parti Interessate, per esempio cliente o enti di controllo legislativo o competitors) che, per aumentare le prestazioni del sistema, comportano un cambiamento o modifica degli obiettivi. È questo il caso in cui possono presentarsi miglioramenti che riguardano l'assegnazione di compiti e delle responsabilità dei vari livelli di management ed operativi o altri elementi della struttura organizzativa (per esempio procedure che sono relative a più processi e funzioni) e quindi essere un miglioramento ma considerato come una riorganizzazione.

Come risultato di specifiche attività di ricerca destinate a migliorare o ad introdurre innovazioni su particolari temi, svolte all'interno di una struttura organizzativa, pubblica (tipo CNR o Università) o privata senza fini di lucro (fondazioni o associazioni tipo quella sulla ricerca del cancro) o nelle imprese

In queste ultime è spesso prevista istituzionalmente una funzione destinata all'innovazione mentre il miglioramento è parte routinaria di tutti i processi di competenza delle altre funzioni aziendali. Le situazioni nelle quali si destinano specifiche risorse per l'innovazione sono quelle nelle quali questa può essere una delle principali fonti di vantaggio competitivo per l'impresa e/o per i sistemi socioeconomici

Da un'idea di una singola persona, pensata per trovare risposta ad una specifica esigenza, e in questo caso il processo di realizzare un'idea parte dall'esistente (è famoso il detto di Newton che dice di essere salito sulle spalle di chi lo ha preceduto) come processo di miglioramento ma spesso, per la libertà delle decisioni, può portare ad un'invenzione come frutto di un processo di innovazione.

In ogni caso, la soluzione del problema, il risultato di un'attività di ricerca, o la concretizzazione di un'idea, diventa innovazione solo quando è sviluppata e, come da definizione, solo se crea valore ovvero benefici derivanti dal soddisfacimento di specifiche esigenze e aspettative di alcune Parti Interessate e da queste chiaramente percepita.

2.2 Miglioramento e Innovazione nella storia della Qualità nelle Organizzazioni

Analizziamo quindi gli sviluppi che ha avuto il concetto di Miglioramento nei modi di gestire il fattore Qualità e quando questo possa essere considerato come un'Innovazione, a partire dalla rivoluzione industriale ad oggi, ma con qualche sguardo sui tempi più classici, sia relativamente ai cambiamenti avvenuti nella gestione dei processi e degli elementi del sistema sia nel sistema di gestione per la qualità.

Seguendo l'impostazione dell'ISO, che include nelle attività di Miglioramento anche aspetti di Innovazione, cercheremo di capire quando i cambiamenti che si sono avuti sono più da considerarsi come miglioramento continuo (nella quale collocheremo quella che viene considerata innovazione incrementale) o come questa azione di miglioramento possa essere considerata un'innovazione. In ogni caso, l'attenzione sarà sulle situazioni nelle quali si sono apportati miglioramenti o innovazioni ai vari approcci, strumenti e configurazioni tali di aver accresciuto in modo rilevante la capacità di un'organizzazione di soddisfare le esigenze di tutte le PI rilevanti e di accrescerne il livello di soddisfazione.

Le attività di miglioramento non sono presenti nelle attività umane in forme riscontrabili formalmente ma solo indirettamente dagli sviluppi incrementali delle opere e dei prodotti, sino a quando verrà affrontato direttamente e formalmente come un processo di un sistema di gestione per la qualità di un'organizzazione negli anni '70-80 prima dalle imprese giapponesi e poi nelle norme ISO di gestione dei sistemi.

Il là lo ha dato il Giappone che ne fece una vera e propria filosofia del modo di gestire un'organizzazione nel loro progetto di rinascita dopo la sconfitta della Seconda guerra mondiale.

Il modello che innova il modo di gestire la qualità è il CWQC (Company Wide Quality Control) adottato per i risultati ottenuti in tutti i paesi industrializzati, importato anche in Italia come Qualità Totale poi come Total Quality Management, come vedremo più avanti.

In USA prima poi nella maggior parte dei paesi industrializzati viene introdotto negli anni '80 da alcuni illustri personaggi sollecitati da situazioni di crisi di competitività delle imprese dei loro paesi. Il concetto di Miglioramento, riconosciuto come prioritario per competere con i prodotti giapponesi, entra gradualmente nei processi di sistema di tutte le aziende industrializzate o di quelle pubbliche. L'autore che alla fine degli anni 80 pose una pietra miliare nel riconoscere l'importanza che ha il processo di miglioramento è stato James

Harrington⁷, che nei suoi numerosi saggi ne sviluppa e concretizza principi e strumenti sulla base dei contributi e insegnamenti avuti da coloro che sono considerati i padri di questo nuovo modo di gestire il fattore qualità e dei relativi strumenti applicativi, Philip B. Crosby, W. Edwards Deming, Armand V. Feigebaum, Kauru Ishikawa e Joseph Juran. Certamente tutti costoro con i loro scritti e le loro attività di promozione sono stati i grandi innovatori che hanno fatto conoscere che non basta essere conformi, ma che per essere competitivi occorre migliorare e migliorare se non innovare, continuamente.

Saper stare sul mercato giocando un ruolo da protagonisti e non da comprimari è stato allora ma lo è anche oggi, in tutti i settori, una condizione fondamentale, ma se prima era convinzione diffusa che fosse sufficiente per le aziende “correre” per mantenere inalterate le proprie quote di mercato o addirittura per incrementarle, tutto ciò non bastava e non basta più... bisogna incominciare a “volare”!

“Volo! Zorba! So volare!” strideva euforica Fortunata dal vasto cielo grigio. L’umano accarezzò il dorso del gatto. “Bene, gatto. Ci siamo riusciti” disse sospirando. “Sì, sull’orlo del baratro ha capito la cosa più importante” miagolò Zorba. “Ah sì? E cosa hai capito?” chiese l’umano. “Che vola solo chi osa farlo” miagolò Zorba.

(Storia di una gabbianella e del gatto che le insegnò a volare, Luis Sepulveda - 1996)

Ma a tutto ciò si è giunti con un lento processo incrementale di miglioramento continuo delle conoscenze dell’uomo, che è cominciato nei tempi più lontani e può essere interessante e istruttivo ricercare alcuni momenti di questa crescita attraverso la storia della Qualità nei secoli se non nei millenni passati.

Juran, J. M. (Joseph M.), quello che è il famoso e talentuoso dei personaggi citati, motivo per il quale viene ritenuto lui il “padre della qualità totale”, ha effettuato alla fine del secolo scorso una ricerca sull’impatto che l’evoluzione del concetto di qualità ha avuto sulla civilizzazione nel corso dei secoli. La ricerca è stata svolta con la collaborazione di vari autori di varie nazionalità, dalla Cina, Giappone agli Stati Uniti, a vari paesi europei, fra i quali l’Italia⁸. I risultati della ricerca sono stati raccolti nel testo *“A History of Managing for Quality, The evolution, trends, and future directions of managing for Quality A History of Managing for Quality”* ASQC Quality Press 1995, pubblicato in Italia da Sperling & Kupfer con il titolo *“Qualità nella storia”*.

Il gruppo di autori riunito da Juran descrive come il “gestire la qualità” abbia assunto valori diversi in diverse aree geografiche e diversi periodi storici. Vedere come sono state affrontate, svolte, dall’albo dei secoli, dal punto di vista gestionale, le più svariate attività in paesi spesso molto diversi per cultura e tradizioni, attraverso la qualità, ha consentito di analizzare con quale organizzazione, risorse, metodi e strumenti si è cercato di ottenere i risultati che ci si era proposti per rispondere alle più svariate esigenze.

A metà degli anni ’90, J.M. Juran nel testo citato *“A History of Managing for Quality”*, nella prefazione dello studio afferma che

“lo studio della storia ci aiuta a scoprire le tendenze e le direzioni di eventi passati e, quindi, ci permette di valutare ciò che possiamo trovare davanti a noi. Gran parte della storia riporta cicli ricorrenti di eventi conseguenti ad eventi più o meno straordinari. Un nuovo evento è come una nuova forza – un’invasione militare, un diluvio, una nascita o una morte in famiglia - che genera come conseguenza flussi di eventi fortemente innovativi per rispondere a ciò che ha provocato la nuova forza. Queste risposte a loro volta contribuiscono alla creazione di forze aggiuntive, che generano ulteriori risposte ... in un ciclo continuo di challenge and response”.

Juran motiva il suo impegno nello studio come volontà di dare risposta, al management e ai tecnici di ogni livello, e alle grandi aspettative che l’intero mondo occidentale riponeva in quegli anni di grandi mutamenti nel modo di *“fare qualità”* per affrontare la sfida giapponese, che della qualità ne aveva fatto in quegli anni

⁷ Per tutti citiamo il primo testo pubblicato nel 1987 dalla McGraw Hill *“The Improvement Process”*, tradotto e pubblicato dalla Sperlig&Kupfer nel 1990 con il titolo *“Il Processo Migliorativo”* o il successivo *“Total improvement management: the next generation in performance improvement”* pubblicato nel 1995 dalla McGrawHill

⁸ In particolare, un capitolo, *“Managing for Quality in Ancient Rome”*, è stato curato dal ricercatore dell’area umanistica Marco Bigliuzzi e dal professore Roberto Mirandola

uno strumento di successo sui mercati internazionali mettendo in crisi l'industria occidentale, ed in particolare quella americana.

Ai nostri fini di effettuare un'analisi dei mutamenti che ha avuto il modo di fare Qualità, a partire dal secolo scorso sino ai nostri giorni, la ricerca effettuata da Juran alza lo sguardo oltre i confini entro i quali siamo abituati a considerare la Qualità e i suoi sviluppi analizzando come è stata affrontata la Q nei tempi più antichi. Seguiamo il pensiero di Juran nel presentare il suo studio

“Effettuare delle realizzazioni di qualità è sempre stato uno degli obiettivi dell’impegno della razza umana, ma raramente ha occupato in modo prioritario l’attenzione del management di alto livello. Gli eventi degli ultimi decenni (n.d.r. anni ‘80-‘90) hanno cambiato tutto. Inoltre, la qualità del prodotto è diventata il centro di intensa concorrenza internazionale. L’emergere del Giappone come superpotenza economica è in gran parte il risultato della sua rivoluzione nel gestire il fattore qualità. Inoltre, la qualità del prodotto è emersa come lo scudo principale contro i danni alla sicurezza e della salute umana, e per l’ambiente.”

Ancora più interessanti sono le precisazioni che Juran aggiunge per definire i confini temporali della sua ricerca che non devono essere ristretti al secolo ventesimo; infatti

“... è ingannevole l’affermazione che alcuni individui del ventesimo secolo - per esempio Shewhart, Deming, Juran, Ishikawa, o altri - abbiano inventato nuovi approcci o strumenti per gestire la qualità. Tale culto semplicistico di alcuni “eroi” della qualità non ha alcun fondamento nei fatti. I nostri siti archeologici, città antiche e musei moderni forniscono prove convincenti che l’“invenzione” di modi e strumenti per la gestione per la qualità è stato un processo continuo nel corso dei millenni”.

Segni importanti si possono ritrovare in tutta la storia della nostra civiltà, nella Cina imperiale dei venti secoli che hanno preceduto la nascita di Cristo, nell'alto livello di abilità dell'ingegneria egizia o nella storia dell'architettura ed urbanistica dell'antica Grecia, nella storia della cantieristica scandinava, e per riguarda il nostro Paese, in quella dell'arsenale di Venezia, dell'Impero Romano o in quella più recente del nostro rinascimento.

Al riguardo Juran cita le antiche strade cinesi, i monumenti greci e romani, molte altre costruzioni e opere, quali, ponti, templi, navi, e altri capolavori di progettazione e costruzione, alcuni dei quali ancora oggi ci stupiscono per la loro bellezza e resistenza al passare del tempo. Prosegue citando gli artigiani qualificati che per molti secoli hanno avuto le competenze necessarie per nutrire, vestire, e dare riparo e crescita alla popolazione. Non ultima la rivoluzione industriale ha aperto le porte all'energia meccanica, alle macchine di produzione, ferrovie, navi a vapore, energia elettrica, automobili, viaggi aerei, elettrodomestici, e altre meraviglie senza fine. Ognuno di questi sviluppi ha richiesto approcci e strumenti per la “qualità” intesa come rispondenza alle esigenze e alle aspettative di varie categorie di PI, in particolare di coloro che avrebbero tratto beneficio dall'uso dei prodotti di tali sviluppi.

Nella ricerca effettuata da Juran, innumerevoli sono gli spunti le occasioni per mettere in risalto casi di miglioramento e soprattutto di innovazione. Si sceglie uno per tutti di riportare in sintesi quanto riguarda l'invenzione della ruota e l'evoluzione della realizzazione delle strade che ad essa è strettamente collegata.



L'invenzione della ruota costituì la risoluzione di uno dei più difficili problemi dell'umanità⁹ che si perde nella notte dei tempi: è probabilmente il risultato di lunghe osservazioni e laboriosi tentativi di intere generazioni di uomini che acquistano sempre più coscienza delle loro possibilità di costruirsi strumenti e quindi può essere considerata come conseguente ad un processo di miglioramento conclusosi con un'invenzione.

La prima ruota è costruita ad Ur, in Mesopotamia, intorno al 3250 a.C. per un uso probabilmente artigianale, inventata dal vasaio per produrre meccanicamente quello stesso vaso che prima, modellato a mano, gli

⁹ Spunti tratti e rielaborati da brani della rivista “Quotidiano Honebu di Storia e Archeologia” da un articolo di Pierluigi Montalbano

costava molto tempo e fatica. In seguito, la ruota permette la costruzione del primo carro da guerra e il primo carro funebre e poi dei primi mezzi di trasporto al posto delle slitte.

Dopo il 2000 a.C. appaiono i primi carri a due e a quattro ruote con il cassone sormontato da sponde. Fra il 2000 e il 1000 a.C. il carro inizia il suo lungo cammino per il mondo, lo ritroviamo ovunque tra la valle dell'Indo e l'Egitto. A contatto con così varie e parallele civiltà il carro non può non evolversi ulteriormente: infatti proprio in questo periodo assume le sue linee fondamentali. Con poche, intelligenti aggiunte, lo si perfeziona in un comodo mezzo per il trasporto delle persone, snellendolo ed alzandone i bordi anteriori. L'invenzione della ruota, e conseguentemente l'adozione del carro, segna l'inizio di due importanti rivoluzioni: il definitivo addomesticamento del cavallo e la creazione della strada, avvenimenti che diedero un contributo essenziale allo sviluppo degli scambi commerciali e della civiltà in genere.



Le prime strade sono costituite dalle piste che i grossi pachidermi preistorici tracciano al loro passaggio nelle boscaglie. Lungo queste piste, che segnalano la presenza della selvaggina, cioè del cibo, avvengono le battute dei cacciatori dell'antichità. Poi lentamente con il passare dei secoli la costruzione di una strada e l'uso della ruota, diviene il mezzo per far muovere le truppe e le merci e per le comunicazioni fra persone e organizzazioni situate in posti diversi e sempre più distanti fra loro. Un re babilonese (670 a.C.) stabilisce che si debbano tracciare strade attraverso il regno onde rendere più attivo il commercio con tutti i popoli vicini. Strade se ne costruiscono in Grecia e in Egitto, con un sistema molto più organico ed organizzato, in Persia per permettere ai loro funzionari un rapido collegamento con il potere centrale. Piste di terra battuta o talvolta lastricate congiungono varie località: la più lunga unisce Susa, la capitale, a Sardi sul Mare Egeo, superando una distanza di 2500 km. Corrieri del re percorrono normalmente l'intero percorso in quindici giorni. Si deve giungere a Napoleone per trovare corrieri più veloci! Ma la più antica e sotto molti aspetti la più ammirevole rete stradale del mondo antico è indubbiamente quella cinese. Già prima del 1000 a.C. tutto il Paese è collegato mediante strade sorvegliate e ogni 20-25 km vi sono stazioni di posta con alloggio per i viaggiatori. Contemporaneamente nasce il problema di regolamentarne l'uso e così nasce sotto la dinastia Chou (1122-256 a.C.) si ha il primo esempio di codice della strada.

Quegli imperatori sono costretti ad emanare una serie di disposizioni intese a regolare il traffico agli incroci, a limitare la velocità e ad imporre una scala uniforme di grandezza dei veicoli. La rete stradale cinese costituisce un esempio unico di un processo continuo di miglioramento nella storia dell'umanità. Nessuna delle pur grandi civiltà mediterranee dell'antichità ebbe una vera, autentica politica stradale ad eccezione di Roma. Il motivo risiede nel fatto che centro motore delle civiltà persiane, assire, babilonesi ed egiziane era naturalmente il Mediterraneo, dall'Impero persiano ad Atene, da Alessandria a Costantinopoli, e perciò la più naturale via di comunicazione apparve il mare.

I Romani invece furono i più grandi costruttori di strade che la storia antica annoveri unendo, in una fitta trama, ogni località dell'Impero a Roma. Per oltre 500 anni della loro storia, dal 300 a.C. al 250 d.C. costruiscono strade, sistematicamente, strade che si differenziano da tutte le altre dell'antichità sia come grandiosità di concezione sia come abilità tecnica. L'ingegneria stradale romana giunge ad un livello altissimo: lo dimostrano la via Appia, la via Flaminia e le tante altre che costituiscono un efficientissimo sistema di collegamento tra il governo centrale e gli organi amministrativi periferici, oltreché uno strumento insostituibile di scambi e di commerci e per spostare le truppe. Una rete di servizi, dislocati ogni sei o sedici miglia romane, sono al servizio esclusivo dei funzionari governativi onde permettere loro di viaggiare con assoluta sicurezza e con la massima velocità. Ogni sei miglia sono dislocate stazioni di posta per il cambio dei cavalli. Ogni venti-trenta miglia vi sono ostelli dove i viaggiatori trovano di che rifocillarsi e un tetto per riposare; circondati da palizzate e fossati, sono vere e proprie fortezze, poste nelle località più remote dell'Impero. Anche i ponti romani, che a più di duemila anni di distanza resistono ancora all'azione delle intemperie e sopportano egregiamente il peso ed il volume del traffico moderno, sono uno dei documenti più importanti del genio architettonico dei romani.

Lo sviluppo delle comunicazioni tramite strade (si pensi alle reti autostradali, ai ponti, alle gallerie dei giorni nostri) rappresenta complessivamente, un esempio di processo di miglioramento continuo effettuato da vari

popoli, in varie situazioni, per risolvere le esigenze più disparate, sviluppando continuamente nuove soluzioni partendo dalle esperienze precedenti, che ha sempre comportato nel suo evolversi molteplici esempi di innovazione (per tutti valga l'esempio delle strade cittadine di Pompei¹⁰) e questa, è una considerazione che vale in generale quando si cercano differenze o assonanze fra miglioramento ed innovazione in qualsiasi caso.

Fatto questo breve e veloce sguardo ai tempi antichi veniamo ai giorni nostri quelli che vanno dai primi anni del secolo scorso ad oggi per i quali può essere utile utilizzare lo schema di fig. 1, che sintetizza lo sviluppo della Q in questi anni, per metterne in evidenza seppur a grandi linee quegli sviluppi che possono essere considerati miglioramenti o innovazioni.

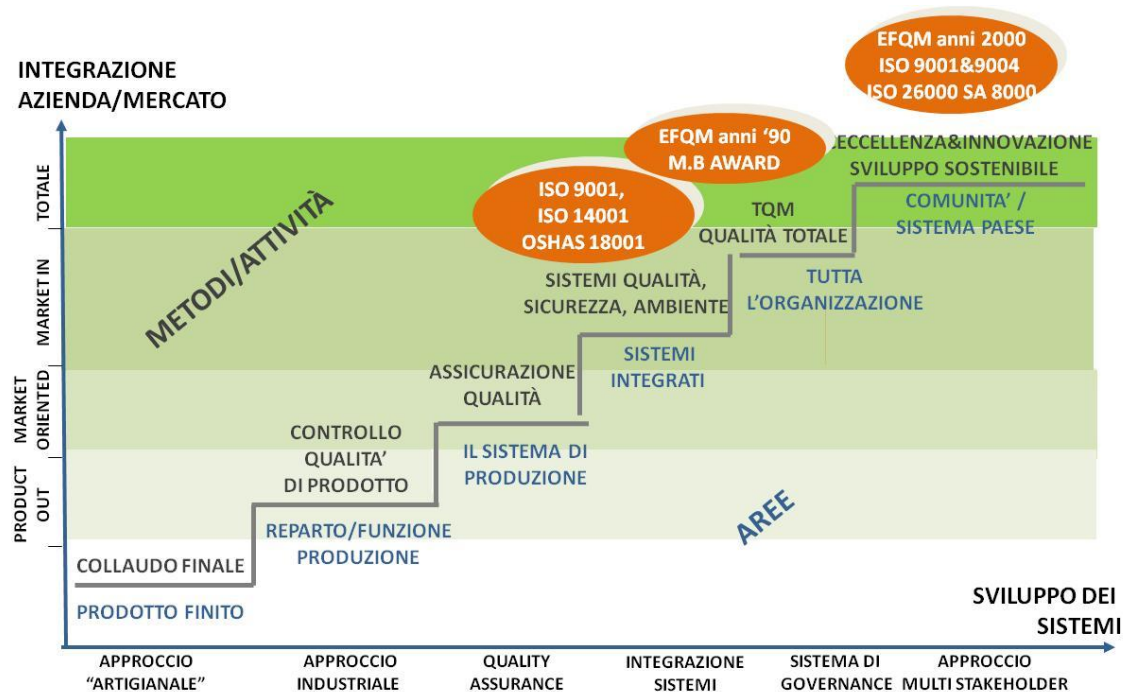


Figura 1 Evoluzione del concetto e degli approcci al Quality Management

Per rappresentare lo sviluppo dei vari sistemi di gestione del fattore qualità a partire dai primi anni del secolo scorso, si è utilizzato il primo quadrante del grafico cartesiano riportato in figura¹¹, dove sull'asse X è riportato lo sviluppo dei vari modelli o approcci alla gestione del fattore Qualità. Tale sviluppo è sostanzialmente sequenziale, sia per quanto ne riguarda il progresso nel tempo (per cui si potrebbero riportare sull'asse anche dei periodi storici nei quali i vari approcci sono stati dominanti), sia per l'evoluzione in termini di capacità di governare la qualità per tutte le esigenze alle quali un'organizzazione ha dovuto in prevalenza rispondere.

Sull'asse delle ordinate (Y) è riportato il livello di integrazione organizzazione-mercato direttamente correlato al rapporto domanda-offerta. I valori sono riportati per categorie od attributi a partire da un atteggiamento cosiddetto *product out* (corrispondente ad una forte prevalenza della domanda), per passare ad una situazione *market oriented* (corrispondente ad un sostanziale equilibrio della domanda con l'offerta), ad un approccio *market in* (corrispondente ad una prevalenza dell'offerta sulla domanda), per arrivare ad una

¹⁰ Da un articolo di Daniele Mancini sul sito web Mediterraneo Antico "Le strade principali di Pompei erano pavimentate in pietra ed erano percorse da lunghi solchi appositamente realizzati per il transito dei carri, affiancate da veri e propri marciapiedi più alti per il passaggio dei pedoni. La progressiva erosione di queste fenditure causata dal passaggio dei mezzi creava buchi profondi che periodicamente dovevano essere riparati. Sostituire la pavimentazione sarebbe stata un'operazione gravosa in termini economici ma anche logistici, perché le vie principali sarebbero rimaste bloccate per mesi. Gli addetti alla manutenzione stradale pensarono quindi di riparare i buchi riempiendoli con ferro fuso misto ad altri materiali come pietra e frammenti di terracotta, risolvendo il problema in modo più rapido ed economico"

¹¹ Il testo di riferimento e approfondimento per alcune delle analisi che seguono è "La gestione della qualità nelle organizzazioni" Lucia Bonechi. Gionata Carmignani, Roberto Mirandola Edizioni Plus dell'Università di Pisa, Pisa 2004

completa integrazione azienda mercato o meglio società (oggi non è più un problema di rapporto domanda-offerta ma della ricerca di un nuovo equilibrio delle esigenze di tutti per un contenimento dei consumi).

Il quadrante è diviso in due settori dalla spezzata di sviluppo dei modelli. Nella parte inferiore sono riportate le aree coinvolte, in quella superiore la denominazione che sono state attribuite ai vari approcci, unitamente, nei casi più importanti, ai riferimenti di norme o standard.

Ogni approccio ha fornito un contributo allo sviluppo dei moderni modelli di gestione delle organizzazioni, lasciando traccia in quelli successivi che ne hanno valorizzato i punti di forza e che sono partiti dai punti di debolezza degli approcci precedenti per impostare azioni di miglioramento.

Ritorniamo un momento al pensiero di Juran, per introdurre l'approccio alla qualità che abbiamo definito nello schema come artigianale. Nel suo libro sulla qualità nella storia, ricorda che

“per molte centinaia di anni, abili artigiani hanno padroneggiato le tecniche necessarie per nutrire, vestire e proteggere popolazioni in crescita ed equipaggiarne gli eserciti”.

Artigiano può essere definita una persona che lavora da solo o in piccole aggregazioni nella manutenzione di impianti, nell'edilizia, nell'idraulica o in servizi elettrici, nella moda, nella lavorazione del legno, nell'arredamento, nella agricoltura, nei servizi turistici e nello spettacolo e nell'arte, in generale nelle più svariate attività professionali realizzando pochi prodotti di solito di semplice fattura o fornendo specifici servizi, la qualità assume ieri ed ancora oggi, il significato generico di “a regola d'arte”.

Il controllo è esercitato direttamente dall'operatore durante la realizzazione realizzata “in process” dall'artigiano mentre lavora in un approccio olistico, d'insieme, globale non scientifico, né ripetibile e trasferibile con metodi tecniche informali, fortemente legati alla professionalità ed alle capacità dell'artigiano. Sul prodotto finito viene effettuata una valutazione finale (una specie di collaudo) con valutazioni solo delle prestazioni funzionali e delle caratteristiche macroscopiche, “visibili”, svolta dallo stesso artigiano non associata a sistemi di misura affidabili e dal cliente in contraddittorio. Nel caso di un servizio la valutazione avviene sia al termine della sua erogazione come giudizio del cliente mentre chi lo eroga acquisisce altre valutazioni derivabili direttamente e personalmente dal processo di erogazione sempre informalmente ma anche indirettamente dagli andamenti degli affari e dai giudizi dei media.

Un esempio molto semplice può essere il caso del cuoco bravissimo nel cucinare alcuni piatti senza essere in grado di trasferire ad altri, metodi e caratteristiche dei processi (“la ricetta”) oppure restio a condividere con altri le sue conoscenze. La qualità è più nelle ‘mani’ che nella ‘testa’ dell'artigiano. L'apprendista impara guardando e provando molte volte senza poter far affidamento ad un più efficiente strumento per trasferire le conoscenze. La verifica finale misura ciò che può misurare e, anche se può dare un certo grado di conformità (un componente semplice, la cui qualità possa essere verificabile con sole misure o collaudi finali), è comunque ‘costosa’ perché o si accetta o si scarta il prodotto finale.

Le modalità di svolgimento delle attività rimangono nei vari settori immutate per lunghi periodi con livelli di miglioramento dovuti principalmente allo sviluppo tecnologico, che divengono patrimonio comune del settore. I piccoli aggiustamenti apportati da ciascun operatore nello svolgimento delle attività non sono formalmente riscontrabili e quindi standardizzabili perché “nascosti” nei processi di lavorazione e di patrimonio informale e sommario di chi esegue il processo, così da non costituire una memoria tecnica riportante le esperienze fatte, che possa essere resa disponibile sia per chi li ha effettuati che altri che svolgono attività analoghe.

L'innovazione di processo avviene soprattutto quando si cerca di trasferire nelle proprie attività quelle conoscenze disponibili nel settore per le esperienze di altri o conseguenti allo sviluppo delle tecnologie, seppure con difficoltà a causa delle ridotte possibilità economiche.

Diverso è il caso delle PMI che possono essere considerate come un'aggregazione di persone solitamente competenti nelle proprie specializzazioni in una organizzazione con un minimo di struttura organizzativa, si

potrebbe dire artigiani che si riuniscono in piccole aggregazioni per integrare le varie competenze per un unico scopo. Ognuno nei vari compiti contribuisce con le proprie capacità professionali, le persone lavorano sostanzialmente per processi in autonomia completa sia livello decisionale che operativo, con controlli *in process* decisamente informali ricavati dalla propria esperienza, con una forte vicinanza e condivisione degli obiettivi con il vertice aziendale e con tutto il personale dell'azienda. Il tutto determina unità di intenti e grande spirito di collaborazione, una forte motivazione personale, una completa integrazione delle varie funzioni.

Queste caratteristiche rappresentano nel loro insieme un grande vantaggio che rende per esempio oggi le **imprese di piccole dimensioni agili e pronte** nella capacità di miglioramento continuo e di innovazione.

Per questo andrebbero imitate anche dalle aziende più grandi per strutturare la loro organizzazione in modo simile, attuando una forte decentramento e autonomia nell'assunzione di responsabilità, ad ogni livello, puntando sulla gestione per processi, nel lavoro di gruppo e sull'empowerment. Criticità delle PMI sono ancora una difficile capacità di gestione della conoscenza non solo personale ma aziendale, dovuta principalmente ad una non corretta documentazione di tutto ciò che apporta valore, condivisa ad ogni livello e accresciuta continuamente dall'esperienza delle persone e dai risultati di ogni attività nonché dall'interazione con le PI specialmente clienti e fornitori e partner e da un monitoraggio continuo del contesto esterno ed interno.

La ricerca che il Consorzio ha effettuato sullo stato della Qualità nel mondo è risultato che proprio le PMI che operano nel settore delle 4A che hanno un tipo di gestione che risponde ai criteri sopra riportati (in pratica hanno come modello informale anche non certificato l'ISO 9001), avevano degli indicatori di risultato eccellenti, in particolare avevano un export superiore alle analoghe imprese europee.

In conclusione, questo tipo di approccio che abbiamo sinteticamente definito *artigianale* effettua un'azione di controllo della qualità che si avvicina al controllo di processo dei tempi odierni, ma questo controllo non avviene con metodi provati e standardizzati ovvero l'approccio del PDCA implicitamente applicato non è cosciente e rigoroso specialmente per la fase di monitoraggio del processo e di regolazione ed eventuale miglioramento.

Alla fine degli anni Novanta M. Hammer e J. Champy scrissero, nel loro libro *Reengineering the Corporation*, la seguente frase:

Il problema del nostro paese è che sta entrando nel ventunesimo secolo con aziende progettate nel diciannovesimo secolo per lavorare bene nel ventesimo.

Questa frase si riferisce agli Stati Uniti ma vale anche per i paesi europei negli che vanno dall'inizio del '900 sino agli anni '60-80. Hammer si riferisce in particolare a quell'aspetto organizzativo tipico dell'azienda fordista dell'inizio del secolo scorso (e non solo) che è la specializzazione dei compiti introdotta da Adam Smith, come teorico e da Ford e Sloan, General Motor, sul piano industriale, con il fine di aumentare la produttività. Molti sono gli aspetti di carattere sociale ed economico che sono collegati a questa nuova Rivoluzione Industriale dell'inizio del secolo scorso e non è certo questa la sede per affrontare questi temi. Questa Rivoluzione Industriale creò, tra le altre cose, un mercato di beni e consumi rivolto alle classi sociali che fino a quel momento erano vissute in modo preponderante in un regime di auto-consumo. Nella nuova situazione, invece, i braccianti e i contadini e molte altre categorie di artigiani ora sono ora operai presso le nuove fabbriche e diventano con le loro famiglie utilizzatori di beni provenienti da grossi insediamenti industriali. In poche parole, nasce la domanda di beni poveri e di largo consumo:

“nasce la necessità di produrre milioni di pezze di lana al posto di centinaia di broccati di seta”.

Ed è da questa necessità di rispondere alla domanda via via sempre più crescente che con la rivoluzione industriale e in seguito tecnologica nasce un sistema di produzione che in seguito sarà denominato produzione di massa. La caratteristica di questo sistema era la ricerca della massima produttività, per far

fronte ad un mercato nel quale la richiesta è prevalente sull'offerta e che non è particolarmente critico nelle sue scelte, dato che non può scegliere né privarsi del bene da acquisire. La conseguenza naturale è un atteggiamento dell'offerta *product out*, cioè che risponde alle esigenze o le determina in modo auto referenziato, privilegiando innanzi tutto le esigenze di produzione e di business¹².

La suddivisione delle attività in semplici e ripetitive operazioni permette al singolo operatore di svolgere sempre con maggior destrezza e minor tempo il proprio compito ed inoltre il carattere elementare del lavoro consente di non dover utilizzare forza-lavoro qualificata e pertanto difficile da reperire e costosa. È noto l'esempio della manifattura di spilli descritta da Smith in cui, con la divisione del lavoro attraverso 18 distinte operazioni, 10 persone arrivano a produrre 48.000 spilli al giorno. Se questo prodotto fosse stato da singoli artigiani separatamente l'uno dall'altro, ciascuno di loro avrebbe potuto certamente fabbricare al massimo 20 spilli al giorno.

Tutto questo ha contribuito a spostare l'attenzione sulla qualità da valore generale ad attributo e caratteristica specifici di un prodotto industriale, specialmente pensato e realizzato per il grande consumo. Infatti,

dalla rivoluzione industriale e dal conseguente sistema di produzione di massa affermatosi nel periodo che va dagli anni '20 ai primi anni '60, deriva l'approccio alla gestione della qualità che va sotto la denominazione di **Controllo Qualità di prodotto (CQ)**.

L'aspetto che caratterizza in modo precipuo questo approccio consiste nel fatto che il controllo della qualità viene esercitato prevalentemente se non in modo esclusivo con misure effettuate in punti critici durante la produzione e non solo alla fine e direttamente sul prodotto e sulle parti o sui materiali che lo costituiscono. I punti critici sono individuati per garantire un costante e rapido avanzamento della produzione (*move the metal* è l'imperativo della produzione) e per quegli aspetti e caratteristiche che il cliente al momento della consegna non può non vedere e quindi rifiutare il prodotto.

L'attività di controllo è svolta da personale diverso da quello operativo ed è detta spesso ispezione e può consistere in osservazioni, misure, prove o altro ed è soprattutto sul prodotto o sulle sue parti.

Nel caso della produzione in serie di lotti di centinaia o migliaia di pezzi, non essendo possibile controllare ogni singolo elemento e dovendo nel contempo garantire un valore massimo della difettosità immessa nel ciclo di produzione (per esempio all'accettazione in arrivo dai fornitori) o sul mercato, sin dagli anni trenta ma soprattutto nel periodo bellico, nelle aziende manifatturiere degli USA, a fronte anche di specifiche richieste degli enti militari, furono gradualmente introdotte le tecniche statistiche¹³, prima a supporto delle verifiche effettuate su campioni prelevati dai lotti di produzione sulla base di un valore di prodotti non conformi accettabile (AQL¹⁴) o su quelli consegnati dai fornitori, poi per il controllo dell'andamento di un processo

¹² In questo contesto ben si apprezzano le teorie di Adam Smith che con il suo trattato *La Divisione del Lavoro* del 1776 anticipò di 150 anni l'applicazione pratica dovuta ad Henry Ford. "A. Smith, Un'indagine sulla natura e la causa della ricchezza delle nazioni, Edinburgh, 1776".

¹³ Dal 1924, anno nel quale il dott. Walter A. Shewart sviluppa una prima carta di controllo (una p chart) per analizzare le percentuali di difettosità nei dati di ispezione al 1941 quando il Ministero della Guerra degli USA (DOD) pubblica l'*American War Standards Z 1.1 e Z 1.2* per inserirle in tutti i contratti di fornitura per la difesa. Al comitato di preparazione di queste norme partecipò, tra gli altri, Deming. Il lavoro principale su questo tema è riportato nel libro "Economic Control of Quality of Manufactured Product" (1931). Le carte di Shewart furono adottate dall'*American Society for Testing and Materials (ASTM)* nel 1933 e usate per il miglioramento della produzione degli armamenti militari del DOD USA nella Seconda guerra mondiale attraverso gli *Standards Z1.1-1941, Z1.2-1941 and Z1.3-1942*. S'ipotizza che esse, usate sia nella produzione che nella manutenzione, contribuirono in modo rilevante alla vittoria finale per la maggiore affidabilità degli armamenti USA rispetto a quelli degli avversari.

¹⁴ AQL: Acceptance Quality Level (Livello di Qualità Accettabile, LQA), in questo periodo dell'ordine del per cento quindi accettando problemi di rallentamento della produzione di pochi casi su cento

(carte di controllo¹⁵). La prima carta di controllo fu proposta nel 1924 da Walter A. Shewhart che scrisse, accompagnandola:

il modello di rapporto allegato è stato progettato per indicare se le variazioni osservate nella percentuale di apparati difettosi siano o no significative, a indicare, cioè, se il processo sia soddisfacente

I processi (per esempio la saldatura) la cui conformità non sia valutabile con verifiche non distruttive sul prodotto finito, erano chiamati processi speciali il cui controllo veniva effettuato con l'approccio che oggi è quello base del controllo di un processo del PDCA.

Il controllo su tutti gli altri processi, progettazione in particolare, è lasciato alle varie professionalità, vincolato solo ad esigenze di programmazione e di capacità delle specifiche e dei disegni di conseguire e poter verificare la conformità nei punti critici alle esigenze di avanzamento della produzione e di rispondenza del prodotto, materiale o parte al progetto complessivo. Il miglioramento avviene nel processo di produzione sulla base delle carte di controllo avviene solo dopo che il prodotto è stato realizzato come controreazione (non sistematica) ai risultati dei collaudi, spesso sommari e solo visivi, e di ritorno dal mercato nelle attività di assistenza in condizioni di garanzia o meno.

Come risultato del CQ di prodotto, i prodotti che escono dalla catena di produzione, a causa del controllo effettuato solo nei punti critici e solo su alcuni parametri principalmente scelti per garantire l'avanzamento della produzione e con la tecnica del controllo per campionamento che può garantire solo alti livelli di AQL presenti in ogni particolare controllato (dell'ordine del per cento di pezzi difettosi, mentre oggi per avere una quantità ridotta di non conformità sul prodotto finito, si considerano valori dell'AQL dell'ordine del p.p.m., garantiti per esempio dalla filosofia Sei Sigma)¹⁶ e di un controllo finale limitato che è solo un collaudo funzionale per eliminare non funzionamenti gravi, visibili, una volta nelle mani degli utilizzatori presentano un gran numero di difetti che non posso che essere che accettati da un mercato affamato, controllano le dispute e i reclami con un efficace servizio di assistenza. I veicoli su quattro ruote prodotte dalle aziende occidentali sino all'avvento degli approcci della qualità totale, presentavano nell'uso qualche centinaio di difetti o malfunzionamento più o meno gravi (contro i valori di poche decine della produzione giapponese, per esempio della Toyota), salvo il caso dell'applicazione di un controllo qualità evoluto, prodromo della QA, per i prodotti destinati ad un'applicazione militare o aerospaziale.

I principi e i metodi alla base di questo approccio continuano ancora oggi ad avere una loro diffusione in quelle situazioni non particolarmente competitive, che consentono a chi produce o fornisce un servizio un comportamento product out, determinando più o meno a proprio piacimento le caratteristiche e gli attributi che un prodotto od un servizio devono avere (come si può trovare oggi, ad esempio, in varie Pubblica Amministrazione) e consegnando prodotti o servizi che non garantiscono quantità di difetti accettabili (ma se non si può fare diversamente...!)

Di tale approccio al Controllo Qualità di prodotto/servizio possono essere considerati miglioramenti rispetto ad una produzione artigianale:

1. l'introduzione della **"specifica" del prodotto/servizio**, associato alla necessità di avere stabiliti, appunto specificati, i limiti di accettazione, come elemento di riferimento e standardizzazione;
2. la necessità di una **"misura" o valutazione effettuata direttamente sul prodotto e/o su sue parti e componenti** per accettarne la conformità e, conseguentemente, della disponibilità di adeguate apparecchiature e strumenti di misura,

¹⁵ Carte di Controllo: è uno strumento per distinguere tra variazioni dovute a cause speciali o attribuibili a variazioni casuali inerenti un processo. Variazioni casuali si ripetono occasionalmente all'interno dei limiti prevedibili. Variazioni dovute a cause speciali indicano che alcuni fattori che influenzano il processo devono essere identificati, investigati e portati sotto controllo.

¹⁶ Il campione scelto deve essere di dimensioni coerenti con il numero di difetti attesi. Se si vuole un AQL dell'ordine del p.p.m. il campione deve avere dimensioni tali che si sarebbe costretti a misurare ogni singolo pezzo

3. i metodi statistici (il cosiddetto **Statistical Process Control**) che non solo hanno dato origine alle carte di controllo impiegate nel monitoraggio dell'andamento qualitativo della produzione, ma per l'uso diffuso che di tali tecniche è stato fatto nei più disparati settori (le specifiche usate nella produzione militare sulla base di Military Standard sul controllo statistico erano addirittura tenute segrete
4. Le prime **applicazioni dei principi del PDCA** per il controllo di un processo¹⁷ oggi diventato sinonimo di controllo
5. il concetto e i metodi di **controllo di processo speciale**

Ma tutti questi miglioramenti che sono tali quando si considerano come risultati di un cambiamento resosi necessario per il controllo della qualità in una produzione di massa, ma che possono altresì essere tutti considerati come un'innovazione per i cambiamenti che la loro implementazione hanno determinato nei sistemi di controllo della qualità (e non solo) di quelle organizzazioni che hanno dovuto, ieri ed oggi, adottare per essere competitive.

Per sopperire ai limiti di un approccio così specificatamente limitato alla produzione e inadatto a dare risultati rispondenti agli obiettivi nei casi di prodotti complessi con particolari esigenze di sicurezza e affidabilità, dove gli aspetti progettuali e documentali e quelli gestionali e organizzativi sono rilevanti, si è sviluppato a partire dagli anni '60 nell'ambito della produzione prototipica dei settori militare, aerospaziale, nucleare e petrolchimico,

il primo vero approccio di Sistema detto **Quality Assurance (QA)**, tradotto in italiano con i termini di Assicurazione o Garanzia della Qualità.

Il significato di **"assurance"** è la capacità di dare confidenza, fiducia ad un acquirente od al management o, in una visione più moderna, alle parti interessate che il prodotto o servizio risponde a quanto richiesto o prescritto attraverso un insieme di attività "pianificate e sistematiche", ovvero stabilendo preventivamente i metodi (procedure) gestionali e tecnici da applicare sistematicamente sulla base di una idoneità nota e dimostrabile (per quanto necessario) obiettivamente con prove per esempio su prototipi.

Questa pianificazione e sistematicità (l'applicazione del ciclo Plan-Do-Check-Act di Deming i cui albori abbiamo visto svilupparsi nel Controllo Qualità di prodotto nelle applicazioni ai processi speciali e nelle tecniche di controllo statistico dell'SPC), non è applicata solo ai processi produttivi. Si allarga, infatti, ai processi organizzativi definendo minuziosamente "chi fa che cosa". Allo stesso modo coinvolge in particolare, la progettazione, predisponendo un preordinato e provato "sistema" progettuale, utilizzando solo metodi, tecniche, codici di calcolo, affidabili e scelte condivise, effettuando prove, verifiche e simulazioni preventive nei casi di progetti e scelte non sperimentate, trasferiti in procedure e istruzioni, guide, standard che codificano la conoscenza, la migliorano in base all'esperienza e la rendono disponibile ad operatori qualificati.

Particolarmente innovativo (prima non esisteva qualcosa di simile), è il processo di riesame della progettazione (*design review*, derivato dal settore spaziale ampiamente utilizzato nel Progetto Apollo dalla NASA), che prevede che in varie fasi dello sviluppo del progetto, sia effettuata un riesame complessivo che non è un rifare calcoli o scelte ma una verifica che ogni aspetto della progettazione sia stato svolto così come previsto dalla pianificazione e con metodi affidabili. Altrettanto innovativi sono l'estensione del concetto di controllo nel senso di assicurazione, garanzia, all'approvvigionamento che prevede la qualifica preventiva del fornitore (che a sua volta deve adottare un sistema di Quality Assurance) e all'organizzazione intesa come struttura organizzativa e infine l'introduzione di verifiche ispettive di processo e di sistema (audit).

¹⁷ È lo stesso Deming, al quale viene attribuita la titolarità di questo metodo, a ricordare nei suoi testi e in alcuni seminari tenuti in Giappone negli anni '50, che le prime applicazioni del PDCA si sono avute nell'industria americana ed in particolare in quella per la produzione di armamenti o sistemi aeronavali e/o, nel caso specifico nell'azienda nella quale lavorava il dott. W.A. Shewhart, la Bell Telephone Corporation.

Tutte le attività (processi) sono oggetto di pianificazione e programmazione con individuazione preventiva di responsabilità, interfacce fisiche e funzionali. La gestione della documentazione è preordinata e standardizzata nelle forme e nei contenuti. La sistematicità: nello svolgere le proprie attività ogni operatore deve usare i metodi ed attenersi ai comportamenti prefissati, perché, fino a prova contraria, questi sono la regola alla quale ci si deve assolutamente riferire perché garantita, assicurata dal “know-how” personale e soprattutto aziendale (knowledge), dai relativi programmi di addestramento e di sviluppo e da un adeguato grado di consapevolezza per tutte le posizioni critiche: altri aspetti di forte innovazione della QA rispetto al CQ

I primi metodi che determinavano come sviluppare un sistema di QA erano contenuti in standards e normative dei settori citati (emesse dagli enti committenti statunitensi, inglesi o norvegesi supportati da norme emesse dalla NASA, dal Department Of Defense USA come Military Std, dal BSI, dal DNV norvegese) ed erano principalmente utilizzate nei settori prototipici fortemente regolamentati per motivi di sicurezza e affidabilità.

In sintesi, e riassumendo,

la QA applica, seppur implicitamente, il concetto di **controllo del PDCA** a tutti i processi che possono influire sui risultati in termini conformità ai requisiti

ovvero, dalla definizione un insieme di azioni pianificate e sistematiche per dare garanzia, assicurare (*to be assure*, dare confidenza, fiducia) questa conformità. I criteri base che sintetizzano bene tutti gli approcci di QA nei vari settori (sostanzialmente anche oggi in questi settori strettamente regolamentati per motivi di sicurezza ed affidabilità) sono un set di 18 criteri guida contenuti in un documento (*Appendix B to Part 50—Quality Assurance Criteria for Nuclear Power Plants and Fuel Reprocessing Plants*) che prevedeva (*mandatory*, come se fosse una legge) e prevede ancora oggi l'adozione di un Programma di AQ per la realizzazione ed esercizio di un impianto nucleare. Specificatamente i 18 criteri usano per ogni criterio (per esempio progettazione, e approvvigionamenti) il termine “*control*” che va inteso come dominare, padroneggiare, tutti quelle attività determinanti per assicurare i requisiti, in questo caso, di sicurezza di funzionamento dell'impianto, partire dagli aspetti organizzativi (il sistema), di management, di addestramento, progettuali, della documentazione, di esecuzione (con particolare riferimento ai processi speciali), all'approvvigionamento, della strumentazione di misura, della gestione delle NC e della AC ed infine di verifica dell'idoneità del sistema di gestione ovvero degli audit.

I principi che sono alla base della Quality Assurance hanno dato inizio ad un nuovo modo di fare qualità attraverso la gestione e il controllo per processi diffusosi in tutto il mondo, quindi, sono indubbiamente da considerarsi come una innovazione sia per il cambiamento che hanno apportato al modo di fare Qualità che per quei cambiamenti che hanno dovuto essere apportati da molte imprese alla loro organizzazione e gestione per essere entrare nei mercati che pretendevano la QA. È stato ed è ancora con le ISO anche di oggi, il primo approccio di gestione della qualità come capacità di controllare, dominare, tenere sotto controllo nei limiti oltre i quali il rischio non è ritenuto accettabile per gli scopi da raggiungere di tutto l'insieme di elementi correlati ed interagenti ovvero un controllo di sistema.

Dagli anni '70 sino ad oggi a partire da questi principi con un processo di continui cambiamenti per adattarne i contenuti al cambiamento delle conoscenze e al crescere della competitività a livello internazionale, l'ISO ha emesso degli standard applicativi nella serie 9000.

Il pacchetto ISO per la gestione della qualità era composto da varie tipologie di norme base ISO 9000 di principi base e definizione e di guida all'applicazione di ogni altro standard la ISO 9001 (inizialmente suddivisa in tre standard di diversa severità), per assicurare all'organizzazione stessa o al cliente o ad altri la capacità di soddisfare le rispettive esigenze. Sia che sino scelte liberamente dall'organizzazione stessa o imposte dal cliente-committente o dal mercato, una volta adottate sono di tipo prescrittivo. La conformità del sistema di gestione per la qualità è verificata innanzi tutto dai risultati, dal controllo del cliente committente o un organismo indipendente (certificazione).

la ISO 9004, una guida non prescrittiva per la qualità del sistema complessivo di gestione di un'organizzazione per uno sviluppo sostenibile nel tempo

Tutte le aziende, in ogni parte dei paesi sviluppati, hanno dovuto progressivamente adattare i loro sistemi di gestione per affrontare il problema di assicurare, in un mercato sempre più competitivo con un approccio di controllo a livello di sistema, la conformità ai requisiti stabiliti e a quelli di carattere cogente.

Le prime versioni del pacchetto ISO ed in particolare la ISO 9001 sono state oggetto di un processo continuo di miglioramento apportati nelle diverse revisioni periodicamente previste, sino all'emissione della ISO 9001 cosiddetta "*vision two-thousand*" emessa a fine del secolo scorso, che deve essere considerata un'innovazione per i cambiamenti apportati. La norma, seppur con ritardo (come succede sempre con gli standard normativi che introducono nuovi elementi solo dopo che questi si sono consolidati nella pratica), adotta alcuni dei principi del TQM che si sviluppò in tutti i paesi industrializzati attorno agli anni '90 per competere con i prodotti giapponesi, basato sui principi e i metodi adottati in Giappone per gestire il fattore qualità dei quali diremo più avanti. Uno degli aspetti più innovativi era l'impostazione di un sistema della gestione per processi e del suo controllo basato sulla applicazione sull'uso dell'approccio PDCA esplicitamente citato, applicato sia all'intera "rete" dei processi aziendali (il Sistema di Gestione), sia di carattere decisionale del management che, ovviamente, ai processi operativi (di progettazione e sviluppo, di approvvigionamento e produzione) e di verifica (per esempio gli audit)

Come altro specifico elemento di innovazione, questa edizione della ISO 9001, in conseguenza dell'impostazione di una gestione e controllo con il PDCA, conteneva anche specifiche prescrizioni per il miglioramento del sistema nel suo insieme e di ogni singolo processo, assenti nelle versioni precedenti (si era supplito a questa carenza con la guida, non prescrittiva, ISO 9004.4), destinati non solo a garantire la soddisfazione del cliente ma anche ad accrescerne continuamente il livello di soddisfazione.

Viene revisionata anche la ISO 9004 destinata ad essere una guida consigliata per lo sviluppo secondo i principi e i metodi della qualità del sistema di gestione complessivo di un'organizzazione che per orientarlo all'eccellenza tramite l'adozione di tutti i principi e i metodi del TQM.

In questo periodo, successivamente all'emissione delle norme sulla qualità, anche negli ambiti della protezione ambientale, della sicurezza sul lavoro e del risparmio energetico, l'ISO ha emesso standard specifici con una struttura standard di base simile alla ISO 9001 (hanno lo stesso indice con alcune parti più operative adattate nei contenuti ai vari ambiti) detta High Level Structure, corrispondente a quella adottata nell'edizione ISO 9001 del 2015. Tutte le norme suddette sono state poi adottate integralmente dalla CE emettendole come EN ISO 9001 per la qualità, EN ISO 14001 per l'ambiente, ISO EN 45001 per la sicurezza sul lavoro, EN ISO 50001 per il risparmio energetico. Tali norme sono gli unici standard di riferimento per un sistema di gestione, che ogni paese aderente alla CE deve adottare, solo traducendole nella rispettiva lingua come, per esempio, UNI EN ISO 9001 per la qualità in Italia, BS EN ISO 14001 per l'ambiente in Inghilterra.

Ma non solo in Europa ma in tutti i paesi in via di sviluppo, esiste oggi un solo pacchetto normativo di riferimento per la gestione di un sistema in qualsiasi tipo di Organizzazione o di attività, servizi compresi ed è certamente un fattore armonizzante per migliorare, facilitare lo scambio delle merci ma essendo qualcosa che prima non esisteva o comunque che modifica alcuni standard esistenti, deve essere considerato una innovazione.

La presenza poi di una stessa struttura ha dato la possibilità a tutte quelle organizzazioni che dovevano rispettare la rispondenza ai requisiti per la qualità, per l'ambiente, per la sicurezza sul lavoro e il risparmio energetico di sviluppare dei sistemi integrati in un unico sistema di gestione globale e armonizzato.

Un **sistema di gestione integrato** aumenta l'efficienza attraverso l'uso di processi e documentazione semplificati e con struttura di base unica, abbattendone le duplicazioni migliorando le prestazioni del sistema e riducendo i costi di gestione.

Indubbiamente una innovazione importante se non fondamentale per rendere più semplice e biogradabile l'approccio a vari requisiti di sistema in modo integrato e non esistendo prima una uguale situazione, è certamente una innovazione seppur anche in questo caso, frutto di un processo di miglioramento.

Per dimostrare la conformità del proprio sistema di gestione è possibile sottoporsi ad una procedura di certificazione tramite la verifica di un organismo indipendente, ufficialmente riconosciuto, che testimonia l'effettiva rispondenza del sistema di gestione dell'impresa ai requisiti previsti da una delle norme ISO. Un'organizzazione che sceglie di adottare un sistema di gestione qualità non solo ne ricava innanzi tutto benefici in termini di efficienza e di efficacia, ma così è in grado di differenziarsi dalla concorrenza non qualificata con la certificazione e accrescere così la propria visibilità e competitività, dimostrando in modo obiettivo la propria capacità di assicurare la soddisfazione delle esigenze del cliente e di accrescerne continuamente il livello di soddisfazione.

In parallelo alla grande diffusione dei principi della QA dei vari standard ISO, a partire dagli anni '80 si ha lo sviluppo della cosiddetta

Qualità Totale, approccio derivato dall'approccio giapponese alla qualità del Company Wide Quality Control ovvero applicare i principi del controllo di processo di Deming a tutti i processi di un'azienda

in particolare, quelli di carattere finanziario ed economico non presenti nelle ISO.

Il presupposto fondamentale, necessario per comprendere le basi concettuali di questo approccio, riguarda soprattutto il cambiamento degli obiettivi. Da un prodotto sufficientemente buono ma con elevati livelli di difetti presenti nei prodotti e numero limitato e standardizzato di tipi di prodotti, ad una modalità di gestione della qualità che porta ad una drastica diminuzione dei difetti, delle scorte, dei costi, all'aumento della produttività e dei tipi di prodotto, sia in termini di caratteristiche che di varietà di scelta, della velocità di risposta e del rispetto dei tempi di consegna. che portano a conquistare il mercato in particolare delle auto e dell'elettronica.

In sintesi, estrema, il *Company Wide Quality Control* può essere riassunto con alcune frasi significative identificate da Ishikawa¹⁸:

il cliente è re, la qualità è la soddisfazione del cliente, il CQ (controllo di processo con il PDCA) applicato all'azienda intera, il miglioramento continuo a tutti i livelli e in tutti i campi, l'educazione ed addestramento di tutto il personale al CQ, la direzione sponsorizza direttamente la politica aziendale della qualità e partecipa personalmente alla sua attuazione.

Questi concetti applicati specialmente in Toyota¹⁹ unitamente allo sviluppo dei principi e delle tecniche della *Lean production*, hanno portato l'azienda, e molte altre che ne hanno seguito le orme, ai vertici mondiali per la qualità dei loro prodotti e hanno rivoluzionato il modo di gestire la produzione delle aziende industriali di tutto il mondo occidentale quando questi hanno messo in crisi dai prodotti giapponesi in ogni settore. Tutte le organizzazioni si sono dovute convincere che i giapponesi andavano presi in considerazione sul serio ma soprattutto che la qualità è una questione di metodi e strumenti e hanno apportato vere e proprie azioni di innovazione ai loro sistemi di gestione.

Conseguentemente a questi sviluppi, all'inizio degli anni '90, il nostro paese subì una vera e propria invasione dei concetti e delle "filosofie" del modello CWQC giapponese introdotto come *Qualità Totale* in Italia e come *Total Quality Management (TQM)* in tutti i paesi sviluppati sia in Italia che in tutto il mondo.

¹⁸ Kauro Ishikawa è considerato uno dei maestri del controllo qualità e del Total Quality Management (TQM) giapponese. Fu particolarmente noto per la promozione dei circoli di qualità e l'introduzione del Diagramma di Ishikawa o diagramma causa-effetto (noto anche come Diagramma a spina di pesce). Vedi in particolare "What is the total quality control? the Japanese way" Englewood Cliffs, NJ : Prentice-Hall 1987 (Internet Archive Books)K. Ishikawa, What is Total Quality Control? The Japanese Way, 1987

¹⁹ Womack J.P., Jones D.T., Roos D., "The Machine that Changed the World", Harper Perennial, 1990

Il TQM fu considerato in tutto il mondo dei paesi sviluppati la base di una nuova strategia industriale di conduzione di un'impresa. In ogni nazione (vedi la ricerca sulla storia della qualità nel mondo del Consorzio) furono lanciate delle campagne nazionali di sensibilizzazione al TQM per innalzare la competitività dell'intera nazione attraverso un concorso per assegnare un Premio per la qualità da ripetere ogni anno.

La maggiore valenza dell'iniziativa era costituita dal fatto che ogni azienda che partecipava all'assegnazione del Premio doveva effettuare un'autovalutazione sulla base di un modello appositamente costruito sulla base dei principi del TQM. Il report di autovalutazione era analizzato da un gruppo di esperti e tutte le aziende che in base a tale valutazione erano risultate le migliori venivano visitate per confermare la valutazione fatta a tavolino. L'azienda risultata la migliore veniva premiata con un trofeo in una cerimonia pubblica (negli USA dal Presidente). Ma il valore dell'iniziativa era soprattutto fornire alle imprese partecipanti l'occasione per una autovalutazione del proprio sistema di gestione a fronte dei principi del TQM e così individuare i punti di forza e di debolezza della propria organizzazione quindi individuare le possibili attività di miglioramento.

L'EFQM²⁰ (*European Foundation for Quality Management*) lanciò, a partire dal 1991, un Premio Qualità per l'Europa che è attivo ancora oggi, in Giappone dagli '80 il premio Deming, negli USA dagli 90 il premio Malcom Baldrige.

In Italia con modalità e significati analoghi su iniziativa del **Consorzio QUINN** (allora Qualital), di Confindustria e dell'AICQ alla fine degli anni 90 fu istituito un Premio Qualità analogo sempre basato sui criteri del TQM destinato alle piccole e medie imprese.

Al premio parteciparono migliaia di imprese che così ebbero modo di individuare delle aree di miglioramento attraverso un confronto con i principi del TQM. Le aziende vincitrici partecipavano al Premio Europeo con buoni risultati. Successivamente il modello TQM per il Premio Qualità italiano fu evoluto in un modello per l'innovazione attivato con le stesse regole del Premio per la Qualità e affiancato da un Premio per la sicurezza.

L'applicazione di modelli e strumenti della cosiddetta *Qualità Totale* o *Total Quality Management*, ma non per particolari risultati di valenza strutturale e culturale da questa procurati (se non per alcune aziende e persone non certamente per la gran parte delle aziende) non ha avuto effetti strutturali e, almeno in Italia ma non solo, Giappone escluso, è stata soprattutto una moda.

Ma un effetto importante l'hanno avuto perché hanno provocato in generale una crescita culturale in tutte le organizzazioni verso questi nuovi principi e in particolare un vero e proprio processo di innovazione nelle norme ISO relative ai sistemi di gestione per la qualità. Il pacchetto che ne è risultato è costituito oggi da tre norme: la ISO 9000 "*Sistemi di gestione per la Qualità. Fondamenti e vocabolario*", la ISO 9001 "*Sistemi di gestione. Requisiti*", ISO 9004 "*Gestione per la qualità. Qualità di un'organizzazione. Linee guida per uno sviluppo sostenibile*"

Può essere interessante riflettere, come nell'introduzione della ISO 9001, di carattere prescrittivo quando applicata, si sia sottolineato che la scelta di un'organizzazione di adottare un sistema di gestione rispondente alla ISO 9001, è una decisione strategica che può aiutare a migliorare la sua prestazione complessiva per dare garanzia e poter dimostrare alla proprietà, ai potenziali clienti, ad eventuali disposizioni regolamentarie obbligatorie, ad un cliente committente che lo richieda per contratto, di avere la capacità di fornire con regolarità prodotti e servizi che soddisfino i requisiti del cliente e quelli cogenti applicabili e facilitare le opportunità per accrescere la soddisfazione del cliente.

Il contenuto della ISO 9000 ha due parti: una parte introduttiva che è un trattato che traccia come dovrebbe muoversi un'organizzazione per la soddisfazione dei clienti (ISO 9001) e per garantirsi uno sviluppo sostenibile nel tempo (ISO 9004), mentre la seconda contiene le definizioni di tutti i principali termini presenti nella ISO 9001 e ISO 9004. Nella parte introduttiva viene specificato che 9004 è una guida e contiene una serie di criteri

²⁰ Si vedano i modelli sviluppati dall'EFQM per l'eccellenza aziendale (<https://efqm.org/>) e nell'ambito dell'Associazione Premio Qualità Italia (<http://www.apqi.it/>), inclusa l'esperienza del Premio Imprese per Innovazione (Ixi) in partnership con Confindustria.

che in pratica sono quelli che si possono derivare di TQM e fornisce uno schema che sulla base di questi ogni organizzazione può effettuare un'autovalutazione e quindi individuare punti di miglioramento (quindi ha lo stesso scopo dei Premi Qualità), mentre la ISO 9001 specifica i requisiti di un sistema di gestione per la qualità quando un'organizzazione ha l'esigenza di dimostrare la propria capacità di fornire con regolarità prodotti o servizi che soddisfano i requisiti del cliente e i requisiti cogenti applicabili e ad accrescere la soddisfazione del cliente

Le novità introdotte nella ISO 9001 ed. 2015 fortemente innovative sono l'introduzione dell'opportunità per un'organizzazione di considerare i fattori del contesto esterno e di quello interno che sono rilevanti per le sue strategie e in particolare per assicurare un SGQ tale da soddisfare i propri clienti e accrescerne continuamente il vello di soddisfazione, l'obbligo di tenere presenti le esigenze delle PI che possono essere rilevanti, influire sulla soddisfazione del cliente, il consiglio presente nell'introduzione poi obbligo in alcune parti prescrittiva, di prendere in considerazione pensare in termini di rischio (RBT) in ogni decisione che riguardi la gestione del SGQ e infine proponendo una struttura della norma simile per tutte le altre norme di Sistema (HLS), così da facilitare lo sviluppo di sistemi integrati. Queste variazioni introdotte nell'edizione del 2015 sono state così innovative che la norma non ha subito variazioni importanti nelle previste revisioni che l'ISO effettua ogni 5 anni.

2.3 Considerazioni finali

In conclusione, guardando dall'alto, lo sviluppo che hanno avuto i metodi di controllo di un sistema di gestione sviluppato come pacchetto normativo a livello internazionale dell'ISO, spesso applicati e certificati, hanno subito un miglioramento continuo e i nuovi principi, metodi e strumenti che via via sono stati migliorati se non innovati nella sostanza, hanno avuto una grande diffusione per garantire la soddisfazione delle PI (soprattutto imprenditore, cliente e/o committente, società). Sono stati nella sostanza, in tutti i paesi industrializzati, un mezzo indispensabile per entrare in un certo tipo di mercato.

I principi del TQM non richiedono una applicazione così formale al sistema di gestione come avviene per le ISO: il loro effetto come detto, è stato più olistico, informale ma di grande valore e di diffusione ormai consolidata. Si pensi come questi principi abbiano promosso lo sviluppo dell'importanza del ruolo che ha la leadership in tutte le azioni di management, della valorizzazione ottimale di tutte le risorse, soprattutto quelle umane. Hanno spinto a guardare lontano e di pensare e scegliere le vie da percorrere dando ascolto ai fatti e ragionando sempre in termini del rischio associato ad ogni scelta ed azione, di attenzione ai fattori del contesto esterno ed interno e di ascolto delle esigenze delle Parti Interessare rilevanti. Si è affermata nuovamente l'importanza di progettare, pianificare ogni azione, della gestione per processi e del loro controllo con gli approcci del PDCA o di quelli da esso derivati, dell'importanza del lavoro di gruppo e infine se non soprattutto non accontentarsi di avere raggiunto un risultato ma di cercare sempre tutte le possibilità di miglioramento tali da soddisfare tutte le Parti Interessate rilevanti e accrescerne continuamente il livello di soddisfazione.

I processi di miglioramento hanno anche se non soprattutto, nel tempo, consegnato a chiunque debba svolgere un'attività, attuare un progetto, prodotto, sulla base di quelli precedenti, svariati metodi e strumenti, che sono stati strutturati, affinati e/o modificati come frutto in generale più di un processo di miglioramento continuo e delle innovazioni conseguenti.

I più importanti sono in estrema sintesi: il PDCA e i relativi strumenti applicativi²¹ utilizzati nel processo di miglioramento e altri metodi che ne hanno sfruttato i principi di base come per impieghi più specifici in situazioni e culture diversi, come il DMAIC²² sviluppato nell'ambito della filosofia "Six Sigma"²³, che ha

²¹ Vedi esempi i questi strumenti per esempio nei testi di Harrington

²² Define, definire il problema e gli obiettivi, Measure, raccogliere dati e misurare le prestazioni attuali, Analyz, analizzare le cause dei problemi, Improve, sviluppare e testare soluzioni, Control, implementare controlli per mantenere i miglioramenti

²³ Sei sigma E' un tipo di approccio della General Electric che dal 1996 ha messo in cantiere il progetto Six Sigma , con lo scopo di ridurre la difettosità di ogni processo, servizio, parte o componente fino a 3.4 PPM attraverso l'applicazione di un'opportuna

l'obiettivo di ridurre la variabilità e i difetti nei processi, con un focus maggiore sull'analisi statistica e sul controllo dei risultati, la filosofia Kaizen²⁴ che utilizza il ciclo PDCA come strumento operativo, di origine e utilizzo giapponese che incoraggia tutti i membri di un'organizzazione, dal management agli operai, a proporre e attuare piccoli miglioramenti costanti nei processi, nei prodotti e nei servizi.



Nel percorso dell'evoluzione dei principi e dei metodi della qualità nel periodo storico analizzato, i miglioramenti apportati alla gestione del fattore qualità sono stati continui e importanti per la crescita dell'intera società umana, sia a livello dei modelli che per i metodi e gli strumenti utilizzati, con momenti nei quali il processo di miglioramento ha assunto il valore di un'innovazione (ricordiamo che è tale se accresce il valore oggetto dell'innovazione per le PI rilevanti) per i cambiamenti così radicali delle soluzioni trovate.

La storia dimostra che i miglioramenti e le innovazioni apportate sono state sempre di valore strategico nella antichità e oggi per molte organizzazioni e persone in vari settori per risolvere i loro problemi e così per i governi accrescere il livello di consenso nel territorio di competenza e per le imprese la propria immagine e penetrazione nei mercati di competenza il benessere di tutti.

Il PDCA ne ha sempre costituito, prima inconsciamente poi strutturalmente, la base necessaria per risolvere i problemi che ne avevano fatto sorgere la necessità e per i risultati ottenuti ed è ormai entrato nel DNA nella gestione di ogni organizzazione ma anche dell'agire di ogni persona che voglia agire in modo consapevole.

Grazie ai miglioramenti e alle innovazioni introdotti oggi i livelli di qualità hanno raggiunto valori mai raggiunti soprattutto nella produzione di beni di consumo ma anche nei risultati delle attività di ricerca e in generale nella crescita del bagaglio di conoscenze che oggi la società dispone.

metodologia statistica il cui fine è quello di individuare la curva previsionale che governa ogni operazione per ridurre la variabilità e assicurare che la media si collochi al centro dell'intervallo di accettazione

²⁴ Il "Kaizen" significa letteralmente "cambiamento in meglio" o "miglioramento continuo". Kaizen. "Lo spirito giapponese del miglioramento" di Masaaki Imai

Bibliografia

A History of Managing for Quality, The evolution, trends, and future directions of managing for Quality, J.M. Juran;

The Machine That Changed the World, J. P. Womack, D. T. Jones, D. Roos and D. Sammons Carpenter;

Total Quality Control, A.V. Feigenbaum

What is Total Quality Control? The Japanese Way, K. Ishikawa

Zen and the Art of Motorcycle Maintenance: An Inquiry into Values (ZAMM), R.M. Pirsig

Total improvement management: the next generation in performance improvement, H.J Harrington

ISO 9001 Quality management systems – Requirements; it specifies requirements for a QMS

ISO 9000 Quality management systems — Fundamentals and vocabulary provides essential background for the proper understanding and implementation of this International Standard;

ISO 9004 Managing for the sustained success of an organization — A quality management approach provides guidance for organizations that choose to progress beyond the requirements of this International Standard.

Qualità 2015: evoluzioni ed esperienze in Italia e nel Mondo, AA.VV, LINK to download the report

La gestione della qualità nelle organizzazioni, L. Bonechi. G. Carmignani, R. Mirandola, Edizioni Plus dell'Università di Pisa, Pisa 2004

Si veda anche:

- il modello EFQM (<https://efqm.org/>) “a globally recognised management framework that supports organisations in managing change and improving performance.”
- L’esperienza e i modelli sviluppati nell’ambito dell’Associazione Premio Qualità Italia (APQI) - (<http://www.apqi.it/>)

3. Le High Resilient Organisation. La resilienza quale fattore chiave del risk management

Giacomo Petrini

Head of Advanced Education, Research, Management Systems del Consorzio Quinn

3.1 Introduzione sulle High Reliability Organization (HRO)

Partiamo da alcune immagini per cogliere in maniera immediata l'importanza di stimolare nelle organizzazioni le caratteristiche proprie delle High Reliability Organization (HRO).



Figura 2 Immagini di grandi disastri

Diversi approcci sono stati elaborati nel dopoguerra per analizzare le cause di questi eventi. Di seguito presentiamo una possibile classificazione delle teorie sulle cause degli incidenti (Catino, 2002):

gli approcci tradizionali:

1. il **modello "politico"**;
2. i **modelli ingegneristici**, tra i quali la valutazione probabilistica del rischio (*PRA-Probabilistic Risk Assessment*) e le tecniche di analisi dell'affidabilità umana (*HRA -Human Reliability Analysis*);

3. i **modelli basati sulla persona**, come la *struttura skill-/rule-/knowledge-based* di Rasmussen, la teoria dell'errore di Reason (che tra gli errori distingue i mistakes, gli slips ed i lapses), e la visione centrata sugli esseri umani di Norman;

e i modelli organizzativi e sociotecnici:

4. il **modello delle configurazioni critiche**: i modelli SHEL di Edwards, SHELL di Hawkins e la tassonomia ADREP;
5. la **Man made disaster theory** di Turner;
6. la **Teoria dei fattori latenti** di Reason;
7. la **Normal Accident Theory (NAT)** di Perrow;
8. la **High Reliability Theory (HRT)** di Weick, Rochilin e altri.
9. il **Socio Technical System di Rasmussen**, Hollnagel, Wood, Cook e Leveson.

Di seguito riportiamo gli elementi salienti dei seguenti modelli per poi concentrarci sulle High Reliability Theory.

- **la Teoria dei fattori latenti di Reason;**
- **la Normal Accident Theory (NAT) di Perrow;**
- **la High Reliability Theory (HRT) di Weick, Rochilin e altri;**
- **il Socio Technical System di Rasmussen, Hollnagel, Wood, Cook e Leveson.**

Si possono identificare due macrocategorie d'incidenti con le relative caratteristiche in relazione ai soggetti che li subiscono/generano (Reason, 2004):

Incidenti che accadono alle persone	Incidenti che accadono alle organizzazioni
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Frequenti ✓ Con conseguenze limitate ✓ Poche o alcuna difesa prevista ✓ Cause circoscritte ✓ A seguito di errore, dimenticanza o applicazione di "regole" sbagliate per errata percezione della situazione o per ignoranza ✓ Effetti con storia relativamente breve 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Rari ✓ Con conseguenze diffuse. ✓ Molte difese previste ✓ Molteplici possibili cause ✓ A seguito di stime e decisioni errate ✓ Effetti con storia potenzialmente lunga

Gli errori e le violazioni commesse da una persona sono considerati quindi “**Errori attivi**” e riassumibili come segue in figura:

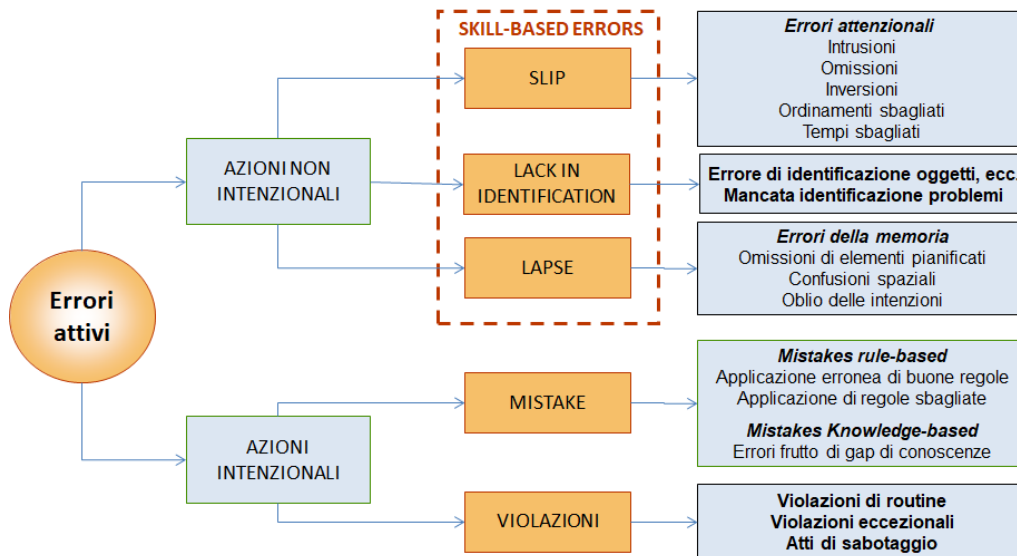


Figura 3 Errori attivi (Reason, 2004)

Gli “**Errori latenti**” sono quelli derivanti da elementi caratteristici del sistema organizzativo quali decisioni del management, processi organizzativi, cultura della corporate, ecc.

Secondo lo **Swiss Cheese Model (Reason, 1977)** nei sistemi complessi gli incidenti sono generati da una sequenza di fallimenti e inefficienze delle numerose difese, barriere e sistemi di controllo messi a punto per tutelare il sistema dai pericoli conosciuti.

Gli incidenti organizzativi hanno generalmente cause comuni:

- risorse inadeguate
- scarsa cultura della sicurezza
- pressioni commerciali.

Gli incidenti avvengono quando le difese risultano inadeguate a cogliere i segnali anticipatori o a tutelare l'organizzazione di fronte al verificarsi dell'incidente.

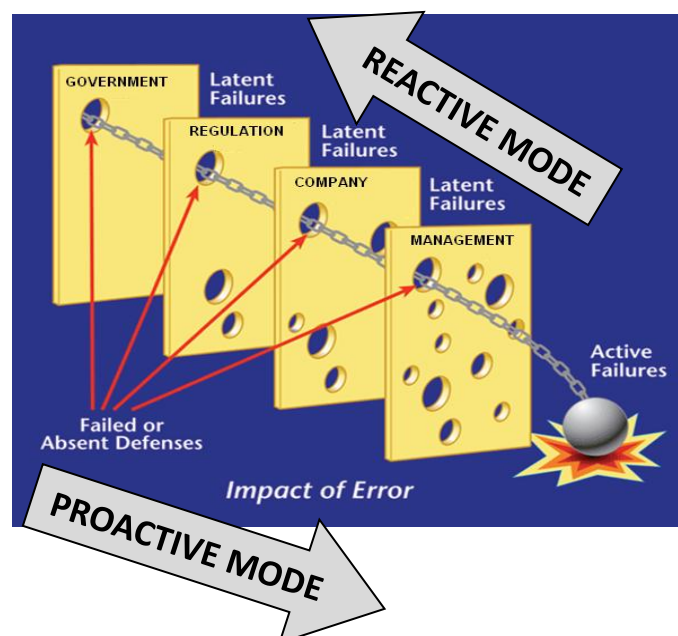


Figura 4 Swiss Cheese Model (Reason, 1977)

Diversi sistemi di difesa possono fallire allo stesso istante.

Gli operatori contribuiscono all'incidente attraverso errori (active failures). Questi errori sono pericolosi perché spesso sono senza difesa, l'organizzazione non è capace di prevenirli.

A causa di cosiddetti "latent factors" e "active failures" si creano "buchi" nelle difese dell'organizzazione che possono portare al dispiegarsi di una sequenza di eventi.

Si possono quindi identificare le seguenti fasi e fattori che contribuiscono all'accadimento di un incidente in un'organizzazione (Reason, Hobbs, 2003):

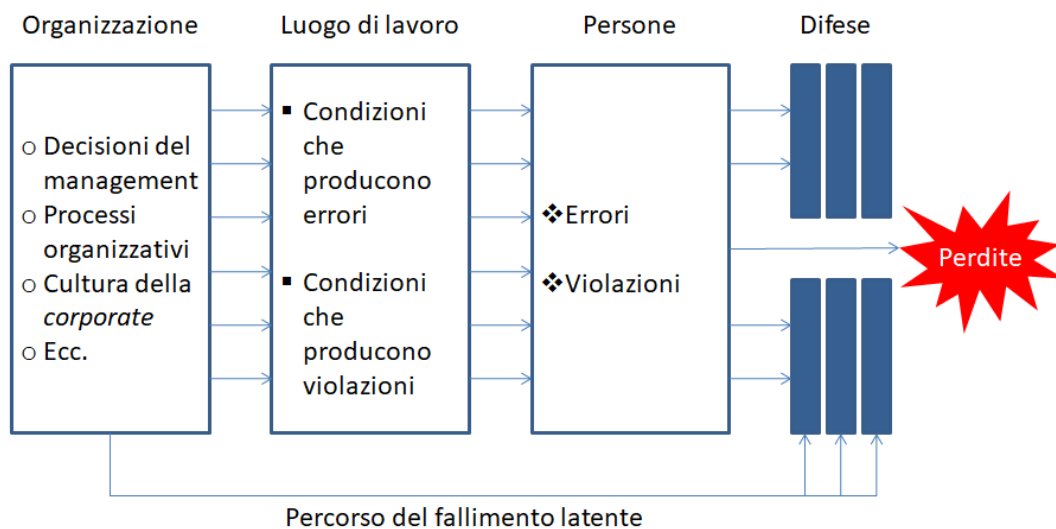


Figura 5 Fasi e fattori che contribuiscono all'accadimento di un incidente (Reason, Hobbs, 2003)

Nella **Normal Accident Theory (Perrow, 1984)** la natura dell'interazione può essere:

- lineare
- complessa

Nelle **interazioni lineari** (e.g. linee di assemblaggio)

- la sequenza delle operazioni è visibile
- la produzione è articolare in stadi distinti
- il processo nel suo complesso può essere monitorato dagli operatori

Nelle **interazioni complesse** (e.g. impianto nucleare)

- gli stadi produttivi sono altamente interconnessi
- i componenti hanno molte connessioni in comune
- data la specializzazione del personale la complessiva interdipendenza è scarsamente compresa
- la conoscenza del processo è incompleta
- ci sono molti parametri di controllo che interagiscono fra di loro

La natura delle connessioni può essere

- stretta
- lenta

Nelle connessioni **strette** (e.g. impianto nucleare)

- ciascuna parte del sistema è strettamente connessa con tutte le altre
- qualsiasi cambiamento si propaga rapidamente
- le sequenze di produzione sono invarianti.

Nelle connessioni **lente** (e.g. officina meccanica)

- un cambiamento in un punto può essere isolato e controllato
- è possibile improvvisare a fronte di un evento inaspettato.

Secondo Perrow, gli incidenti non possono essere evitati in sistemi organizzativi caratterizzati da

- **interazioni ad alta complessità**
- **strette connessioni.**

Questi sistemi includono gli impianti nucleari, impianti chimici e petrolchimici, piattaforme offshore, trasporto aereo, missioni spaziali.

Questi sistemi inevitabilmente generano interazioni inaspettate ed errori che i sistemi di sicurezza costituiti non sono in grado di prevenire.

In particolare, questi sistemi sono vulnerabili agli effetti della cosiddetta “razionalità limitata” (Simon, 1947) e dei processi decisionali del tipo “*garbage can*” (Cohen, March, Olsen, 1972) secondo i quali le soluzioni non sempre hanno un collegamento diretto e razionale con i problemi a cui sono chiamate a rispondere, sono di fatto indipendenti.

In questi sistemi, qualsiasi sia lo sforzo di migliorare i processi direzionali e gestionali, è impossibile cambiare la loro natura.

Gli incidenti devono quindi essere considerati inevitabili, quindi “normali”.

L’unica possibilità per mitigare questo problema passa dalla **trasformazione:**

- **delle interazioni complesse in lineari**
- **delle connessioni strette in lente o deboli.**

Più recentemente Reason (Reason J., 2020) ha formulato una estensione tecnica del suo modello che affronta due questioni legate alla dinamicità degli eventi:

il modello si adatta al contesto industriale modificando il tipo di layer

le barriere si muovono: altrimenti, sapendo che i buchi sono inevitabili, basterebbe non allinearli.

Sono gli aspetti periodici del ciclo di vita che contribuiscono a disallineare le barriere, che si interpongono tra pericolo e danno, ma non eliminano il pericolo. Va quindi valutato un aspetto dinamico, ovvero gli allineamenti momentanei da valutare (Landucci G., 2025).

3.2 NAT (Natural Accident Theory) vs. HRT (High Reliability Theory)?

La **NAT (Natural Accident Theory)** in sintesi ritiene che a prescindere da quanto si faccia per evitarlo avremo sempre “incidenti” per le caratteristiche intrinseche dei sistemi complessi / collegati (Perrow C., 1999).

Alcune delle risposte ai cambiamenti dei sistemi sono imprevedibili, sono causa d’incidenti e possono potenzialmente generare delle catastrofi (Cooke D. L. and Rohleder T. R., 2006).

L’**HRT (High Reliability Theory)** ritiene che solo attraverso tentativi sempre più tenaci saremo in grado di avere sistemi virtualmente “accident-free” anche se questi presentano interazioni complesse e collegamenti stretti (Perrow C., 1999).

La ricerca empirica ha mostrato che le High Reliability Organizations sono capaci di reinventare e riprogettare se stesse in maniera continua.

Sono capaci di generare soluzioni creative a situazioni di elevato pericolo.

I fallimenti avvengono ma le cosiddette HRO utilizzano l’apprendimento, l’esperienza e l’immaginazione per superare queste situazioni estreme.

Il concetto di **reliability** (affidabilità) è strettamente collegato a quello di resilienza.

L'essenza della **resilienza** è [...]

l'abilità intrinseca di una organizzazione (o sistema organizzativo) di mantenere o riguadagnare uno stato dinamicamente stabile, che permette di continuare le operazioni dopo un incidente rilevante e/o in presenza di stress continui

(Hollnagel, 2006)

Si possono identificare quattro elementi fondamentali della resilienza (Hollnagel, 2009):

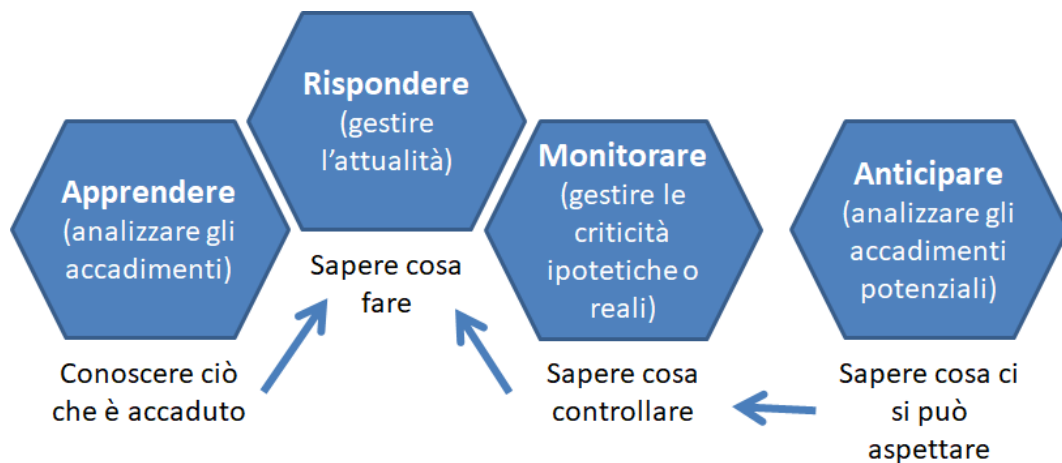


Figura 6 4 elementi fondamentali della resilienza, Hollnagel, 2009

3.3 Ma cos'è una High Reliability Organization (HRO)?

Una High Reliability Organization (HRO) è un'organizzazione che (Roberts, 2005)

- ✓ **conduce operazioni relativamente senza errori**
- ✓ **in un arco temporale lungo**
- ✓ **assumendo in maniera consistente buone decisioni che producono**
- ✓ **operazioni di alta qualità e affidabilità.**

L'esperienza delle HRO porta a (Weick K. E., Sutcliffe K. M., 2007) "Mindful infrastructure" basate su consapevolezza e attenzione a:

- Tracciare i piccoli incidenti;
- Resistere alla troppa semplificazione
- Rimanere attento alle operazioni

- Mantenere la capacità di essere resilienti
- Trarre vantaggio dalla corretta localizzazione delle esperienze

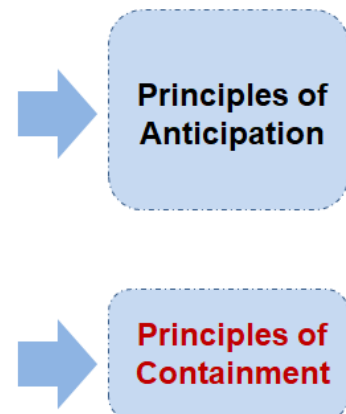


Figura 7 Mindful infrastructure, Weick K. E., Sutcliffe K. M., 2007

HRO Principle 1 to Anticipate: “Preoccuparsi degli errori”

Per evitare gli errori dobbiamo cercarli costantemente ed essere attenti ai primi segnali del loro verificarsi, imparando da questi. Infatti, lo sviluppo dell'interconnessione di eventi inattesi manda deboli segnali del suo dispiegarsi. Il successo spesso induce passività e può produrre errori derivanti da eccesso di confidenza, con conseguente riduzione dei margini di sicurezza ed eliminazioni di ridondanze.

HRO Principle 2 to Anticipate: “Riluttanza a semplificare”

Il valore diagnostico dei segnali deboli è perso quando questi dettagli sono “annacquati” dentro categorie generali di analisi. Etichette e clichés possono frenare da andare oltre e approfondire gli accadimenti, nonché dal rilevare i danni derivanti da eventi non analizzati in precedenza.

HRO Principle 3 to Anticipate: “Mantenersi sensibili alle attività in corso”

I sistemi non sono statici e lineari bensì dinamici e non lineari. I piani e le progettazioni riflettono intenzioni che sono razionali ma spesso non attente al contesto e che possono essere implementate efficacemente solamente attraverso l'applicazione di una razionalità che trae valore dalla esperienza sul campo e dalla attenzione al contesto di applicazione. L'attenzione alle operazioni/attività prende la forma di pratiche interpretative che dubitano dell'applicabilità delle intenzioni “astratte” e quindi ricercano le vie adatte per trasformare tali intenzioni in azioni significative nel contesto specifico.

HRO Principle 4 for Containment: “Impegno alla Resilienza”

Le organizzazioni devono essere capaci di mantenere attive le proprie funzioni durante eventi che possono mettere a dura prova le proprie difese e infrastrutture. La Resilienza si estrinseca quindi nelle seguenti tre principali attitudini di un'organizzazione:

- Capacità di assorbire le tensioni e preservare le funzioni anche a fronte di avversità non previste
- Capacità di ripristinare il servizio a fronte di eventi avversi
- Capacità di apprendere e crescere dalle esperienze.

HRO Principle 5 for Containment: “Deferenza di fronte all'esperienza”

La deferenza dell'esperienza deve essere accordata partendo dal più basso al più alto dei membri dell'organizzazione. Per un'organizzazione è importante valorizzare la capacità del proprio personale di integrare conoscenze, esperienze, apprendimento e intuizione. La credibilità, quale necessario elemento dell'esperienza, deriva dal mutuo riconoscimento delle abilità e quindi è fonte di legittimazione.

Si possono altresì identificare **tre principali meccanismi che conducono alla organizzazione affidabile** (Bigley, Roberts 2001; Van Stralen 2005):

- **Meccanismi di strutturazione**
 - Elaborare la struttura del problema
 - Modificare i ruoli in funzione delle necessità derivanti dalle situazioni
 - “Migrare” l'autorità
 - Resetare il sistema qualora il problema si espanda o qualora nuovi problemi siano scoperti
- **Improvvisazione vincolata o adaptive rule-breaking**
 - Le persone cambieranno il sistema nel caso in cui la situazione si evolva, utilizzando strumenti, regole e routines (confrontato con il freelancing dove i vincoli non danno alcun contributo)
 - Abbandoneranno o cambieranno gli strumenti quando questi non risulteranno più adatti alle situazioni
 - Le regole possono non essere addate a tutte le situazioni; gli errori possono derivare da regole stringenti ma sbagliate
 - *Routines* possono essere adattate alle specifiche situazioni

- **Cognitive management strategies**

- Sviluppo della rappresentazione della situazione operativa
- Comunicazione intensa e “aggressiva”
- Passare la responsabilità della rappresentazione operativa ad altri qualora si risulti non più in grado di produrne una accurata e valida
- Annidamento delle rappresentazioni lungo la linea dell’autorità

3.4 L’errore come elemento centrale per l’apprendimento

Per favorire un processo virtuoso di miglioramento le organizzazioni devono evitare un approccio accusatorio (“**Blame culture**”) verso le persone che commettono errori in quanto sterile e porta ad un circolo vizioso riassumibile nel seguente schema (Catino, 2007).

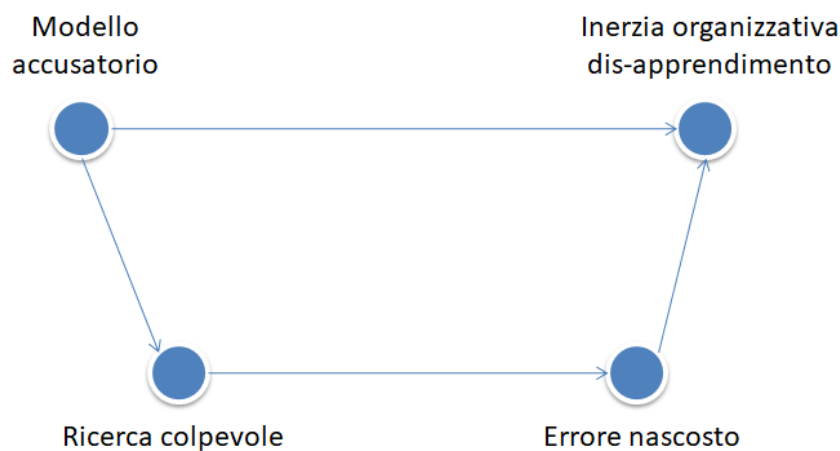


Figura 8 Fattori della blame culture, Catino, 2007

Gli elementi della cosiddetta “**blame culture**” possono essere riassunti nei seguenti punti:

- credere che le persone commettano errori per mancanza di attenzione ai compiti attribuiti
- credere che quelli che commettono errori sono negligenti
- adottare un semplice causale d’interpretazione
- attribuire un difetto di responsabilità
- adottare soluzioni quali richiami disciplinari o rafforzamento delle regole.

Nelle organizzazioni che adottano la “blame culture”, gli errori non sono ammessi. Le punizioni sono particolarmente severe (es. sospensione dal lavoro, visite mediche, etc.).

Le persone sono quindi incoraggiate a non registrare gli errori o anomalie.

Questo fa sì che l’organizzazione non sia in grado di accumulare esperienza dai propri errori, cosa necessaria per introdurre miglioramenti e modifiche al proprio operare.

È invece necessario per le organizzazioni capitalizzare le conoscenze derivanti dagli errori secondo un approccio tipico delle *learning organization* o nelle “organizzazioni generative”, nella consapevolezza che per le organizzazioni ad alta affidabilità la sicurezza è un obiettivo a tendere (La Porte e Consolini, 1994; Weick e Sutcliffe, 2001, Catino, 2007).

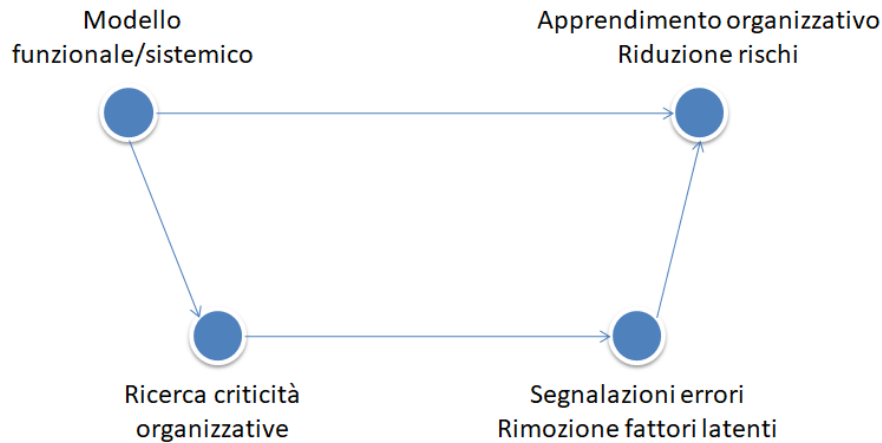


Figura 9 Fattori delle learning organization, Catino, 2007

L'organizzazione che impara dai propri errori deve essere in grado di gestire sia la fase di definizione dei compiti che di verifica del loro adempimento.

Il briefing e debriefing possono assumere diverse forme nell'ambito del più complessivo processo di problem solving. In tutti i casi, comunque, il loro obiettivo consiste nella **preparazione** del personale all'assolvimento di un compito e **rielaborazione** con lo stesso personale stesso di quanto effettivamente realizzato.

Sono quindi opportunità per fare chiarezza sulle aspettative e sui limiti della performance del personale addetti (evento critico). A fronte di eventi potenzialmente critici si decide di utilizzare il briefing e il debriefing come metodi per apprendere dall'esperienza.

3.5 Conclusioni

L'evoluzione dei metodi anticipatori degli errori (HAZOP, HAZID, SIL, BOWTIE) ha ridotto le probabilità di rischio ma come evidenziato non potranno mai escludere un loro accadimento.

L'evoluzione dei modelli di gestione dei rischi e di gestione delle organizzazioni ha portato alla elaborazione di nuovi modelli che si stanno sempre più diffondendo nelle supply chain più articolate.

La Business Continuity (Continuità Operativa) è l'insieme delle strategie, piani e azioni che un'organizzazione mette in atto per garantire la continuità dei processi aziendali critici in caso di eventi avversi, come:

- disastri naturali,
- attacchi informatici,
- guasti tecnici,
- pandemie o crisi sociali.

L'obiettivo è minimizzare l'interruzione delle attività e ridurre l'impatto economico e reputazionale.

In merito è stata elaborata la ISO 22301 che è uno standard norma internazionale che definisce i requisiti per un Sistema di Gestione della Continuità Operativa (BCMS). È pensata per aiutare le organizzazioni a:

- identificare i processi critici,
- valutare i rischi e le minacce,
- sviluppare piani di risposta e ripristino,
- testare e migliorare continuamente il sistema.

Questa norma è certificabile, quindi può essere usata anche per dimostrare a clienti e stakeholder l'impegno dell'organizzazione nella gestione della continuità.

Bibliografia

Reason J., Hobbs A., *Managing Maintenance Error*, Edizioni Ashgate, Farnham 2003

Reason J., *Managing the Risks of Organizational Accidents*, Edizioni Ashgate, Aldershot 1997

Reason J., *Human error: models and management*, BMJ Vol. 320, 2000

Nemeth C. P., Hollnagel E., Dekker S., *Resilience Engineering Perspective (volume 1). Remaining Sensitive to the Possible of Failure*. Edizioni Ashgate, Farnham 2009

Nemeth C. P., Hollnagel E., Dekker S., *Resilience Engineering Perspective (volume 2). Preparation and Restoration*, Edizioni Ashgate, Farnham 2009

Weick K. E., Sutcliffe K. M., *Managing the Unexpected*, Edizioni Jossey-Bass - John Wiley & Sons., San Francisco 2007

Perrow C., *Normal Accidents*, Edizioni Princeton University Press, Princeton 1999

Catino M., *Da Chernobyl a Linate. Incidenti Tecnologici o errori organizzativi?* Edizioni Bruno Mondadori, Milano 2006.

ISO 22301-2019, *Security and resilience — Business continuity management systems — Requirements*



PARTE II

LE SFIDE CONTEMPORANEE:

COMPETIZIONE, SOSTENIBILITÀ,

GESTIONE DELLE CRISI

4. Mettere al Sicuro il Cambiamento: Persone, Processi e Tecnologia nelle Organizzazioni

Ilaria Campana

Direttrice del Consorzio Quinn

4.1 Introduzione

La tecnologia rappresenta oggi il principale motore del cambiamento: è all'origine delle trasformazioni profonde, delle discontinuità e dei veri e propri "tsunami" che investono le organizzazioni. Tuttavia, perché la tecnologia possa esprimere realmente il suo valore, è necessario metterla al sicuro, ovvero integrarla con gli altri elementi chiave: l'organizzazione, i processi e, soprattutto, le persone. Senza questi fattori, la tecnologia rimane fragile e a rischio di fallimento.

Il concetto di *cambiamento* è ampiamente utilizzato e, proprio per questo, spesso frainteso. È una parola che appare semplice, familiare, ma che nasconde una complessità profonda. Per molti anni si è parlato di cambiamento senza chiarirne realmente il significato operativo, generando confusione e approcci parziali. L'accelerazione delle evoluzioni tecnologiche rende oggi questo limite ancora più evidente. Non a caso, l'Industria 5.0 pone al centro l'essere umano, riaffermando la necessità di un rapporto equilibrato tra tecnologia e persone.

Quando l'innovazione corre più velocemente della capacità di assorbirla, il **rischio** è quello di produrre traumi organizzativi e di perdere il passo, anziché migliorare le prestazioni.

In questo contesto, la gestione del cambiamento richiede competenze specifiche e approcci strutturati. Esistono modelli che fanno leva sulla dimensione psicologica degli individui; tuttavia, l'approccio adottato dal Consorzio Quinn si fonda prevalentemente sui processi. Il cambiamento viene quindi governato attraverso binari organizzativi chiari, in grado di accompagnare le persone nell'evoluzione dei sistemi e delle modalità operative.

È in questa prospettiva che emerge un concetto chiave: l'*adoption*. Ciò che mette realmente al sicuro la tecnologia non è il *delivery*, ovvero l'implementazione tecnica, ma la sua adozione effettiva. L'installazione di un impianto, l'avviamento di un robot, il rilascio di un sistema ERP o di una soluzione software non rappresentano il risultato finale di un progetto.

Il vero risultato è il **cambiamento misurabile** delle prestazioni aziendali, che si realizza solo quando la tecnologia viene **utilizzata, compresa e integrata** nei processi quotidiani.

Questa affermazione è semplice da enunciare, apparentemente ovvia, ma estremamente complessa da tradurre in pratica. È proprio questo il filo conduttore delle riflessioni che seguono: superare la tradizione di progetti tecnologici centrati sul *delivery* per spostare l'attenzione sull'adozione, unico vero indicatore del successo del cambiamento.

4.2 Il Cambiamento come Fenomeno Organizzativo

Il cambiamento è un processo inevitabile, sia nella vita personale sia in quella delle organizzazioni. Così come le persone crescono attraverso le trasformazioni, allo stesso modo le organizzazioni evolvono confrontandosi continuamente con nuove condizioni. In alcuni casi il cambiamento è deliberato e nasce da decisioni interne; in altri, invece, viene subito come risposta necessaria alle dinamiche del contesto esterno.

Le attuali tensioni geopolitiche ed economico-sociali ne sono un esempio evidente. L'interruzione delle catene di fornitura, la difficoltà di reperire materie prime, i blocchi alle frontiere e l'impossibilità di consegnare prodotti costringono le organizzazioni a reagire per sopravvivere. In questi scenari, il cambiamento non riguarda soltanto la sostituzione di clienti o fornitori, ma richiede spesso una revisione profonda del modello di business.

Si tratta di cambiamenti adattivi che, contrariamente a quanto il termine potrebbe suggerire, non sono necessariamente graduali o progressivi. Al contrario, possono essere rapidi, imposti e potenzialmente dannosi se non adeguatamente governati. Negli ultimi decenni, e in modo ancora più evidente negli anni recenti, queste dinamiche sono state accelerate dall'evoluzione tecnologica, sempre più veloce e talvolta superiore alla capacità delle organizzazioni di assorbirla.

Quando il cambiamento è troppo rapido, il rischio è che assuma caratteri traumatici, mettendo sotto pressione strutture, processi e persone. In questo contesto, le organizzazioni si distinguono per il modo in cui reagiscono: alcune riescono a interpretare il cambiamento come un'opportunità, a governarlo e a trarne vantaggio competitivo; altre, invece, si rifugiano in strategie difensive, cercando di resistere, ma risultano spesso destinate a soccombere alle dinamiche evolutive in atto.

4.2.1 Le Dimensioni del Cambiamento

Analizzando le principali dimensioni del cambiamento, è utile fare riferimento a modelli consolidati della letteratura manageriale. Tra questi, il framework delle **7S di McKinsey** individua sette fattori interdipendenti che definiscono e caratterizzano il cambiamento organizzativo. Il modello distingue tali fattori in due categorie: elementi *hard* ed elementi *soft*. I primi comprendono i sistemi, le strutture organizzative e le strategie; i secondi riguardano invece i valori condivisi, le competenze e le capacità professionali, gli stili comportamentali e la composizione dei team, ossia tutti gli aspetti riconducibili al fattore *people*.

Questa distinzione riflette la diversa natura degli interventi richiesti. Agire sugli elementi *hard* significa, ad esempio, introdurre nuovi impianti produttivi, adottare macchinari più performanti, modificare i sistemi informativi o implementare soluzioni di Intelligenza Artificiale a supporto dei processi aziendali. Gli elementi *soft*, al contrario, richiedono interventi orientati alle persone: la diffusione di valori condivisi, lo sviluppo delle competenze e la trasformazione dei comportamenti organizzativi. Si tratta di ambiti che necessitano di competenze, strumenti e tempi differenti.

Tuttavia, la distinzione tra *hard* e *soft* non deve indurre in errore. Il rischio è quello di interpretare questa classificazione come una separazione netta degli interventi, portando a progetti esclusivamente tecnici da un lato e iniziative rivolte alle persone dall'altro. In realtà, i due ambiti sono profondamente interconnessi e non possono essere affrontati in modo indipendente. Intervenire sugli elementi *hard* senza considerare quelli *soft* compromette l'efficacia del cambiamento. La gestione delle componenti tecniche, infatti, non può prescindere dall'attenzione ai fattori umani e organizzativi, che ne determinano l'effettiva integrazione e sostenibilità nel tempo.

4.2.2 La prospettiva integrata

Per gestire efficacemente il cambiamento è necessario, quindi, adottare una prospettiva integrata. Il miglioramento delle performance, infatti, non può essere ottenuto intervenendo esclusivamente sulla dimensione tecnica. La sostituzione di un impianto o l'introduzione di una nuova tecnologia, se considerate come azioni isolate, non sono sufficienti a generare un reale incremento delle prestazioni.

Ogni cambiamento tecnologico porta con sé, in modo fisiologico, anche una **trasformazione strutturale e organizzativa**.

Spesso l'innovazione incide sull'organigramma; in altri casi, quando il perimetro è più circoscritto, modifica comunque i processi di un reparto o di un ufficio, alterando ruoli, responsabilità e relazioni con il resto dell'organizzazione.

A queste trasformazioni si affiancano inevitabilmente cambiamenti di natura *soft*. La ridefinizione dei processi e delle modalità operative comporta un mutamento delle priorità, del focus e delle aspettative nei confronti delle persone. Cambiare priorità significa, di fatto, chiedere di svolgere attività diverse rispetto al passato, di assumere nuovi ruoli, di operare entro confini d'azione modificati. Le persone rispondono a questi cambiamenti attraverso le loro conoscenze, le competenze operative e i comportamenti, dimensioni che devono essere considerate in modo unitario e coerente.

Solo integrando la dimensione tecnica, quella organizzativa e quella umana è possibile conseguire il risultato atteso, che, come abbiamo già sottolineato, non coincide con il rilascio della tecnologia, ma con la sua effettiva **adozione**.

È l'*adoption* a rendere il cambiamento reale e a consentire il miglioramento delle prestazioni aziendali.

4.2.3 Interrogativi a confronto

Di fronte a un progetto di innovazione tecnologica, la popolazione aziendale si pone innanzitutto una domanda fondamentale:

quali saranno le **conseguenze** per me?

L'organizzazione è, infatti, un insieme di individui e ciascuno, indipendentemente dal ruolo o dal grado di orientamento strategico, si interroga su ciò che cambierà nella propria quotidianità. Cambieranno le modalità di lavoro? Le attività da svolgere? Gli strumenti utilizzati? Il luogo di lavoro o le interazioni abituali? Queste domande sono fisiologiche e rappresentano una reazione naturale a ogni processo di trasformazione.

Dal lato opposto, i decisori — proprietà, management, Consiglio di Amministrazione — adottano una prospettiva differente. La loro attenzione è concentrata sulla validità dell'investimento:

la soluzione tecnologica **funzionerà?**

I risultati promessi dai fornitori **si realizzeranno?**

I benefici attesi, come la riduzione dei tempi, il recupero di efficienza o il miglioramento delle performance, giustificheranno le risorse economiche impiegate? Si tratta di interrogativi legittimi, orientati alla sostenibilità economica e al ritorno sull'investimento.

La distanza tra queste due prospettive è evidente e del tutto naturale. Accade spesso, tuttavia che nelle valutazioni dei decisori sia trascurata o messa in secondo piano la domanda decisiva:

le persone saranno in grado di utilizzare la soluzione in modo efficace?

Ed accade altrettanto spesso che, nei casi in cui questa domanda ci sia, si cerchi la risposta nella formazione all'uso della tecnologia, formazione che è compresa, il più delle volte, nel pacchetto di vendita della tecnologia stessa. Ebbene, questa formazione copre solo una piccola parte delle esigenze perché non risponde ai quesiti

legati ai nuovi processi e soprattutto ai nuovi ruoli. Solo le organizzazioni che hanno già vissuto esperienze di cambiamento, tra successi e fallimenti, riconoscono l'importanza di questi aspetti e a farne tesoro.

L'attenzione del vertice dovrebbe quindi aggiungere alle valutazioni importanti relative alle caratteristiche tecniche della soluzione, ai suoi dati di prestazione o alle potenzialità dichiarate, anche quelle relative alla dimensione organizzativa e people. Le persone saranno pronte quando la tecnologia verrà attivata? Saranno nelle condizioni di adottarla e sfruttarla appieno? Questa domanda, a volte assente dal dibattito decisionale, è invece centrale per il successo del progetto. Quando la concentrazione dei decisori è sbilanciata sulla dimensione tecnica, anche in presenza di impegno e di numerose iniziative, i risultati difficilmente corrisponderanno alle aspettative iniziali perché il successo dell'innovazione, ancora una volta, dipenderà dall'effettiva adozione da parte delle persone.

4.2.4 Cosa significa gestire il cambiamento

Il *change management* ha uno scopo fondamentale: orientare i decisori a dare priorità ai fattori che determinano il reale successo di un progetto di innovazione. In particolare, serve a portare l'attenzione sulla domanda spesso trascurata:

le persone saranno in grado di adottare pienamente la soluzione introdotta?

Il successo di un progetto, infatti, non è garantito dalla sola implementazione tecnologica, ma dall'adesione effettiva delle persone e dalla loro capacità di utilizzare la nuova soluzione nel modo previsto. Per questo, il *change management* ha il compito di affiancare alla dimensione tecnica anche quella organizzativa e quella umana, integrando strutture, ruoli, processi e comportamenti in un unico disegno coerente.

In assenza di questa prospettiva integrata, le dimensioni organizzative e *people* tendono a emergere solo quando il progetto è già avanzato, spesso in modo critico. È in queste fasi che si manifestano problemi come resistenze, disallineamenti organizzativi, cali di performance o persino abbandoni di personale.

Gestire il cambiamento significa invece guidare e supportare l'organizzazione durante il periodo di **transizione**, riconoscendo innanzitutto che tale transizione esiste.

Essa non coincide esclusivamente con le fasi tecniche di sviluppo, configurazione o test della tecnologia, ma riguarda soprattutto le persone, chiamate a compiere un vero e proprio percorso di trasformazione.

Le persone attraversano un passaggio da uno stato attuale — fatto di attività consolidate, relazioni note e modalità operative abituali — a uno stato futuro caratterizzato da nuovi processi, nuove procedure, nuove soluzioni tecnologiche e, spesso, nuovi ruoli o responsabilità. Questo percorso richiede tempo, accompagnamento e capacità di assorbimento e gestire la transizione significa preparare l'organizzazione e le persone affinché, al momento del *go live*, siano realmente pronte a operare nel nuovo modello e a generare le prestazioni attese.

Esistono diversi approcci al *change management*, tutti orientati a governare trasformazioni organizzative significative.

L'approccio adottato dal **Consorzio Quinn** è basato sui **processi** e si applica in particolare a cambiamenti rilevanti, spesso innescati da **investimenti tecnologici importanti**.

Ne sono esempi l'automazione delle linee produttive, l'integrazione orizzontale della Supply Chain, la digitalizzazione di processi amministrativi o l'introduzione di sistemi informativi complessi come un ERP.

Questi interventi richiedono uno sforzo elevato di adattamento e incidono profondamente su strutture, ruoli e modalità operative.

In tali contesti, il *change management* non può essere inteso come una fase successiva al progetto tecnologico, né ridotto alla sola formazione sull'utilizzo di strumenti o interfacce. Al contrario, il *change management* deve partire prima dell'avvio del progetto, per raccogliere informazioni, analizzare gli impatti, definire gli scenari futuri e individuare i soggetti chiave che faciliteranno l'adozione della soluzione. Deve poi procedere in modo sinergico lungo tutto il ciclo di vita del progetto, affiancando e sostenendo in modo continuativo la dimensione tecnica.

Parlare di **change management** significa quindi parlare di preparazione dell'organizzazione e delle persone al nuovo modello operativo nel suo complesso.

In questa prospettiva, un progetto di innovazione richiede un piano integrato, in cui le attività sulla dimensione tecnica procedano in parallelo e in modo sincronizzato con quelle relative all'organizzazione e alle persone.

Questo approccio risponde a un bisogno profondo che abbiamo già evidenziato: le persone, di fronte all'innovazione, si chiedono inevitabilmente che cosa accadrà a loro, quale sarà il loro ruolo, se saranno ancora utili e se saranno in grado di affrontare il cambiamento. Le persone che non ottengono risposte alle proprie domande tendono a darsi da sole le risposte e in questi casi il timore per sé e per ciò che porterà il cambiamento porta a risposte spesso sbagliate, espressione dei propri timori, generando comportamenti di diffidenza e distacco se non addirittura ostilità verso il progetto. Il *change management* serve proprio a prevenire queste "risposte sbagliate", e per questo deve partire prima, mettendo a disposizione visibilità sugli scenari futuri e sul percorso, e garantendo guida, coinvolgimento e supporto. Solo così l'innovazione tecnologica può tradursi in un cambiamento reale, sostenibile e capace di generare valore.

4.3 Criticità nei progetti di Cambiamento

4.3.1 Qualche dato

A conferma di quanto esposto, è utile richiamare alcuni dati²⁵. Le statistiche mostrano che il tasso di fallimento dei progetti di cambiamento è estremamente elevato:

tra il **50%** e il **70%** dei progetti **non raggiunge gli obiettivi** prefissati.

Fallire non significa soltanto non ottenere i benefici attesi a fronte dell'investimento sostenuto, ma spesso implica anche il mancato completamento del progetto stesso o un *delivery* privo di valore reale.

Entrando nel dettaglio, solo il 61% dei progetti riesce a conseguire circa il 60% degli obiettivi inizialmente definiti, evidenziando quindi risultati parziali e incompleti. Ancora più significativo è il dato relativo alle performance:

soltanto il **25%** dei progetti **ottiene un miglioramento delle prestazioni** aziendali che sia concreto e, soprattutto, sostenibile nel tempo.

²⁵ Fonti: Assochange 2021 – McKinsey 2021

Questo significa che nella maggior parte dei casi almeno una delle dimensioni del cambiamento — tecnica, organizzativa o umana — non viene adeguatamente considerata.

Il risultato è che, pur in presenza di un'implementazione tecnologica formalmente completata, le prestazioni non sono proporzionate all'investimento effettuato e l'organizzazione può subire effetti collaterali rilevanti, come disallineamenti operativi o perdita di risorse chiave. Questi numeri evidenziano con chiarezza come il mancato governo integrato del cambiamento rappresenti una delle principali cause di insuccesso dei progetti di innovazione. Merita approfondire le cause di fallimento per trovare ulteriore conferma a quest'affermazione.

4.3.2 Le 5 cause più comuni del fallimento dei progetti

Quali sono, dunque, le principali cause di insuccesso dei progetti di cambiamento? Una risposta significativa emerge da una survey condotta da Deloitte su un campione rilevante di grandi aziende, attraverso interviste ai CIO²⁶. La causa indicata con maggiore frequenza è la resistenza al cambiamento, seguita da una sponsorship inadeguata, da aspettative non realistiche, da una gestione progettuale debole e, infine, da una scarsa motivazione al cambiamento. Quest'ultimo elemento, in particolare, risulta strettamente connesso alla resistenza stessa e indica situazioni in cui, nonostante l'investimento tecnologico, il progetto non riesce a produrre i risultati attesi perché le persone non adottano la soluzione introdotta.

Un dato ulteriore rafforza questa lettura²⁷:

solo un'azienda su quattro attribuisce al *change management* l'importanza che merita.

Ne deriva una forte coerenza con le statistiche di fallimento precedentemente richiamate. La concentrazione rimane prevalentemente sugli aspetti tecnologici, mentre manca una visione integrata delle dimensioni del cambiamento. Questo squilibrio contribuisce in modo diretto al basso tasso di successo dei progetti di innovazione.

Mancanza di Sponsorship attiva ed efficace

Approfondendo le cause più ricorrenti²⁸, emerge innanzitutto la mancanza di una sponsorship attiva ed efficace. Il 65% delle aziende non assegna ai propri manager un ruolo chiaro e specifico nella gestione del cambiamento. Ai manager vengono generalmente affidati compiti legati al rispetto delle tempistiche, al controllo dei costi o alla gestione delle penali contrattuali, ma raramente responsabilità connesse al coinvolgimento, al supporto e alla guida delle persone nella fase di transizione. Di conseguenza, il *change management* rimane privo di una leadership operativa.

Carenza di Comunicazione efficace

Un'altra causa rilevante è la carenza di comunicazione efficace. Nel 59% dei progetti di innovazione, il fallimento è attribuibile a problemi di comunicazione. Ciò non riguarda la qualità formale dei messaggi, ma la mancanza di chiarezza su ciò che sta accadendo, su cosa cambierà e su quali saranno le conseguenze per le persone. In assenza di informazioni chiare e tempestive, si genera un vuoto comunicativo che viene colmato da interpretazioni soggettive, spesso errate, alimentando sfiducia, scetticismo e resistenza. La comunicazione efficace, al contrario, restituisce visibilità e riduce l'incertezza, consentendo alle persone di orientarsi nel cambiamento.

²⁶ Fonte: Deloitte Touche Tohmatsu CIO Survey

²⁷ Fonte: Panorama Consulting Group 2023 ERP Report

²⁸ Fonte: PROSCI 2019

Resistenze e Risorse limitate per affrontarle

A queste criticità si aggiungono le resistenze legate alla paura dell'ignoto e alla mancanza di competenze e risorse dedicate al *change management*. Spesso si ritiene erroneamente che i manager possano affrontare queste dinamiche affidandosi a capacità personali di persuasione o, in alcuni casi, a logiche di pressione e controllo. Tali approcci non solo risultano inefficaci, ma rischiano di compromettere la fiducia e di aggravare le resistenze. Il *change management* richiede invece metodi strutturati, che tutelino i manager e aumentino le probabilità di successo del progetto.

Decisori impreparati a superare le Resistenze

Infine, molti decisori risultano impreparati a riconoscere e gestire le resistenze. In circa l'89% delle aziende, queste non vengono affrontate in modo sistematico e vengono spesso attribuite a presunti limiti individuali, come demotivazione o atteggiamenti ostili. In questo modo, le persone finiscono per essere considerate responsabili del fallimento, anziché riconosciute come vittime di una gestione incompleta del cambiamento.

In realtà, le cause risiedono nella mancata integrazione dei fattori organizzativi e umani con la dimensione tecnica. È proprio questa mancanza di approccio sinergico a rappresentare uno dei principali ostacoli al successo dei progetti di innovazione

4.3.3 Lezioni apprese da fallimenti in grandi progetti

I fallimenti dei progetti di innovazione consentono di trarre alcune lezioni fondamentali.

Gestione del Progetto

La prima riguarda la necessità di un *project management* solido e strutturato. Nei progetti di innovazione tecnologica non è sufficiente una gestione tradizionale delle tempistiche o una semplice organizzazione in fasi di test e rilascio. È richiesto un *project management* robusto, in grado di governare contemporaneamente due dimensioni che devono procedere in parallelo: quella tecnica e quella del cambiamento. Un project manager che opera in questi contesti deve essere formato sul *change management* e comprenderne le implicazioni reali, evitando interpretazioni riduttive o fuorvianti. Deve, inoltre, esserne il primo promotore e garante, ruolo che nella pratica risulta spesso sottovalutato.

Allineamento dei processi con il Sistema

Un'ulteriore lezione riguarda l'allineamento tra processi e sistemi. L'introduzione di una nuova tecnologia richiede che i processi dell'organizzazione vengano ripensati e armonizzati con le nuove soluzioni, attraverso il coinvolgimento di tutti gli stakeholder. Non solo i decisori, ma anche le persone direttamente impattate dal cambiamento devono essere coinvolte, affinché la tecnologia trovi una reale integrazione nelle attività quotidiane. A questo scopo risultano essenziale partire in anticipo con valutazioni preliminari su come la nuova tecnologia impatterà sugli attuali processi organizzativi per poter predisporre piani di lavoro per l'aggiornamento dei processi, la comunicazione strutturata, la formazione mirata e le azioni di supporto continuo agli utilizzatori.

Governance di Progetto e Leadership

Un altro elemento cruciale è il governo del progetto. Oltre a una solida struttura di *project management*, è necessario un coinvolgimento attivo del vertice aziendale. Il board, l'imprenditore o il top management devono sostenere il progetto in modo visibile e continuativo. Questo ruolo non può essere improvvisato né affidato a interventi episodici o puramente motivazionali, ma deve essere declinato attraverso azioni pianificate e coerenti lungo tutto il ciclo di vita del progetto.

Infine, emerge il tema della leadership, intesa come stile di conduzione capace di accompagnare l'organizzazione nella fase di transizione. Una leadership efficace fornisce alle persone guida, supporto e coinvolgimento, creando le condizioni perché il cambiamento venga compreso e adottato.

In questa prospettiva, è fondamentale identificare tutti gli stakeholder e prevedere per ciascuno interventi specifici, coerenti con il ruolo e con l'impatto subito dal cambiamento.

4.4 Metodologia T4C – Transition Management for Change Adoption

Forti delle analisi e considerazioni fin qui esposte, ci siamo concentrati su come mettere a frutto le lezioni apprese e l'esperienza sul campo del Consorzio Quinn, integrata con la letteratura specialistica, ha portato alla codifica della metodologia *T4C - Transition Management for Change Adoption*. Metodologia che si fonda su tre pilastri fondamentali di seguito descritti: **Allineamento Organizzativo**, **Formazione al ruolo**, e **Governance e Comunicazione**.

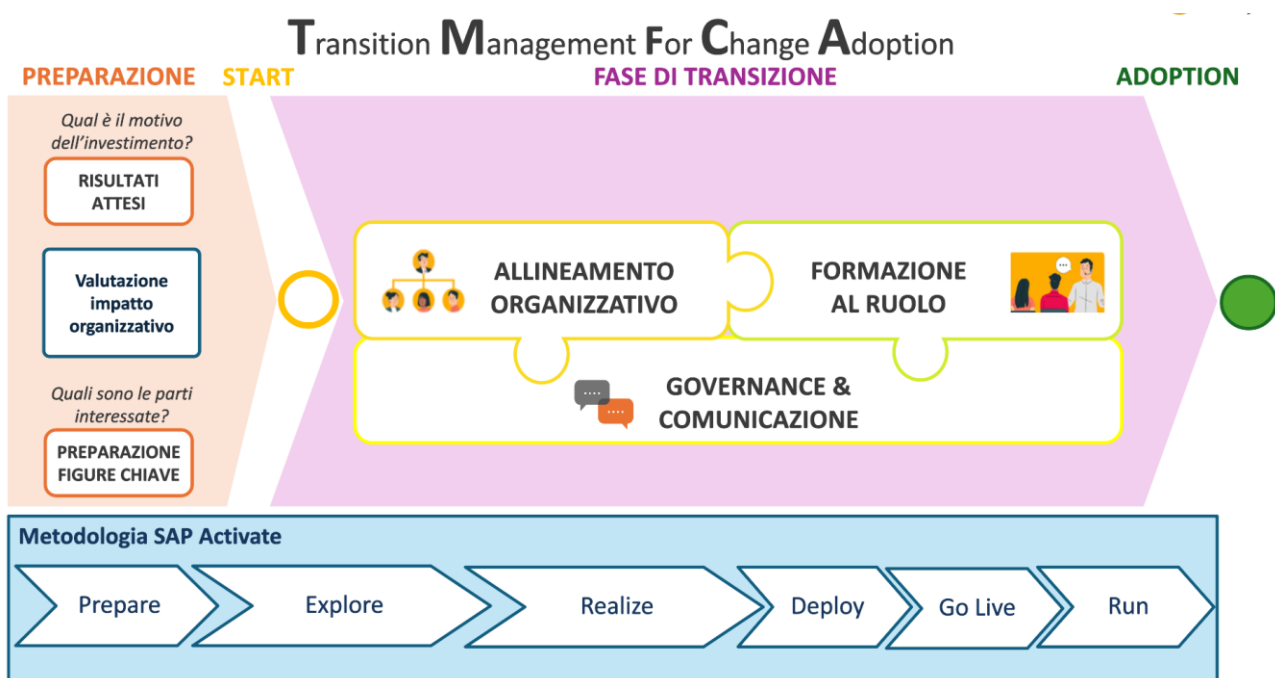


Figura 10 Schema della Metodologia T4C - Transition Management for Change Adoption abbinato a un esempio di metodologia di implementazione tecnologica (in questo caso SAP Activate)

4.4.1 Allineamento Organizzativo

L'Allineamento Organizzativo riguarda principalmente i processi aziendali impattati dall'introduzione della nuova soluzione e che, pertanto, devono essere aggiornati per sostenere la nuova tecnologia. Non si tratta solo di modificare procedure, ma di ridefinire scopi dei processi, ragionare sui perimetri, rivedere spesso le logiche stesse del processo che si traducono in modifiche sulle sequenze operative e sui ruoli, e conseguentemente preparare le persone coinvolte, affinché siano pronte a operare efficacemente nel nuovo contesto.

Primo passo di questo Pilastro del T4C, centrato sul concetto dell'"anticipo" è la VALUTAZIONE DI IMPATTO ORGANIZZATIVO (VIO), consistente in un'analisi preliminare dei principali impatti su processi e organizzazione determinati dalla nuova soluzione tecnologica. Quest'analisi richiede due cose fondamentali:

- che il Fornitore della tecnologia metta a disposizione l'anteprima su come funzionerà la nuova soluzione nelle sue varie componenti (a livello di dettaglio disponibile alla partenza)
- la conoscenza del "Current State" o stato "As Is" dell'organizzazione e dei suoi processi.

Poter disporre del VIO significa avere visibilità dei reali cambiamenti che avverranno e poter preparare un vero Piano di Progetto Integrato su tutte le dimensioni del Cambiamento.

4.4.2 Formazione ai ruoli

La formazione non riguarda solo il “come usare” la nuova tecnologia, ma anche il “come operare” nei nuovi processi e con i nuovi ruoli e quindi l’Allineamento Organizzativo, mettendo a disposizione i nuovi processi e i nuovi ruoli, fornisce l’input fondamentale a questo secondo Pilastro. Per predisporre piani di formazione efficaci è necessario inoltre mappare le competenze esistenti in relazione a quelle necessarie per operare efficacemente nei nuovi processi e ruoli e individuare eventuali gap. Infine, monitorare l’erogazione della formazione e valutare l’acquisizione delle competenze è essenziale per garantire che i manager e i collaboratori possano supportare, guidare e coinvolgere le persone durante la transizione.

4.4.3 Governance e Comunicazione

La governance non è solo project management. Definisce ruoli e responsabilità dei manager, dei decisori e degli stakeholder interni al progetto, assicurando che ciascuno sappia come guidare e supportare il cambiamento. Come abbiamo visto dai dati sugli insuccessi, la mancanza di un ruolo chiaro nella gestione del cambiamento è una causa diretta di fallimento.

La comunicazione accompagna tutto il progetto, fornendo visibilità e anticipazione. Informare le persone in anticipo riduce incertezza, resistenze e interpretazioni errate. I concetti chiave sono *anticipo* e *visibilità*: conoscere prima ciò che accadrà permette di prepararsi e di adottare consapevolmente la tecnologia, evitando risposte basate su percezioni errate.

4.4.4 Fasi della metodologia

La metodologia si articola in tre fasi principali: **Preparazione**, **Transizione** e **Adoption**.

Preparazione

Prima del kick-off del progetto, è fondamentale valutare l’impatto organizzativo e predisporre il VIO, ossia la differenza tra lo stato attuale e quello futuro a seguito dell’introduzione della tecnologia. In questa fase si definiscono i risultati attesi (*business case*), si identificano tutti gli stakeholder e i portatori d’interesse e si valutano i processi e le competenze necessarie per la transizione. È importante considerare che non tutte le aziende partono dallo stesso livello di maturità: alcune hanno processi e competenze più evoluti, altre richiedono interventi più estesi.

Transizione

Questa fase consiste nel gestire in modo sinergico i tre pilastri lungo tutto il progetto. L’Allineamento Organizzativo aggiorna i processi in tempo reale, la Formazione al Ruolo colma i gap di competenze e la Governance e Comunicazione assicurano il flusso costante di informazioni e il coinvolgimento degli stakeholder. In questa fase, è fondamentale anticipare i cambiamenti organizzativi e rendere visibili i processi ai responsabili delle nuove attività.

Adoption

È il momento in cui la tecnologia viene effettivamente adottata e integrata nelle operazioni quotidiane. Solo una transizione correttamente gestita, supportata da Allineamento Organizzativo, Formazione al Ruolo, Governance e Comunicazione, consente di ottenere le prestazioni attese e il miglioramento dei processi aziendali.

4.4.5 Ruolo dei fornitori e dei manager

Un altro elemento critico riguarda i fornitori di tecnologia e i manager interni. I fornitori devono avere competenze tecniche e metodologiche, capaci di supportare il progetto fino all'adozione reale. La selezione dei fornitori deve considerare know-how, robustezza metodologica e capacità di gestione del progetto nonché comprensione dell'importanza dell'approccio integrato su tutte le dimensioni del cambiamento. Il fornitore di tecnologia che non dà visibilità di come funzionerà la soluzione e di come gestirà le attività rende di fatto impossibile la preparazione, e l'aggiornamento in itinere, della Valutazione di Impatto Organizzativo che guida la predisposizione del Piano Integrato di Progetto.

Allo stesso modo, i manager interni devono essere preparati e formati per guidare il cambiamento. Affidare loro ruoli complessi senza le competenze necessarie può compromettere l'intero progetto. In alcuni casi, è opportuno ricorrere a temporary manager con esperienza specifica, garantendo continuità e competenza per tutta la durata del progetto.

4.5 Conclusione

Il successo di un progetto di innovazione tecnologica non dipende solo dalla tecnologia, dai contratti o dai tempi, ma dall'attenzione integrata a tutte le dimensioni del cambiamento. L'analisi del contesto, l'anticipo sulla visibilità degli impatti, l'aggiornamento dei processi e dei ruoli, la valutazione delle competenze, la selezione accurata dei fornitori e la comunicazione anticipata sono indispensabili per garantire il coinvolgimento e il supporto delle persone.

Solo attraverso un approccio sistematico e integrato è possibile trasformare un progetto tecnologico in un reale cambiamento organizzativo, assicurando la piena adozione della tecnologia e il raggiungimento dei risultati attesi.

5. Sostenibilità del cambiamento climatico: il ruolo cruciale delle imprese produttive

Leonardo Tognotti

Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale – Università di Pisa

5.1 Introduzione

Il cambiamento climatico rappresenta oggi una delle principali sfide sistemiche della civiltà contemporanea. L'ultima sintesi dell'**IPCC (AR6, 2023)**²⁹ conferma che le attività antropiche hanno causato un riscaldamento globale di circa **1,1 °C** rispetto all'epoca preindustriale e che, senza riduzioni immediate e profonde delle emissioni di gas serra, la temperatura globale supererà **1,5 °C entro il 2035**. Le conseguenze sono ormai visibili: eventi meteorologici estremi, desertificazione, perdita di biodiversità, acidificazione degli oceani e stress idrico globale. Questi fenomeni si traducono in **rischi economici e sociali sistemici**, che influenzano filiere produttive, mercati finanziari e sicurezza alimentare.

Secondo l'**International Energy Agency (IEA, 2024)**³⁰, le emissioni globali hanno raggiunto **37,4 miliardi di tonnellate di CO₂** nel 2023, il valore più alto mai registrato. Per rispettare l'Accordo di Parigi e mantenere il riscaldamento sotto 1,5 °C, le emissioni dovrebbero diminuire del **43% entro il 2030** rispetto ai livelli del 2019. Tuttavia, le politiche nazionali attuali (NDC)³¹ indirizzano il mondo verso un incremento termico di **2,5–2,9 °C entro fine secolo**, generando un *climate gap* sempre più ampio tra impegni e realtà.

Box 1 – Carbon budget e limiti planetari

Il *carbon budget* è la quantità totale di CO₂ che può essere emessa per mantenere il riscaldamento globale entro una determinata soglia. Secondo l'IPCC (2023), il budget residuo per restare entro 1,5 °C è di circa 380 GtCO₂, pari a meno di otto anni di emissioni globali ai livelli attuali.

Questo budget è collegato al concetto dei limiti planetari (Rockström et al., 2009³²; Richardson et al 2023³³): confini biofisici che definiscono la capacità della Terra di mantenere condizioni stabili. Secondo gli autori, quattro limiti (clima, biodiversità, azoto-fosforo, uso del suolo) sono già stati superati, minacciando l'equilibrio dei sistemi produttivi e naturali.³⁴

²⁹ [AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023 — IPCC](#)

³⁰ CO2 Emissions, in 2023. A new record high, but is there light at the end of the tunnel? International Energy Agency, 2024

³¹ I Contributi Nazionali Determinati ([Nationally Determined Contributions \(NDCs\) UNFCCC](#)) sono gli impegni presi dai singoli Paesi nell'ambito dell'Accordo di Parigi per ridurre le proprie emissioni di gas serra e adattarsi agli impatti dei cambiamenti climatici

³² Rockström et al, *A safe operating space for humanity*, Nature, Vol 461 | 24 September 2009

³³ Richardson et al, *Earth beyond six of nine planetary boundaries* Sci. Adv. 9, eadh2458 (2023)

³⁴ [Planetary boundaries - Stockholm Resilience Centre](#)

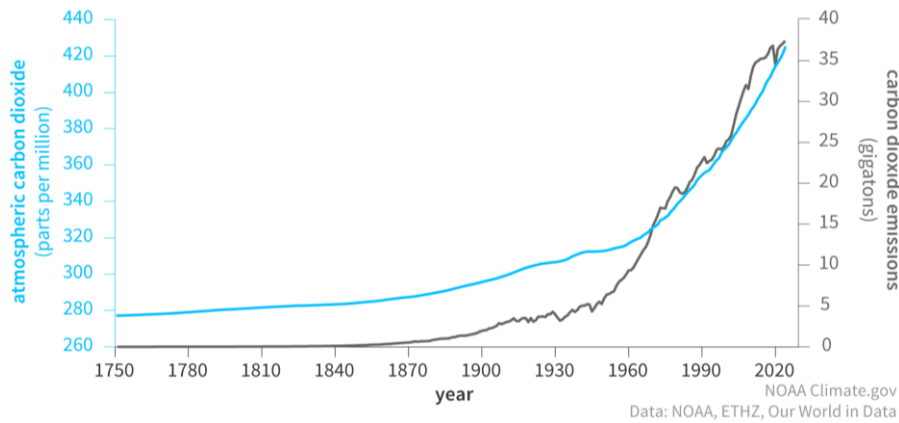


Figura 11 Andamento storico della concentrazione atmosferica di CO₂ (1750–2024) ed emissioni di CO₂

La quantità di anidride carbonica nell'atmosfera (linea blu) è aumentata insieme alle emissioni umane (linea grigia) dall'inizio della Rivoluzione Industriale nel 1750. Le emissioni sono aumentate lentamente fino a circa 5 gigatonnellate (1 gigatonnellata equivale a 1 miliardo di tonnellate metriche all'anno) a metà del XX secolo, prima di aumentare rapidamente fino a oltre 35 miliardi di tonnellate all'anno entro la fine del secolo. Grafico di NOAA Climate.gov, adattato dall'originale del Dr. Howard Diamond (NOAA ARL). Dati sull'anidride carbonica atmosferica di [NOAA](#) e [ETHZ](#). Dati sulle emissioni di anidride carbonica di [Our World in Data](#) e [Global Carbon Project](#).

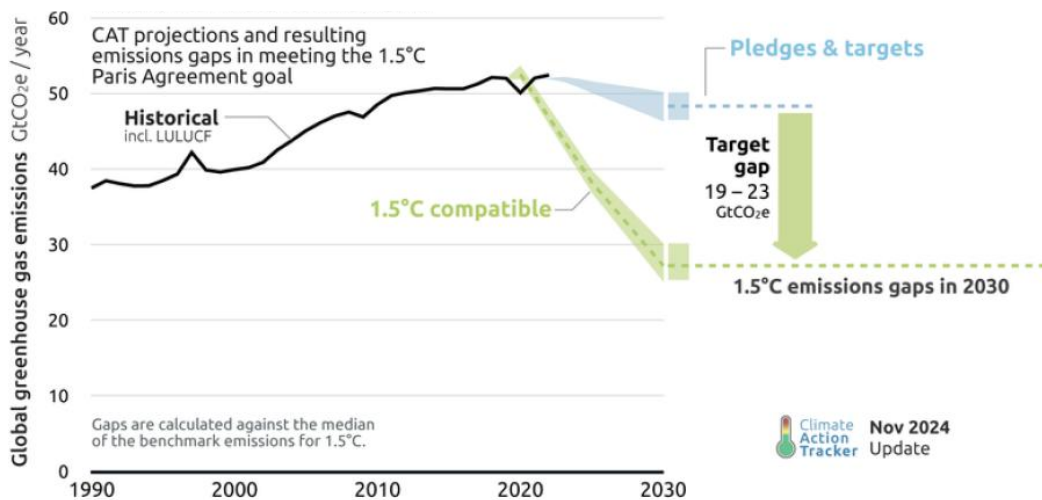


Figura 12 Il “climate gap” tra impegni NDC e traiettoria Net Zero (Fonte: UNEP Emissions Gap Report, 2023)

Il grafico mostra la differenza tra le emissioni globali previste secondo gli impegni NDC attuali e la traiettoria richiesta per mantenere l'aumento di temperatura entro 1,5 °C, evidenziando il gap di oltre 20 GtCO₂ annue al 2030.

5.1.1 L'industria nel contesto climatico

Nel sistema economico globale, l'industria è sia **una delle principali fonti del problema**, sia **una componente essenziale della soluzione**. Il comparto manifatturiero e industriale contribuisce per circa **il 24% delle emissioni globali di gas serra**, ma rappresenta anche il motore dell'innovazione tecnologica necessaria per la transizione ecologica.

Le industrie ad alta intensità energetica (EII) sono una parte vitale dell'economia europea e svolgono un ruolo fondamentale nella riduzione delle dipendenze strategiche dell'UE. Le EII contribuiscono direttamente e

indirettamente, attraverso le attività a valle, a un'ampia fetta dell'economia, dell'occupazione e dell'innovazione dell'UE. Comprendono settori come quelli di prodotti chimici, metalli di base, minerali non metallici (ceramica, vetro e cemento), materie plastiche, prodotti cartacei, legno e prodotti in legno, o alimenti. Una parte delle EII comprende attività **"hard-to-abate"** (o HtA, ovvero particolarmente difficili da decarbonizzare). Si tratta di attività come la produzione di cemento, vetro, acciaio, prodotti chimici e plastici, che utilizzano risorse fossili (carbone, gas e petrolio) come combustibile o materia prima. In questi segmenti, le emissioni di gas serra (GHG) sono relativamente difficili da ridurre con le tecnologie attuali.

Gli sviluppi dei costi energetici e le esigenze di decarbonizzazione hanno avuto un forte impatto sulla competitività delle industrie EII. Le EII, e in particolare i settori HtA, in Europa sono da decenni all'avanguardia per qualità e innovazione a livello globale. Tuttavia, ora stanno affrontando una crescente pressione competitiva, soprattutto a causa dell'aumento dei costi dell'energia e dei maggiori sforzi di decarbonizzazione richiesti in Europa rispetto ai suoi concorrenti internazionali. La deindustrializzazione nell'UE in alcuni di questi settori è già iniziata e potrebbe accelerare senza politiche specifiche³⁵.

5.1.2 Verso una nuova economia industriale

Nel presente saggio, il termine *transizione sostenibile* è utilizzato come riferimento generale ai processi di trasformazione industriale che includono le dimensioni climatica, energetica, ecologica, digitale e sociale, in coerenza con le strategie europee per la doppia transizione (*twin transition- transizione gemella*)³⁶, integrando obiettivi di decarbonizzazione e innovazione tecnologica.

La transizione sostenibile non è più una scelta volontaria, ma una condizione necessaria per la competitività e la sopravvivenza industriale. Le imprese sono chiamate a ripensare in modo sistemico:

- **le fonti energetiche**, passando dalla dipendenza dai combustibili fossili all'integrazione delle rinnovabili;
- **i materiali e le catene del valore**, orientandosi verso modelli circolari e resilienti;
- **i modelli di governance e rendicontazione**, in linea con gli standard ESG e le direttive europee (CSRD, ESRS);
- **il rapporto con il territorio e gli ecosistemi**, riconoscendo il valore strategico delle relazioni ambientali e sociali.

Il futuro dell'industria sarà determinato dalla capacità di coniugare **innovazione tecnologica** e **rigenerazione ambientale** — due dimensioni convergenti nel paradigma emergente dell'**Industria 5.0**, in cui persona, natura e tecnologia cooperano in modo integrato.

In sintesi, la sfida climatica impone una trasformazione profonda del sistema produttivo. La sostenibilità industriale non è più soltanto una questione di efficienza operativa, ma una leva strategica per la **resilienza economica, sociale e ambientale**. Nei capitoli successivi verranno analizzate le strategie concrete attraverso cui le imprese produttive — in particolare quelle ad alta intensità energetica — possono diventare attori centrali della **transizione rigenerativa**.

5.2 Il contributo dell'industria al cambiamento climatico e le strategie di decarbonizzazione

L'industria rappresenta uno dei pilastri fondamentali dell'economia globale, ma anche uno dei principali responsabili delle emissioni di gas serra. Secondo la **International Energy Agency (IEA, 2024)**, i processi industriali generano circa **9,3 miliardi di tonnellate di CO₂ l'anno**, equivalenti a **circa il 30% delle emissioni globali**. Questa quota include le emissioni derivanti dalla combustione di combustibili fossili per l'energia e

³⁵ Il futuro della competitività Europea. Parte B | Analisi approfondita e raccomandazioni; Rapporto Draghi EU, Settembre 2024

³⁶ MUENCH, S., STOERMER, E., JENSEN, K., ASIKAINEN, T., SALVI, M. and SCAPOLO, F., Towards a green and digital future, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/977331>, JRC129319.

da processi chimici specifici, come la produzione di acciaio e cemento. Le industrie ad alta intensità energetica (*hard-to-abate*) sono le più difficili da decarbonizzare per vincoli tecnologici, economici e infrastrutturali. Tuttavia, esse offrono anche il **maggior potenziale di riduzione** delle emissioni se opportunamente supportate da innovazione e politiche pubbliche mirate.

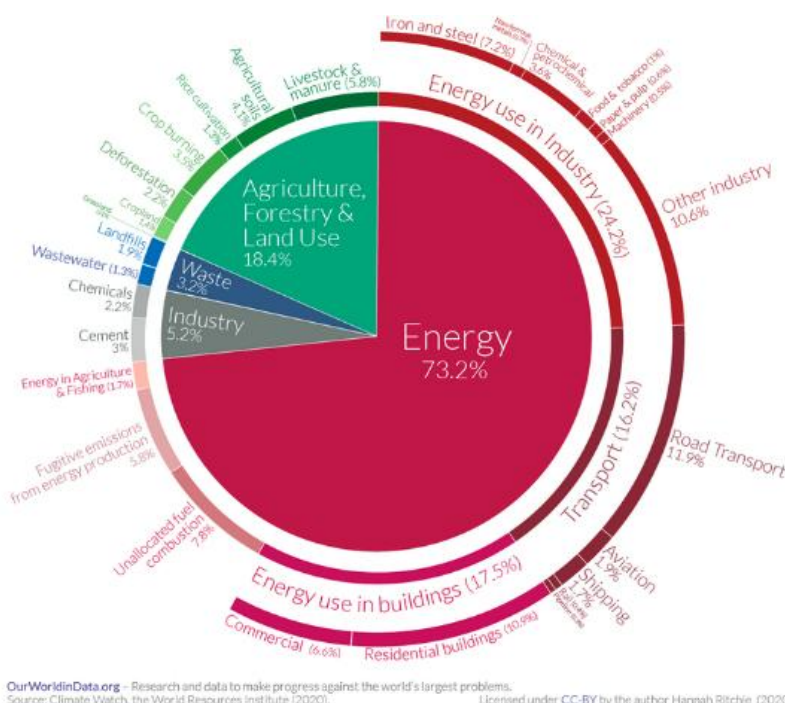


Figura 13 Distribuzione delle emissioni globali di CO₂ (Fonte: Our World in Data);

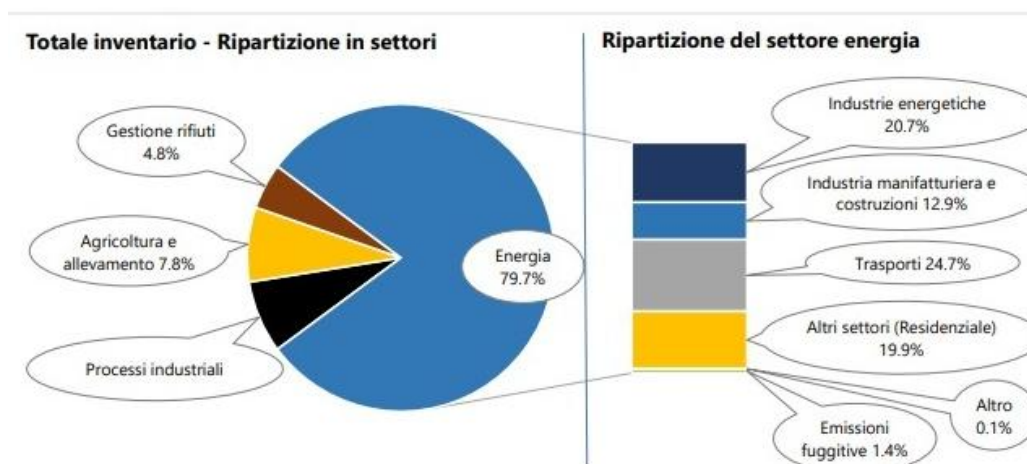


Figura 14 Emissioni italiane per settore (Fonte: ISPRA, Inventario Nazionale Gas Serra 2023)

L'industria contribuisce per circa il 30% (24,2% energia + 5,3% processo) alle emissioni globali di CO₂. La suddivisione approssimativa delle emissioni industriali globali in EU è la seguente: acciaio 22%, cemento, calce e gesso 22%, raffinerie 19%, petrolchimico 8%, carta e cellulosa 4%, altri settori manifatturieri 25%.

L'Italia è il **secondo paese manifatturiero europeo** dopo la Germania e presenta un mix industriale fortemente diversificato. Secondo ISPRA (2023)³⁷, le emissioni dirette del settore industriale nazionale

³⁷ [Le emissioni in atmosfera. Focus sul settore industriale — Italiano](#) ISPRA

ammontano a circa **77 MtCO₂e**, in calo del 35% rispetto al 1990, ma ancora insufficienti rispetto agli obiettivi del *Fit for 55*³⁸.

5.2.1 Settori industriali a maggiore impatto climatico

L'industria — chimica; metalli di base; minerali non metallici; pasta di legno, carta e stampa - rappresenta, come detto, il settore più difficile da decarbonizzare. Questi comparti condividono caratteristiche comuni:

- elevato consumo energetico (elettrico e termico);
- uso intensivo di combustibili fossili (carbone, gas, petrolio);
- emissioni di processo difficilmente eliminabili;
- infrastrutture rigide e costose da riconvertire.

Tuttavia, proprio qui si gioca la partita decisiva per la transizione climatica. Secondo l'**International Energy Agency (IEA, Net Zero by 2050, 2023 Update)**³⁹, il raggiungimento della neutralità climatica globale richiede che le emissioni industriali si riducano del **90% entro il 2050**, attraverso tecnologie mature, emergenti e sistemi integrati di innovazione. Di seguito si prendono in esame i settori HtA e si introducono le tecnologie di decarbonizzazione (ovvero di *defossilizzazione*), che saranno trattate nel prossimo paragrafo.

Acciaio

Il settore siderurgico è uno dei più energivori al mondo, responsabile di circa **2,6 miliardi di tonnellate di CO₂/anno**. Il 75% delle emissioni deriva dall'uso del carbone nei forni ad altoforno. Le strategie di mitigazione includono la sostituzione del carbone con **idrogeno verde (H₂-DRI)**, l'aumento del riciclo tramite forni elettrici ad arco, la cattura e stoccaggio del carbonio (CCUS).

Cemento

Responsabile di circa **2,3 miliardi di tonnellate di CO₂** (≈7% globale). Oltre alla combustione, il processo di calcinazione del calcare libera CO₂ intrinseca. Le innovazioni principali includono l'uso di **clinker alternativi** (es. geo polimeri, calcare argilloso), la co-combustione di biomasse, ed il ricorso a tecnologie di **carbon capture e mineralizzazione**⁴⁰.

Chimica e petrolchimica

Le industrie chimiche emettono circa **1,7 miliardi di tonnellate di CO₂**, legate soprattutto a produzione di ammoniaca, etilene e metanolo. Le traiettorie di decarbonizzazione si basano su l'elettificazione dei processi, il riciclo chimico della plastica, l'utilizzo di *feedstock bio-based*, l'uso di idrogeno verde per la produzione di fertilizzanti.

Carta e cellulosa

Il settore *pulp & paper* ha una duplice natura: è energivoro, ma anche un potenziale **serbatoio di carbonio** grazie alla gestione forestale sostenibile. Le strategie chiave sono l'efficienza energetica e uso di biomassa di scarto, il recupero del calore, la sostituzione di fibre vergini con riciclate, la gestione forestale rigenerativa. L'esempio di **Stora Enso**⁴¹, che utilizza solo foreste certificate FSC e reinveste nel ripristino ecologico può essere preso ad esempio; inoltre traccia le emissioni **indirette** lungo la **catena del valore**, come quelle dei fornitori o l'uso dei prodotti.

³⁸ [Pacchetto "Pronti per il 55%": attuazione delle proposte - Commissione europea](#)

³⁹ Net Zero Roadmap A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach 2023 Update, IEA -2024

⁴⁰ [CarbonCure's Sustainable Concrete Solution - Concrete Technology Reducing Carbon Impact](#) : reintegra CO₂ nei materiali cementizi solidificandola.

⁴¹ [Annual Report - Investors | Stora Enso](#)

5.2.2 Innovazione come leva di mitigazione: strategie e metodi

La riduzione delle emissioni industriali non è solo una questione ambientale, ma una **strategia competitiva**. Le aziende che investono in tecnologie pulite, automazione, *digital twin* e AI per l'ottimizzazione dei processi ottengono vantaggi misurabili in termini di efficienza, reputazione e accesso a capitali sostenibili (green bond, fondi ESG)⁴², come vedremo nel seguito.

Tradizionalmente, **l'industria europea delle EII è stata all'avanguardia per quanto riguarda la qualità, l'innovazione, le tecnologie verdi e la loro diffusione**. Gli elevati livelli di ricerca e innovazione nell'UE hanno permesso alle aziende di aumentare la differenziazione dei prodotti. Ad esempio, le aziende europee sono tradizionalmente forti nei settori dell'acciaio di alta qualità e dei prodotti chimici speciali. La forza nella ricerca e nell'innovazione, così come la qualità delle infrastrutture nell'UE, hanno attenuato in qualche misura gli svantaggi di costo nelle EII, soprattutto grazie al miglioramento dell'efficienza energetica e al riciclo delle materie prime. Le aziende europee hanno infatti sostenuto costi iniziali significativi per guidare lo sviluppo e la diffusione di soluzioni innovative di abbattimento.

L'innovazione riguarda diverse "tecnologie climatiche", come vedremo nel seguito della presente nota.

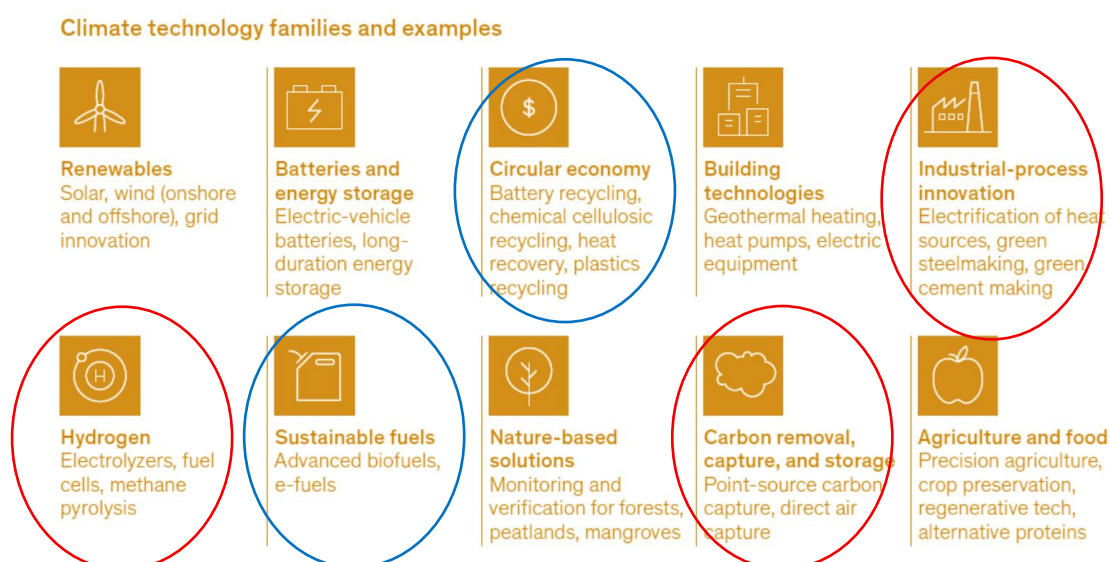


Figura 15 Dieci famiglie di tecnologie climatiche possono svolgere un ruolo importante nella mitigazione delle emissioni di carbonio (fonte: McKinsey)

Nella **Figura**, che riporta le dieci famiglie di tecnologie climatiche per la mitigazione delle emissioni di carbonio, sono evidenziate le classi di tecnologie che direttamente (in rosso) e indirettamente (in blu) possono contribuire alla decarbonizzazione industriale.

⁴² I green bond sono obbligazioni che raccolgono fondi per finanziare progetti con impatto ambientale positivo (es. energie rinnovabili), mentre i fondi ESG (Environmental, Social, Governance) sono fondi di investimento che selezionano aziende basandosi su criteri di sostenibilità ambientale, sociale e di buon governo, come vedremo in seguito

Box 2 – Le opportunità economiche della decarbonizzazione industriale

Secondo McKinsey (2024)⁴³, la transizione energetica potrebbe generare oltre 10.000 miliardi di euro di investimenti globali entro il 2050.

Per le imprese industriali, ciò si traduce in:

- nuovi mercati (idrogeno, materiali a basse emissioni, biochimica),
- maggiore efficienza operativa,
- accesso facilitato a finanziamenti “verdi”,
- riduzione dei rischi normativi e reputazionali.

Innovazione nei processi industriali

La prima e più immediata strategia di decarbonizzazione è l'**efficienza energetica**: implementando tecnologie digitali e ottimizzando i processi, le aziende possono ottenere significativi risparmi energetici, ridurre gli sprechi e preservare le risorse. D'altra parte, l'**elettificazione**, ovvero la conversione dei processi termici basati su combustibili fossili in sistemi elettrici alimentati da rinnovabili riduce drasticamente le emissioni **Scopo 1 e 2** (vedi par. 3.1). Alcuni esempi applicativi sono i forni elettrici ad arco (acciaio da rottame), le pompe di calore industriali, l'essiccazione elettrica ad alta temperatura (pulp & paper).

In Europa, l'elettificazione industriale è sostenuta da programmi come **REPowerEU**⁴⁴ e **Innovation Fund**⁴⁵, con finanziamenti per retrofit di impianti e sviluppo di reti energetiche intelligenti.

Box 3 – Il potenziale dell'elettificazione

L'elettificazione diretta può coprire fino al **40% dei consumi termici industriali** entro il 2040 (IEA, 2024).

In Italia, la sostituzione di caldaie a gas con pompe di calore industriali ridurrebbe circa **6 MtCO₂/anno**.

Le barriere principali restano il costo dell'elettricità e la disponibilità di rete.

Idrogeno verde: vettore della decarbonizzazione pesante

Anche l'idrogeno verde, prodotto tramite elettrolisi alimentata da fonti rinnovabili, rappresenta una delle soluzioni più promettenti per ridurre le emissioni industriali difficilmente eliminabili. Può sostituire carbone e gas in processi ad alta temperatura o fungere da materia prima per la chimica verde.

In Europa sono attivi numerosi progetti *gigafactory* per elettrolizzatori e reti H₂-ready, come **Hy2Tech**⁴⁶ e **Hydrogen Backbone Initiative**⁴⁷.

Le applicazioni principali sono la riduzione diretta del minerale di ferro (H₂-DRI); la produzione di ammoniaca e metanolo; la combustione pulita nei cementifici e vetrerie. Alcuni esempi:

- **HYBRIT (Svezia)**⁴⁸, partnership tra SSAB, LKAB e Vattenfall, produce acciaio a basse emissioni e costituisce il primo esempio al mondo di acciaio prodotto con idrogeno verde, con riduzione del 95% delle emissioni.
- **Acciaierie d'Italia**: in fase di studio per sostituzione del gas con H₂ nei forni DRI.⁴⁹
- **Enel Green Power**: sviluppo di impianti per la produzione di idrogeno verde a Priolo Gargallo e Catania.⁵⁰

⁴³ McKinsey: *Global Energy Perspective 2024*, September 2024

⁴⁴ [REPowerEU](#)

⁴⁵ [Innovation Fund - Climate Action - European Commission](#)

⁴⁶ [IPCEI Idrogeno 2 \(H2 Industry\)](#)

⁴⁷ The European Hydrogen Backbone (EHB) initiative | EHB European Hydrogen Backbone

⁴⁸ [HYBRIT® – A new revolutionary steelmaking technology - SSAB](#)

⁴⁹ [Acciaierie d'Italia in AS: Il rigassificatore necessario per alimentare il piano di decarbonizzazione | IT](#)

⁵⁰ [Acciaierie di Sicilia ed Enel Green Power, intesa per l'idrogeno verde](#)

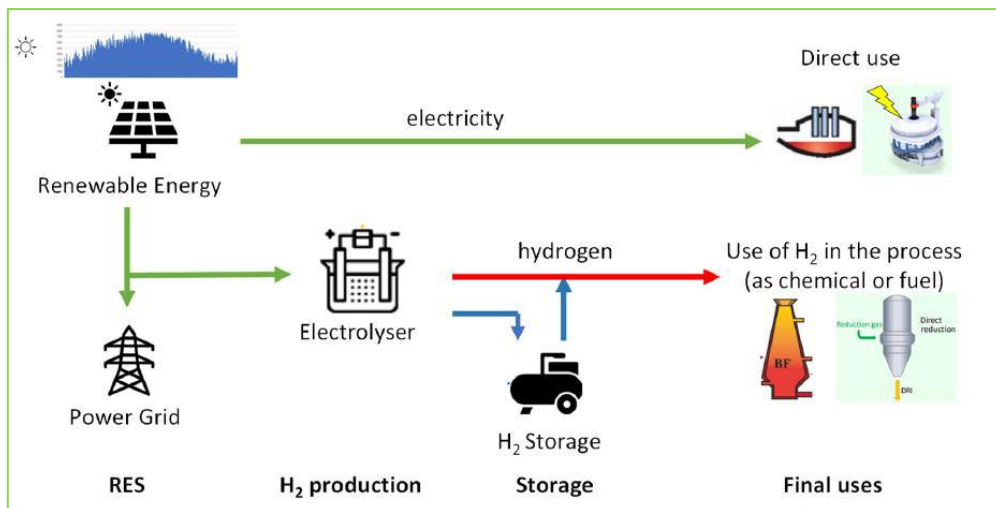


Figura 16 Il complesso percorso per l'introduzione delle energie rinnovabili nei settori ad alta intensità energetica

CCUS – Cattura, Utilizzo e Stoccaggio del Carbonio

La tecnologia **CCUS (Carbon Capture, Utilization and Storage)** è cruciale per i processi che emettono CO₂ come sottoprodotto inevitabile, come la calcinazione del cemento o la produzione di ammoniaca.

Le tecnologie di cattura si differenziano in **post-combustione**, separazione della CO₂ dai fumi, e **pre-combustione**, cattura prima della combustione (es. reforming metano). Per quanto riguarda l'**utilizzo**, si tratta di convertire la CO₂ in prodotti utili (carburanti sintetici, carbonati, plastica). Infine, lo **stoccaggio** rappresenta il destino finale della CO₂ in giacimenti geologici o saline.

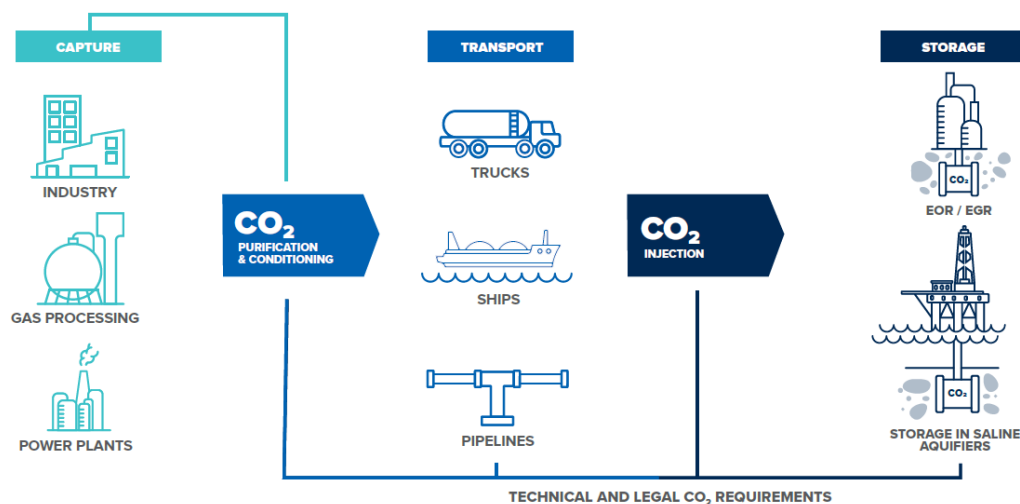


Figura 17 Carbon Capture & Storage – Diagramma concettuale – Fonte: The global CCS

L'UE è all'avanguardia a livello mondiale nelle tecnologie di cattura del carbonio (oltre la metà degli investimenti globali nel 2023). Tuttavia, deve far fronte a barriere che ostacolano l'effettiva espansione di questo segmento. Ciò è dovuto, almeno in parte, alla necessità di mettere in sicurezza i siti di stoccaggio della CO₂ e le infrastrutture di trasporto. Tra i progetti europei che coinvolgono il settore industriale, si possono citare:

- **Northern Lights (Norvegia)**⁵¹: infrastruttura transfrontaliera per il trasporto e stoccaggio di CO₂ nel Mare del Nord. L'inizio delle operazioni è previsto per il 2025, con i primi volumi in arrivo dallo stabilimento di cemento di Heidelberg Materials a Brevik.
- **Porthos (Olanda)**⁵²: stoccaggio di CO₂ industriale nei giacimenti offshore di Rotterdam. Porthos raccoglierà l'anidride carbonica di industrie quali Air Liquide, Air Products, ExxonMobil e Shell.

Box 4 – CCUS: potenzialità e limiti⁵³

Vantaggi:

- Permette di ridurre fino al 95% delle emissioni di processo.
- Applicabile anche a impianti esistenti (*retrofit*).

Limiti:

- Costi elevati (50–120 €/tCO₂).
- Necessità di infrastrutture di trasporto e stoccaggio.
- Accettabilità sociale e regolatoria.

Bioenergia e biocarburanti

Bioenergia e biocarburanti contribuiscono alla decarbonizzazione industriale producendo energia e combustibili da biomasse, come da rifiuti e scarti, al posto dei combustibili fossili. In particolare, il biogas prodotto dalla fermentazione di residui organici può generare elettricità e calore, mentre i biocarburanti (come bioetanolo e biodiesel) possono essere usati nei trasporti e nell'industria, riducendo le emissioni di gas serra rispetto ai carburanti tradizionali.

Per essere efficaci, le bioenergie devono provenire da materie prime sostenibili, come sottoprodotti e rifiuti, evitando la competizione con le colture alimentari e riducendo al contempo l'impatto ambientale.

Nell'industria "*hard-to-abate*", la bioenergia, sotto forma di biometano, può sostituire i combustibili fossili nei processi di produzione ad alta temperatura, come nel caso di cementifici e vetrerie.

Altri esempi includono l'uso di biomassa per produrre calore o elettricità e, seppur con limitazioni, l'impiego di biocarburanti avanzati o biomasse in raffinazione e chimica. Nel settore cartario si possono citare gli esempi:

- **Burgo Group**: percorso verso stabilimenti "*carbon-neutral*" con energia termica da **biomasse legnose/residui di processo** e fotovoltaico; comunicano esplicitamente l'uso di biomassa del legno e di calore da lavorazioni cellulose⁵⁴.
- **Cartiere di Guarcino (FR)**: lo stabilimento dichiara autoproduzione elettrica/termica con **cogenerazione alimentata a biomasse** (sottoprodotti di origine animale)⁵⁵.

5.2.3 Economia circolare nell'industria

Il diagramma "a farfalla" della Ellen MacArthur Foundation⁵⁶ (**Figura 17**) è un modello che illustra i flussi di materiali in un'economia circolare, distinguendo tra un ciclo biologico (materiali biogenici) e un ciclo tecnico (prodotti, componenti). L'obiettivo è mantenere i materiali in uso il più a lungo possibile attraverso il riutilizzo, la riparazione e il riciclo, seguendo i principi di eliminare sprechi, mantenere in uso prodotti e materiali, e

⁵¹ [Northern Lights](#)

⁵² [Project - Porthos](#)

⁵³ Defossilizing Industry: Considerations for Scaling-up Carbon Capture and Utilization Pathways White Paper September 2025 WEF World Economic Forum

⁵⁴ [Green paper mills and bio-fuel plants: Burgo Group's projects for a progressive decarbonization | Burgo Group](#). [Burgo Group](#)

⁵⁵ [wow.area.pi.cnr.it](#)

⁵⁶ Leading the Transition to a Circular Economy | Ellen MacArthur Foundation

rigenerare i sistemi naturali. Per l'industria ad alta intensità energetica il concetto di circolarità si concretizza con le seguenti azioni:

- **Usare meno:** ovvero efficienza nell'uso delle materie prime, ottimizzazione della produzione per ridurre scarti e consumi.
- **Usare più a lungo:** ad esempio manutenzione, retrofit, riuso di componenti, *remanufacturing*.
- **Usare di nuovo:** riciclaggio di alta qualità/circuiti chiusi, valorizzazione dei sottoprodotti, simbiosi industriale.
- **Rigenerare gli input:** materie prime biogeniche/secondarie, riciclo/riutilizzo di acqua e solventi, i nutrienti.
- **Recuperare:** calore di scarto, gas ed energia residua come ultimo passaggio.

Le leve trasversali (*cross-cutting*) sono costituite dalla disponibilità di materie prime seconde (rottami, cullet vetro, scorie, ceneri, argille calcinabili) e di standard e specifiche che ne abilitano l'uso, la chiusura dei cicli di servizi (acqua, solventi, refrigeranti) e recupero calore, il controllo qualità/sorting avanzato (passaporti di prodotto digitali⁵⁷, spettroscopia, controllo qualità supportato da AI) e dalla *simbiosi industriale* (uno scarto diventa input per un altro impianto), come vedremo nei prossimi capitoli.

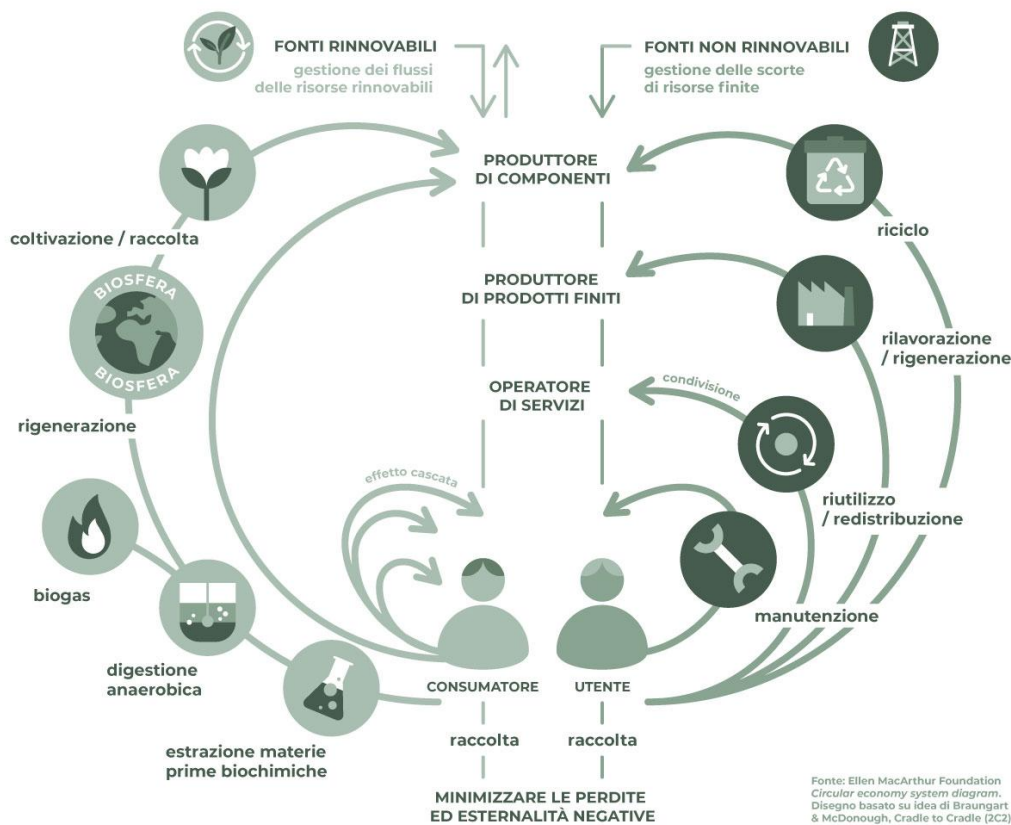


Figura 18 Dal paradigma lineare al rigenerativo (Fonte: Ellen MacArthur Foundation, 2024)

⁵⁷ Regolamento UE 2024/1781

Box 5: Confronto tra strategie di decarbonizzazione

Settore	Tecnologia chiave	Riduzione potenziale CO ₂	Maturità tecnologica (TRL) ⁵⁸
Acciaio	H ₂ -DRI	95%	7–8
Cemento	CCUS + clinker alternativi	80%	6–8
Chimica	Elettificazione e biofeedstock	70%	7
Pulp & Paper	Biomassa e recupero calore	50%	9

La simbiosi industriale: dal rifiuto alla risorsa

La **simbiosi industriale** è una delle forme più avanzate di economia circolare applicata. Consiste nello scambio di risorse, energia, acqua e materiali tra imprese diverse situate in prossimità geografica, al fine di integrare le produzioni, ridurre i rifiuti e migliorare la competitività.

D'altra parte, un sistema industriale rigenerativo richiede **governance multi-attore**: imprese, enti pubblici, università, comunità locali. Questo approccio consente:

- la condivisione di infrastrutture (reti idriche, energetiche, digitali),
- la co-progettazione di soluzioni ambientali,
- la nascita di **poli di innovazione territoriale (Circular Biohubs)**.

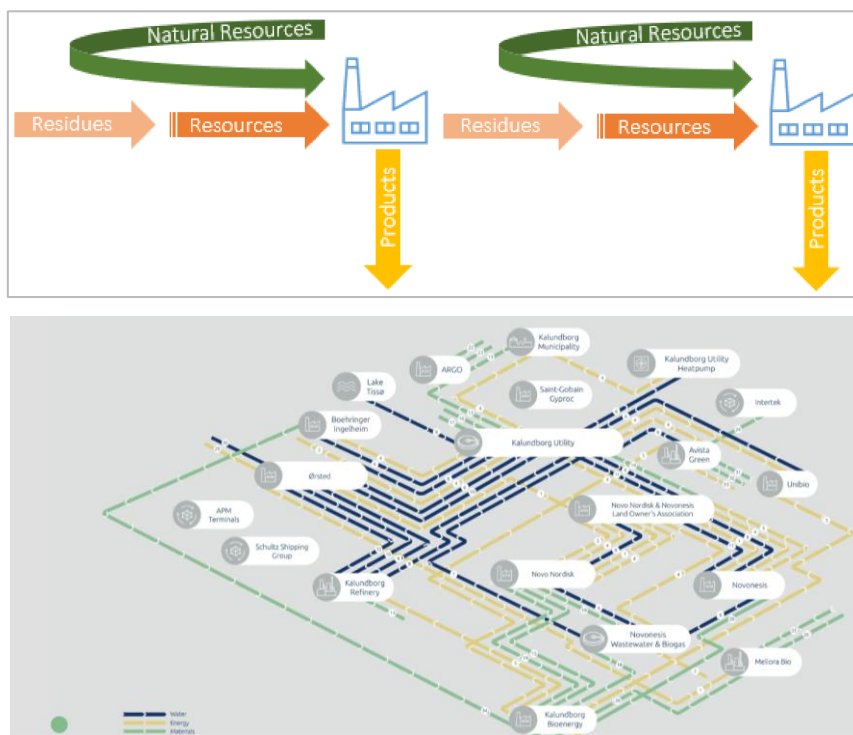


Figura 19 Schema operativo di simbiosi industriale territoriale:
a) flussi di energia, acqua e materiali tra imprese vicine; b) il caso Kalundborg

Esempi italiani:

⁵⁸ TRL sta per Technology Readiness Level (Livello di Maturità Tecnologica) e si riferisce a un sistema di valutazione del grado di maturità di una tecnologia. Si tratta di una scala da 1 a 9 che descrive le varie fasi dello sviluppo, da un'idea di base (TRL 1) a un sistema pienamente operativo e pronto per il mercato (TRL 9). Questo strumento è utilizzato in ambito ricerca e sviluppo (R&S) per valutare e pianificare il progresso tecnologico e l'allocazione delle risorse, come ad esempio nei programmi di finanziamento europei.

Ravenna Circular District

È considerato uno dei casi pilota italiani più avanzati per la costruzione di un distretto circolare multi-impresa. Attori principali: Versalis (gruppo Eni)⁵⁹, Herambiente, Marcegaglia, imprese chimiche e portuali.

Tipologia di simbiosi:

- Recupero di vapore e calore di processo tra impianti chimici e centrali energetiche;
- Utilizzo di fanghi e residui per produzione di biometano e compost;
- Integrazione tra impianti di trattamento acque reflue industriali e depuratori civili.

Governance: Progetto "SMILE – Simbiosi Industriale Ravenna"⁶⁰, coordinato da CNA Ravenna e Regione Emilia-Romagna.

Porto Marghera – Veneto

Attori principali: Versalis, Syndial (Eni Rewind), aziende chimiche e metallurgiche.

Tipologia di simbiosi:

- Recupero di CO₂, vapore e acque reflue industriali;
- Riutilizzo di aree e infrastrutture industriali dismesse (*brownfield regeneration*);
- Produzione di biocarburanti e chimica verde da scarti e oli vegetali esausti.

Progetto chiave: Green Refinery di Eni – la prima raffineria europea riconvertita a biocarburanti.

Note: Rappresenta una forma di "simbiosi evolutiva" in cui la rigenerazione industriale si intreccia con la decarbonizzazione

5.2.4 Le sinergie tra tecnologia e governance

Il settore industriale, in particolare le industrie ad alta intensità energetica (EII), pur essendo responsabile di una quota rilevante delle emissioni globali, è anche **il principale attore del cambiamento strutturale** verso un'economia decarbonizzata. Il passaggio chiave è culturale: **l'industria non deve più limitarsi a ridurre l'impatto, ma a creare valore rigenerativo**, contribuendo attivamente alla stabilità climatica del pianeta. Le tecnologie, come visto, esistono e sono pronte per la scalabilità: idrogeno verde, CCUS, elettrificazione, innovazione digitale, nuovi materiali. La sfida non è più solo tecnica, ma **sistemica** — integrare innovazione, governance e finanza verde in una visione unica. La prossima frontiera sarà passare dalla **decarbonizzazione** alla **rigenerazione**, dove i processi industriali non solo riducono le emissioni, ma **restituiscono valore ecologico** agli ecosistemi.

D'altra parte, la trasformazione tecnologica non può avvenire in assenza di politiche pubbliche e strumenti economici abilitanti, trasparenti e duraturi. L'UE, nell'ambito del Green Deal⁶¹, ha introdotto diverse misure chiave, come l'**EU ETS (Emission Trading System)**⁶², **CBAM (Carbon Border Adjustment Mechanism)**⁶³, **Net Zero Industry Act (2023)**⁶⁴. Il **Clean Industrial Deal**⁶⁵ e il pacchetto legislativo "Fit for 55", sono strumenti

⁵⁹ [CCS Eni-Snam: advantage for the territory](#)

⁶⁰ [SMILE Percorsi di simbiosi industriale e economia circolare a Ravenna - CNA Ravenna](#)

⁶¹ [Il Green Deal europeo - Commissione europea](#)

⁶² [EU Emissions Trading System \(EU ETS\) - Climate Action - European Commission](#) riduzione dei permessi di emissione e aumento del carbon price (>80 €/t nel 2025).

⁶³ [Carbon Border Adjustment Mechanism - Taxation and Customs Union](#) tassa di frontiera per prodotti importati ad alta intensità di carbonio.

⁶⁴ [The Net-Zero Industry Act](#): sostegno alle tecnologie verdi strategiche (idrogeno, CCUS, batterie, pompe di calore).

⁶⁵ [Clean Industrial Deal - European Commission](#) *Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo*, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni Il patto per l'industria pulita: una tabella di marcia comune verso la competitività e la decarbonizzazione. Feb.2025

chiave per orientare e sostenere la transizione, puntando a una riduzione del 55% delle emissioni entro il 2030 e del 90% entro il 2040, come comunicato dalla Commissione Europea.

La roadmap tecnologica UE per la decarbonizzazione si basa sul raggiungimento della neutralità climatica entro il 2050 e prevede l'adozione di un mix energetico basato su rinnovabili e nucleare, miglioramento dell'efficienza energetica, digitalizzazione del sistema energetico e utilizzo di tecnologie di cattura e stoccaggio del carbonio (CCS).

Sarà anche necessario aumentare il livello di coordinamento tra le molteplici politiche che hanno un impatto sull'industria (ad esempio, energia, clima, ambiente, commercio, circolarità e crescita).

In quest'ottica, il tema centrale dei prossimi capitoli, dedicati alla **governance ESG**, alla **CSRD** e all'Industria **Rigenerativa 5.0**.

5.3 ESG, CSRD e doppia materialità

La transizione climatica dell'industria non può prescindere da una rivoluzione parallela nella **governance aziendale**. Negli ultimi anni, il concetto di **ESG (Environmental, Social, Governance)** si è evoluto da semplice metrica di valutazione etica a **quadro operativo** per l'integrazione della sostenibilità nei modelli di business. La sostenibilità non è più "un costo", ma un **fattore di competitività**, attrazione di capitali e resilienza.

Il passaggio decisivo è avvenuto con l'entrata in vigore della **Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD)**⁶⁶ nel 2023, che ha introdotto nuovi obblighi di rendicontazione e un linguaggio comune per la sostenibilità aziendale in Europa.

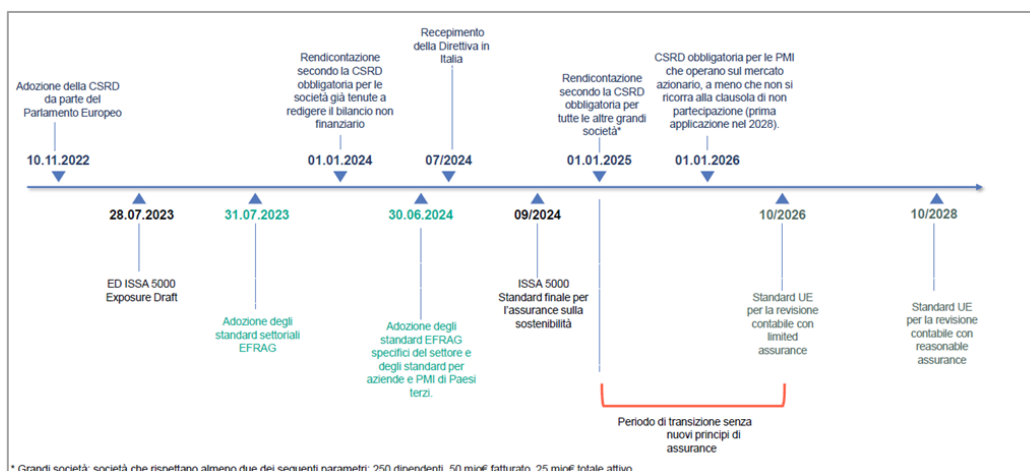


Figura 20 Evoluzione normativa della rendicontazione di sostenibilità in Europa (2014–2024) e timeline del reporting di sostenibilità (Commissione Europea, 2024)

⁶⁶ [Corporate sustainability reporting - Finance - European Commission](#)

La CSRD amplia e rafforza la precedente NFRD⁶⁷ in quattro dimensioni chiave:

- **Obbligatorietà estesa** – da 12.000 a oltre **50.000 imprese europee**.
- **Doppia materialità** – impatti *inside-out* e *outside-in*.
- **Standardizzazione** – adozione degli **ESRS (European Sustainability Reporting Standards)**⁶⁸ elaborati da **EFRAG**⁶⁹.
- **Verifica e digitalizzazione** – obbligo di **assurance esterna** e pubblicazione in formato digitale *machine readable* (XBRL).

Il principio cardine è la **doppia materialità**, che obbliga le imprese a valutare e comunicare sia **gli impatti ambientali e sociali delle proprie attività** (materialità d'impatto), sia **i rischi e le opportunità che i cambiamenti ambientali esercitano sull'impresa** (materialità finanziaria).

Box 6 – La doppia materialità in pratica: focus su cambiamento climatico

Dimensione	Domanda chiave	Esempi industriali
Materialità d'impatto (Inside-Out)	In che modo l'impresa contribuisce al cambiamento climatico?	Emissioni <i>Scope 1, 2, 3</i> di un cementificio; deforestazione legata alla supply chain di cellulosa per la carta
Materialità finanziaria (Outside-In)	Come il cambiamento climatico influisce sull'impresa?	Alluvione che interrompe la produzione o nuove tasse sul carbonio (CBAM)

Implicazione: le imprese devono gestire entrambi gli assi in modo integrato, collegando obiettivi climatici, rischi finanziari, strategia industriale e pianificazione economica

5.3.1 Gli standard ESRS e il caso del clima (ESRS E1)

Gli **ESRS (European Sustainability Reporting Standards)** definiscono i criteri tecnici per la rendicontazione.

I 12 standard ESRS sono suddivisi in tre aree (Figura 9):

- **E – Ambientali (E1 Clima, E2 Inquinamento, E3 Acqua, E4 Biodiversità, E5 Risorse)**
- **S – Sociali (lavoratori, comunità, diritti umani)**
- **G – Governance (pratiche etiche, controllo, anticorruzione)**

Tra questi, l'**ESRS E1 – Climate Change** è lo standard cardine per sostenibilità al cambiamento climatico. Gli **obiettivi principali** di ESRS E1 sono da una parte quelli di misurare e ridurre le emissioni di gas serra e valutare la resilienza del modello di business agli scenari climatici e dall'altra di predisporre piani di transizione coerenti con l'Accordo di Parigi, dimostrando la coerenza tra strategia aziendale e le politiche europee sul clima. Vediamo quali sono gli **indicatori**:

1. **Emissioni di gas serra:** Le emissioni Scope 1, 2 e 3 sono categorie standardizzate dal *Greenhouse Gas Protocol*⁷⁰ per classificare le emissioni di gas serra di un'azienda, dove **Scope 1** comprende le emissioni **dirette** (es. emissioni da combustibili per la produzione di energia, veicoli propri), **Scope 2**

⁶⁷ Non Financial reporting Directive: Direttiva 2014/95/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 22 ottobre 2014, recante modifica della direttiva 2013/34/UE per quanto riguarda la comunicazione di informazioni di carattere non finanziario e di informazioni sulla diversità da parte di talune imprese e di taluni gruppi di grandi dimensioni

⁶⁸ [Amended ESRS | EFRAG](#) Gli European Sustainability Reporting Standards (ESRS) forniscono alle aziende un quadro di riferimento per la rendicontazione dei temi [ambientali, sociali e di governance \(ESG\)](#). I 12 standard sono stati redatti dall'European Financial Reporting Advisory Group (EFRAG) e devono essere utilizzati da tutte le società soggette alla [Corporate Sustainability Reporting Directive \(CSRD\)](#). Essi specificano le informazioni che un'organizzazione deve divulgare in merito ai propri impatti materiali, ai rischi e alle opportunità che riguardano i temi della sostenibilità. Gli ESRS sono stati adottati come atto delegato dalla Commissione europea nel luglio 2023, dopo l'entrata in vigore della CSRD a gennaio.

⁶⁹ [Europe's Voice in Corporate Reporting | EFRAG; Sustainability reporting | EFRAG](#)

⁷⁰ [Homepage | GHG Protocol](#)

le emissioni **indirette** dall'energia acquistata (es. elettricità), e **Scope 3** emissioni lungo la catena del valore (obbligatorie per le imprese medio-grandi) (Figura 10).

2. **Intensità emissiva/impronta del carbonio:** CO₂ equivalente per unità di prodotto o fatturato. La "carbon footprint" è la quantità totale di gas serra, misurata in tonnellate di CO₂ equivalente, emessa direttamente o indirettamente da un prodotto, un servizio, un'organizzazione.
3. **Piano di transizione climatica:** si devono indicare gli obiettivi di riduzione (net-zero target, milestone intermedie), la percentuale di CAPEX e OPEX allineata alla transizione e la coerenza con gli scenari 1,5 °C (IPCC/IEA).
4. **Rischi e opportunità climatiche** ovvero una analisi dei rischi fisici (eventi estremi, disponibilità idrica), dei rischi di transizione (carbon tax, evoluzione normativa) e delle opportunità legate all'innovazione, ai nuovi prodotti, ai mercati "verdi".

GOVERNANCE		SOCIAL		
ESRS G1 Condotta Aziendale	ESRS S1 Forza lavoro propria	ESRS S2 Lavoratori della catena del valore	ESRS S3 Comunità interessate	ESRS S4 Consumatori e utenti finali
7 Obblighi di divulgazione	18 Obblighi di divulgazione	6 Obblighi di divulgazione	6 Obblighi di divulgazione	6 Obblighi di divulgazione
53 Punti di riferimento	202 Punti di riferimento	72 Punti di riferimento	71 Punti di riferimento	70 Punti di riferimento
ENVIRONMENT				
ESRS E1 Cambiamento climatico	ESRS E2 Inquinamento	ESRS E3 Acqua e risorse marine	ESRS E4 Biodiversità e ecosistemi	ESRS E5 Risorse ed economia circolare
12 Obblighi di divulgazione	7 Obblighi di divulgazione	6 Obblighi di divulgazione	8 Obblighi di divulgazione	7 Obblighi di divulgazione
220 Punti di riferimento	68 Punti di riferimento	48 Punti di riferimento	120 Punti di riferimento	84 Punti di riferimento

Figura 21 Struttura degli ESRS (E1–E5, S1–S4, G1)

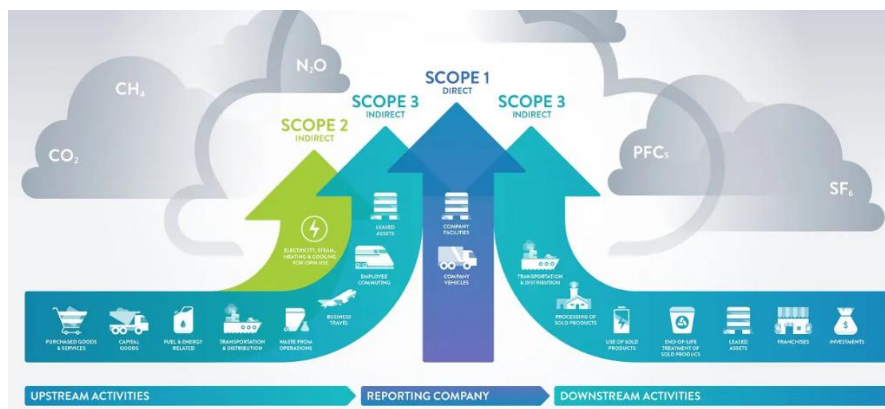


Figura 22 Ambiti di applicazione del Protocollo GHG ed emissioni lungo la catena del valore

Box 7 – Le emissioni Scope 1, 2 e 3 nel sistema industriale

Categoria	Definizione	Esempi pratici
Scope 1	Emissioni dirette da fonti possedute o controllate	Combustione nei forni, caldaie, veicoli aziendali
Scope 2	Emissioni indirette da energia acquistata	Elettricità, calore o vapore acquistati
Scope 3	Emissioni indirette nella catena del valore	Materie prime, logistica, uso e fine vita dei prodotti

Importanza: Lo *Scope 3* rappresenta spesso oltre il 70% delle emissioni totali di un'azienda produttiva, rendendo necessaria una collaborazione di filiera per una rendicontazione accurata (CSRD – ESRS E1, 2023).

Box 8 – Esempi di KPI climatici per la rendicontazione CSRD/ESRS E1

KPI	Descrizione	Obiettivo 2030
Emissioni Scope 1 e 2 (tCO ₂ e)	Emissioni dirette	-40% rispetto al 2018
Emissioni Scope 3 (tCO ₂ e)	Emissioni indirette	-25%
Energia rinnovabile (%)	Quota energia pulita utilizzata	≥70%
Intensità CO ₂ per prodotto	CO ₂ e/unità di prodotto	-30%
CAPEX verde (%)	Investimenti in progetti di decarbonizzazione	≥50%

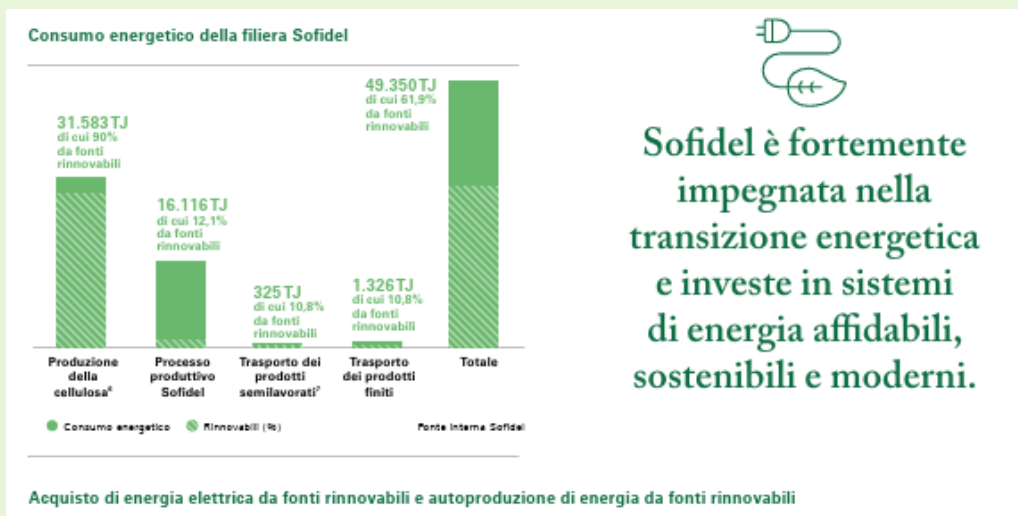
Vediamo alcuni esempi di come le imprese integrano ESRS E1.

Box 9: Sofidel, leader mondiale nella produzione di carta tissue per uso igienico e domestico. Report integrato 2024⁷¹

“Nel 2020 Sofidel stabilisce i primi obiettivi pubblici di decarbonizzazione approvati dall’organizzazione internazionale Science Based Targets Initiative (SBTi). Tali obiettivi di medio termine prevedono:

- una riduzione delle emissioni di scope 1, 2 e scope 3 (per il solo processo di produzione della pasta di legno dei fornitori) del 40% per tonnellata di carta entro il 2030 rispetto all’anno base 2018;
- una riduzione delle emissioni di CO₂ di scope 3, pari al 24% per tonnellata di carta entro il 2030 rispetto all’anno base 2018. Il perimetro dell’obiettivo include le emissioni biogeniche e gli assorbimenti di carbonio derivanti dall’impiego di energia per la manifattura delle materie prime fibrose.

Alla fine del 2023 Sofidel ha fatto un altro passo in avanti impegnandosi a fissare un obiettivo di lungo termine basato sulla scienza per raggiungere l’azzeramento delle emissioni di gas serra dell’intera catena del valore entro il 2050, secondo le linee guida “SBTi Net-Zero⁷²” e a sottoporlo alla convalida di tale organizzazione entro la fine del 2025”



⁷¹ [Report integrato 2024 - Sofidel](#)

⁷² [The Corporate Net-Zero Standard - Science Based Targets Initiative](#): ScBTi develops the standards, tools, and guidance which enable companies and financial institutions worldwide to take credible, science-based climate action

Emissioni di CO₂

2024	2023	2022
Scope 1 ^a 616.102 t	Scope 1 562.146 t	Scope 1 585.811 t
Scope 2 ^a - Market Based 319.806 t	Scope 2 - Market Based 364.945 t	Scope 2 - Market Based 294.662 t
Totale Emissioni CO₂ 935.907 t	Totale Emissioni CO₂ 927.091 t	Totale Emissioni CO₂ 880.473 t
Carbon Intensity 667,9 kg CO ₂ /t carta	Carbon Intensity 734,8 kg CO ₂ /t carta	Carbon Intensity 700,00 kg CO ₂ /t carta
Riduzione (vs 2018) -19,5%	Riduzione (vs 2018) -11,5%	Riduzione (vs 2018) -15,7%

Box 10: Versalis è la società di Eni impegnata nello sviluppo della chimica verde attraverso l'impiego di tecnologie proprietarie e di processi innovativi.

Nel Report di Sostenibilità⁷³ vengono riportati i target intermedi di riduzione delle emissioni: in particolare, rispetto all'anno di riferimento 2018, del 15% per gli Scope 1 e 2 entro il 2025 e del 30% entro il 2035. Questi target a breve e medio termine sono tappe fondamentali per il raggiungimento dell'obiettivo Net Zero* al 2050. Sono state pianificate, inoltre, le azioni per il raggiungimento degli obiettivi: per lo Scope 1, interventi sui processi industriali e in particolare sullo steam-cracking; per lo Scope 2, incremento dell'efficienza degli impianti e utilizzo di energia da fonti rinnovabili; per lo Scope 3, sviluppo di iniziative di economia circolare e chimica da materie prime rinnovabili, prevedendo un diretto coinvolgimento di tutta la rete di fornitori e clienti per incoraggiarli a contribuire alla riduzione delle emissioni.

CORPORATE CARBON FOOTPRINT VERSALIS 2024

Corporate Carbon Footprint Scope 1^a+2^b+3 (MtCO₂eq.)



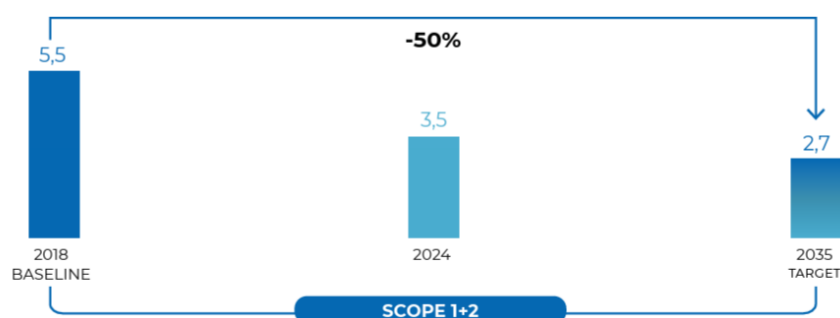
a) Le emissioni GHG Scope 1 considerate sono quelle relative a CO₂, CH₄ e N₂O.
b) Scope 2 calcolato secondo l'approccio market-based.

Scope 1: emissioni dirette derivanti dalle attività aziendali.
Scope 2: emissioni indirette da acquisto di energia.
Scope 3: emissioni indirette associate alle attività lungo l'intera catena del valore.

La rendicontazione delle emissioni GHG è effettuata in conformità con i principali standard internazionali e le best practice di settore. Per maggiori informazioni in merito alle modalità di calcolo e perimetro di rendicontazione delle emissioni Scope 1,2 e 3 [Nota Metodologica](#).

⁷³ Versalis: i target di decarbonizzazione nel nuovo Report di Sostenibilità San Donato Milanese (MI), 20 luglio 2023

TARGET DI RIDUZIONE EMISSIONI GHG SCOPE 1^(a) E 2^(b) (MtCO₂eq.)



a) Le emissioni GHG Scope 1 considerate sono quelle relative a CO₂, CH₄ e N₂O.
b) Scope 2 calcolato secondo l'approccio market-based.

Nel lungo termine, in linea con la strategia di decarbonizzazione di Eni, Versalis si impegna a raggiungere la neutralità carbonica Scope 1, Scope 2 e Scope 3 entro il 2050.

Per quanto riguarda le emissioni indirette (Scope 3), Versalis ha individuato specifiche leve di decarbonizzazione su cui intervenire per raggiungere l'obiettivo al 2050. Il successo di queste azioni richiede una collaborazione continua e sinergica tra tutti gli attori coinvolti. In questo contesto, Versalis svolge un ruolo attivo nella promozione e nello sviluppo di soluzioni innovative, integrate e complementari, che guardano a tutta la filiera. In questa ottica l'economia circolare, la biochimica e gli interventi di transizione energetica rappresentano le principali leve di decarbonizzazione che supportano la strategia di Versalis

5.3.2 La rendicontazione come leva di trasformazione

L'obiettivo della CSRD non è solo migliorare la trasparenza, ma **guidare un cambiamento sostanziale nel modo di operare delle imprese**. Attraverso la misurazione e la *disclosure*, le aziende imparano a gestire la sostenibilità come parte integrante della loro strategia economica, anziché come elemento accessorio. In particolare:

- I dati ESG diventano **base per le decisioni d'investimento** (finanza sostenibile, green bond, tassonomia UE).
- Le imprese più trasparenti attraggono capitale e talenti.
- La gestione del rischio climatico diventa **vantaggio competitivo** e non più mero adempimento.

Box 11 – ESG come valore d'impresa

Secondo il World Economic Forum (2025)⁷⁴, le aziende che integrano criteri ESG nella governance:

- hanno una redditività superiore del 9% rispetto ai competitor;
- riducono del 20% la volatilità dei rendimenti;
- aumentano la fiducia di clienti e stakeholder.

La sostenibilità diventa così un driver economico e reputazionale, non solo etico.⁷⁵

La CSRD e gli standard ESRS rappresentano un punto di svolta epocale: le imprese produttive non sono più solo chiamate a rendere conto del loro impatto ambientale, ma a **dimostrare la coerenza tra strategia, finanza e clima**.

⁷⁴ [The World Economic Forum](#): Il [World Economic Forum](#) (WEF) promuove i criteri ESG (Environmental, Social, Governance) come un modo per creare un nuovo valore d'impresa, trasformando i processi aziendali e le relazioni con gli stakeholder per generare nuove forme di valore economico, sociale e ambientale, andando oltre le tradizionali metriche finanziarie. Il WEF sottolinea come l'adozione di un approccio ESG possa guidare la creazione di valore sostenibile, integrando le tematiche ambientali e sociali nella strategia e nel modello di business dell'azienda.

⁷⁵ [Corporate responsibility makes financial sense. Here's why | World Economic Forum](#)

Il reporting diventa uno **strumento di governance attiva**, capace di orientare innovazione, investimenti e cultura aziendale verso la neutralità climatica.

Nel prossimo capitolo, si esplorerà come questi principi trovino una sintesi evolutiva nel paradigma dell'**Industria Rigenerativa** e **Industria 5.0**, dove tecnologia e natura convergono per generare valore positivo.

5.4 Industria rigenerativa e Industria 5.0

5.4.1 Industria rigenerativa

Negli ultimi trent'anni, il concetto di sostenibilità ha orientato l'evoluzione industriale verso modelli produttivi più efficienti e meno impattanti. Tuttavia, in un contesto globale che ha già superato diversi limiti planetari, la semplice riduzione dei danni non è più sufficiente. È necessario adottare un approccio rigenerativo, capace di contribuire attivamente al ripristino dei sistemi naturali e sociali da cui dipende la resilienza economica.

L'**industria rigenerativa** si basa sull'idea che l'attività produttiva possa generare un impatto netto positivo sugli ecosistemi, contribuendo alla salute del pianeta e al benessere collettivo. Come evidenziato dal **Capital Institute** (*John Fullerton, 2023*)⁷⁶, un'impresa rigenerativa:

- favorisce il ripristino della fertilità dei suoli e della biodiversità,
- rigenera il capitale naturale e sociale,
- promuove la prosperità condivisa,
- si integra nei cicli ecologici, evitando logiche estrattive.

La rigenerazione rappresenta un'evoluzione concettuale della sostenibilità: non si limita a "fare meno danni", ma propone di "fare meglio del necessario", progettando sistemi industriali capaci di restituire più di quanto prelevano. In questo quadro, l'idea di *Regenerative Industry* proposta dal Capital Institute si riferisce a un modello economico in cui le imprese non si limitano a ridurre l'impatto negativo, ma generano attivamente valore ecologico, sociale e culturale. Questo approccio mira a rigenerare risorse e ambienti, promuovendo il benessere delle comunità e degli ecosistemi, in alternativa alle logiche estrattive del sistema attuale.

I concetti chiave che caratterizzano questo modello includono:

- **Oltre la sostenibilità:** il paradigma rigenerativo supera l'obiettivo di minimizzare i danni, puntando invece a generare impatti positivi e sistemici.
- **Visione olistica:** l'economia è concepita come parte integrante dei sistemi viventi, in relazione con i cicli naturali e le comunità umane.
- **Rigenerazione delle risorse:** le imprese rigenerative operano per ripristinare e rafforzare il capitale naturale⁷⁷ e sociale, anziché consumarlo.
- **Successo multidimensionale:** la performance aziendale viene valutata non solo in termini finanziari, ma anche attraverso indicatori di benessere ambientale, sociale e territoriale.

⁷⁶ [Capital Institute - CAPITAL INSTITUTE](#)

⁷⁷ Il Capitale Naturale è l'insieme delle risorse naturali e dei servizi ecosistemici che forniscono benefici essenziali per la vita e per l'economia. Include:

- Risorse abiotiche: suolo, acqua, aria, minerali, combustibili fossili
- Risorse biotiche: biodiversità, foreste, fauna, flora
- Servizi ecosistemici: impollinazione, regolazione del clima, purificazione dell'acqua, fertilità del suolo

Secondo il [Natural Capital Protocol](#), il capitale naturale è "lo stock di risorse rinnovabili e non rinnovabili (come piante, animali, aria, acqua, suolo, minerali) che combinandosi forniscono benefici alle persone".

Box 12 – I principi dell’Industria Rigenerativa

- **Interconnessione sistemica:** l’azienda come parte di un ecosistema vivente.
- **Ciclicità dei flussi:** niente sprechi, solo risorse che rientrano nei cicli biologici o tecnici.
- **Autogeneratività:** i processi producono valore ambientale (es. suolo, aria, acqua più puliti).
- **Collaborazione simbiotica:** imprese, territori e comunità co-creano benessere.
- **Tecnologia etica:** digitalizzazione come strumento di rigenerazione, non di estrazione.

5. 4.2 L’Industria 5.0: tecnologia al servizio dell’uomo e del pianeta

L’**Industria 5.0**, promossa dalla **Commissione Europea (2021)**⁷⁸, rappresenta l’evoluzione dell’Industria 4.0. Se la 4.0 era centrata sull’automazione e sulla produttività digitale, la 5.0 introduce **tre dimensioni chiave**:

- **Sostenibilità** – uso responsabile delle risorse e riduzione delle emissioni.
- **Centralità umana** – tecnologie a supporto delle persone, non in loro sostituzione.
- **Resilienza** – capacità del sistema produttivo di adattarsi a shock ambientali, sociali ed economici.



Figura 23 Industria 5.0: schema concettuale

In questa prospettiva, la fabbrica si configura come un ecosistema intelligente e adattivo, in cui tecnologie avanzate — come intelligenza artificiale, robotica collaborativa e analisi dei dati — operano in sinergia con le competenze umane e con principi di sostenibilità ambientale. Questo modello riflette la visione dell’**Industria 5.0**, orientata non solo all’efficienza produttiva, ma anche alla centralità della persona e alla compatibilità con i limiti biofisici del pianeta.

A livello nazionale, il **Piano Transizione 5.0**⁷⁹ rappresenta lo strumento operativo per l’attuazione di questa visione. Finanziato attraverso le risorse del **PNRR** e integrato con il precedente **Piano Transizione 4.0**, il programma sostiene la trasformazione digitale ed energetica delle imprese italiane. Per il biennio 2024–2025, sono previsti **12,7 miliardi di euro**, di cui **6,3 miliardi** destinati specificamente alla componente 5.0, in coerenza con le misure del piano **REPowerEU**.

Il Piano promuove l’adozione di tecnologie innovative, la digitalizzazione dei processi e la formazione del personale, attraverso **agevolazioni fiscali sotto forma di crediti d’imposta**. L’obiettivo è accompagnare le imprese nella transizione *gemella* — digitale ed energetica — rafforzando la competitività industriale e contribuendo agli obiettivi climatici europei.

L’integrazione tra Industria 5.0 e rigenerazione

L’Industria 5.0 e l’industria rigenerativa non rappresentano modelli separati, ma due dimensioni complementari di una stessa traiettoria evolutiva. La prima pone al centro la persona e la sostenibilità, la seconda ne esplicita l’orientamento trasformativo verso la rigenerazione dei sistemi naturali e sociali.

⁷⁸ [Industry 5.0 - Research and innovation - European Commission](#)

⁷⁹ [Piano Transizione 5.0](#)

Le tecnologie abilitanti svolgono un ruolo strategico in questo processo, fornendo strumenti per **misurare, ottimizzare e generare valore rigenerativo**. Tra le principali:

- **Intelligenza Artificiale e Machine Learning**: per l'ottimizzazione dei consumi energetici, la riduzione degli scarti e il miglioramento continuo dei processi.
- **Blockchain**: per garantire la tracciabilità etica e ambientale delle materie prime lungo la catena del valore.
- **Digital Twin**: per simulare scenari produttivi e valutare in anticipo gli impatti ambientali e le opportunità di rigenerazione.
- **Robotica collaborativa (5.0)**: per supportare le attività umane ad alto valore aggiunto, favorendo ergonomia, sicurezza e qualità del lavoro.

Queste tecnologie non solo abilitano la transizione digitale, ma costituiscono **leve operative per la trasformazione rigenerativa**, contribuendo a rendere l'industria più resiliente, responsabile e integrata nei sistemi viventi.

Il fulcro dell'Industria 5.0 non risiede nella tecnologia in quanto tale, ma nella **relazione dinamica e sistemica tra persone, ambiente e innovazione**. Le imprese che adottano questo paradigma non si limitano a ottimizzare i processi produttivi, ma:

- valorizzano il **capitale umano** come leva strategica per la competitività sostenibile;
- costruiscono **partnership territoriali** orientate alla creazione di valore condiviso;
- progettano **impianti flessibili, circolari e adattivi**, capaci di rispondere alle sfide ambientali e sociali;
- promuovono la **rigenerazione delle competenze**, oltre che delle risorse materiali, investendo nella formazione continua e nella cultura della sostenibilità.

L'obiettivo non è più esclusivamente la produttività, ma la **prosperità condivisa**. Un sistema rigenerativo è, per definizione, quello che nel lungo periodo **accresce la capacità del pianeta e delle comunità di sostenere la vita**, contribuendo alla resilienza ecologica, economica e sociale.

La trasformazione industriale non riguarda quindi solo le tecnologie, ma le persone. L'Industria 5.0 richiede un capitale umano capace di integrare competenze digitali, ambientali e sistemiche. Le imprese più avanzate investono in **formazione rigenerativa**: programmi che sviluppano non solo abilità tecniche, ma anche consapevolezza ecologica, leadership sostenibile e capacità di co-creazione.

Tra i nuovi profili professionali emergenti si segnalano:

- **Climate & ESG Data Analyst**
- **Circular Process Engineer**
- **Sustainability Controller**
- **Industrial Ecologist**
- **Regenerative Design Expert**

Queste figure rappresentano l'evoluzione del lavoro industriale verso una dimensione più integrata, responsabile e orientata al futuro.

5.5 Dall'economia circolare alla bioeconomia rigenerativa

L'economia circolare, teorizzata da **Ellen MacArthur Foundation** e oggi integrata nelle politiche europee, come visto al Par.2.3, si basa su tre principi fondamentali:

- **Eliminare gli sprechi e l'inquinamento,**
- **Mantenere prodotti e materiali in uso,**
- **Rigenerare i sistemi naturali.**

Negli ultimi anni, questo paradigma ha evoluto il suo obiettivo: da un approccio tecnico di "chiusura dei cicli" a una **visione rigenerativa**, in cui i processi produttivi **migliorano la salute degli ecosistemi e creano valore**

sociale oltre che economico. Nel contesto industriale, ciò significa progettare **sistemi produttivi integrati**, in cui **gli scarti di un processo diventano risorse per un altro**, minimizzando perdite di energia e materia.

In quest'ambito, la **bioeconomia** rappresenta la dimensione biologica e territoriale dell'economia circolare. Si fonda sull'uso sostenibile di risorse rinnovabili (biomasse, scarti agricoli, residui organici, frazione biogenica dei rifiuti solidi urbani) per produrre **energia, materiali e bioprodotto**. Secondo il **Joint Research Centre (JRC, 2023)**⁸⁰, la bioeconomia europea genera oltre **2.400 miliardi di euro l'anno** e impiega **18 milioni di persone**. In Italia, il valore supera i **370 miliardi**, con poli di eccellenza in Emilia-Romagna, Lombardia e Veneto.

Box 13 – Tecnologie abilitanti per la rigenerazione industriale

Tecnologia	Applicazione rigenerativa	Beneficio ambientale
Intelligenza Artificiale	Monitoraggio predittivo dei consumi	Riduzione sprechi e emissioni CO ₂
Blockchain	Tracciabilità etica e ambientale	Filiera trasparente
Digital Twin	Simulazione ciclo di vita prodotto	Ottimizzazione risorse
Robotica 5.0	Supporto umano e sicurezza	Miglioramento benessere e qualità
Additive Manufacturing	Produzione locale e su richiesta	Riduzione logistica e scarti

Box 14: Alcuni esempi

Ørsted – Dal fossile al rigenerativo⁸¹

L'ex compagnia petrolifera danese ha ridotto dell'87% le sue emissioni dal 2006, trasformandosi nel leader mondiale dell'eolico offshore. Ha avviato progetti di:

- rigenerazione di habitat marini;
- utilizzo di *digital twin* per ottimizzare il ciclo di vita delle turbine;
- collaborazione con università e comunità costiere.

Obiettivo: diventare *net-positive* entro il 2030.

Stora Enso – Bioeconomia e foreste rigenerative⁸²

Il colosso finlandese della cellulosa è oggi simbolo dell'economia rigenerativa.

- Gestione forestale responsabile (certificazioni FSC e PEFC).
- Ripristino ecologico e sequestro di CO₂ nei terreni.
- Uso di droni e sensori satellitari per il monitoraggio forestale.

Produzione di materiali biodegradabili in sostituzione della plastica. Risultato: riduzione di 1,5 MtCO₂e/anno e rafforzamento del capitale naturale.

Novamont – Bioeconomia circolare italiana⁸³

L'azienda italiana è leader nella produzione di bioplastiche compostabili (Mater-Bi). Opera secondo un modello di **bioraffineria integrata nel territorio**:

- utilizzo di scarti agricoli e sottoprodotti,
- rigenerazione dei suoli e delle acque,
- collaborazione con enti di ricerca e comunità locali.

È un esempio concreto di **simbiosi industriale rigenerativa**.

⁸⁰ *Bioeconomy knowledge base: an online library to support EU policymaking* - Edition 2023; [JRC Publications Repository - Bioeconomy knowledge base: an online library to support EU policymaking - Edition 2023](#)

⁸¹ [Annual reporting 2024 | Ørsted](#) <https://orsted.com/en/investors/ir-material/annual-reporting-2024>

⁸² [Regenerative future | Stora Enso](#) <https://www.storaenso.com/en/sustainability/regenerative>

Our regenerative principles: Maximising value: using the right materials in the right way, Producing climate and biodiversity positive products and services, Driving circular, transparent material flows, Creating a fair and just system for people. We are constantly working to innovate our offering and business models, adopting the regenerative principles from the machine room to new product and service design and the best use of virgin and recycled fibers. Through partnership and cooperation, we are creating and supporting dialogue and action to better shape the climate and nature systems.

⁸³ [Il Modello NOVAMONT](#): "Promuoviamo da sempre un modello di bioeconomia circolare basato sull'uso efficiente delle risorse vegetali e sulla rigenerazione territoriale".

Box 15 – I pilastri della bioeconomia rigenerativa

Ambito	Innovazione	Beneficio rigenerativo
Agricoltura	Coltivazioni a rotazione, biofertilizzanti	Miglioramento del suolo e biodiversità
Energia	Biometano, bioidrogeno	Riduzione emissioni e recupero nutrienti
Industria	Materie prime bio-based	Riduzione CO ₂ di filiera
Territorio	Reti simbiotiche tra imprese	Riduzione rifiuti e sviluppo locale

Box 16 – Esempio applicativo: il settore Pulp & Paper

Il settore della carta è un laboratorio avanzato di economia circolare rigenerativa:

- oltre l'85% di recupero della carta da macero,
- riduzione del consumo idrico del 40% negli ultimi 20 anni,
- produzione di energia da scarti e fanghi (cogenerazione e biogas),
- crescente impiego di cellulosa da foreste rigenerative e sottoprodotti agricoli.

Esempi emblematici:

- Stora Enso e Burgo Group integrano supply chain forestale rigenerativa, energia rinnovabile e tracciabilità digitale.
- Lucart produce carta tissue da fibre riciclate e plastiche secondarie, in logica "zero waste".

Box 17 – Gli indicatori chiave della circolarità rigenerativa- esempi

Ambito	Indicatore (KPI)	Unità di misura / Target
Materie prime	% materiali riciclati o bio-based	≥50%
Energia	% energia rinnovabile nei processi	≥80%
Acqua	% acqua riutilizzata	≥60%
Scarti	Tasso di valorizzazione residui	≥90%
CO₂	Riduzione emissioni dirette	-40% al 2030

5.4.4 Benefici economici e ambientali dell'economia rigenerativa

Secondo le stime contenute nei documenti programmatici della Commissione Europea (2024)⁸⁴, l'adozione su larga scala dei principi dell'economia rigenerativa potrebbe generare benefici significativi in termini ambientali, economici e occupazionali. Tra gli impatti attesi entro il 2030⁸⁵:

- la creazione di circa **2 milioni di nuovi posti di lavoro**, in particolare nei settori della bioeconomia, dell'energia rinnovabile e della gestione circolare delle risorse;
- una **riduzione del 45% delle emissioni industriali**, grazie all'integrazione di tecnologie pulite e modelli produttivi a basse emissioni;
- **risparmi netti di risorse superiori a 600 miliardi di euro l'anno**, derivanti da una maggiore efficienza nell'uso dei materiali e dalla riduzione della dipendenza da materie prime vergini. Le imprese che adottano modelli rigenerativi migliorano anche la propria **resilienza finanziaria**, riducendo

⁸⁴ [Economia circolare: definizione, importanza e vantaggi | Tematiche | Parlamento europeo](#)

⁸⁵ Document 52024DC0063 COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS Securing our future Europe's 2040 climate target and path to climate neutrality by 2050 building a sustainable, just and prosperous society, Document 52024SC0064- COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT EXECUTIVE SUMMARY OF THE IMPACT ASSESSMENT REPORT Accompanying the document COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS Securing our future Europe's 2040 climate target and path to climate neutrality by 2050 building a sustainable, just and prosperous society

l'esposizione ai rischi legati alla volatilità dei mercati energetici e alle catene di approvvigionamento globali.

L'economia circolare rigenerativa si configura come **l'infrastruttura operativa dell'industria del futuro**: un sistema interconnesso in cui ogni output diventa input per nuovi cicli di valore, minimizzando gli sprechi e massimizzando l'efficienza sistemica.

La convergenza tra **bioeconomia, simbiosi industriale e digitalizzazione sostenibile** costituisce la base per una produzione climaticamente neutra e socialmente equa. In questo senso, l'industria rigenerativa non solo è compatibile con gli obiettivi climatici europei, ma rappresenta uno strumento concreto per realizzarli, contribuendo alla neutralità climatica entro il 2040 e al rafforzamento della coesione territoriale.

5.6 Conclusioni e prospettive

L'industria contemporanea si confronta con una fase di transizione cruciale, determinata da fattori convergenti: da un lato, le pressioni derivanti dal cambiamento climatico e dalla scarsità delle risorse; dall'altro, l'emergere di nuove opportunità per **ridefinire il ruolo dell'impresa in chiave rigenerativa**.

La trasformazione verso modelli sostenibili non rappresenta più una scelta volontaria, ma una necessità strategica. Le direttive europee, come la CSRD e la tassonomia UE, insieme alle dinamiche dei mercati globali e all'evoluzione della domanda sociale, assieme alla crescente consapevolezza dei consumatori, orientano le imprese verso una **maggiore responsabilità ambientale e sociale (ESG)**.

Nel paradigma rigenerativo, il concetto di valore si amplia: oltre al profitto, diventa centrale la capacità dell'impresa di **contribuire al benessere collettivo**, integrando dimensioni economiche, ambientali e sociali. Secondo analisi internazionali, tra cui il World Economic Forum e la Commissione Europea, i sistemi produttivi rigenerativi potrebbero contribuire in modo significativo all'assorbimento delle emissioni globali (fino a 10 miliardi di tonnellate di CO₂ l'anno nel 2050) e alla creazione di nuovi mercati circolari (valore stimato di 4.500 miliardi di euro) con impatti positivi sulla sicurezza alimentare, energetica e sulla coesione territoriale.

In questo contesto, la misurazione del successo aziendale si estende all'inclusione di capitale naturale (risorse, emissioni, biodiversità), capitale umano (salute, competenze, inclusione) e capitale relazionale (fiducia, cooperazione, impatto territoriale).

L'impresa rigenerativa non si limita a mitigare i rischi ambientali e sociali, ma assume un ruolo proattivo nella creazione di valore condiviso, contribuendo alla costruzione di **un'economia resiliente e interconnessa**.

Il **cambiamento climatico** rappresenta oggi non solo una sfida ambientale, ma anche **un potente stimolo alla trasformazione dei modelli industriali**. Le imprese produttive, tradizionalmente motore dell'economia, sono chiamate a ripensare il proprio ruolo in un contesto in cui la sostenibilità – economica, ambientale e sociale – diventa una questione centrale per la resilienza dei sistemi socioeconomici.

Integrando **innovazione tecnologica, responsabilità sociale e visione sistemica**, l'industria può evolvere da fonte di pressione ambientale a fattore abilitante di nuovi equilibri tra attività umane e sistemi viventi. In questa prospettiva, l'approccio delineato da Kate Raworth nella *Doughnut Economics*⁸⁶ — secondo cui

“l'economia del futuro non mira a crescere, ma a fiorire all'interno dei limiti del pianeta”

— offre una cornice utile per interpretare il ruolo dell'impresa rigenerativa.

L'industria rigenerativa si configura come una risposta concreta a questa visione: un modello in cui ogni processo, prodotto e decisione aziendale è orientato a generare valore durevole, contribuendo al ripristino dei cicli biofisici, alla qualità della vita e alla coesione territoriale.

Il percorso delineato in questo saggio — dall'efficienza alla rigenerazione — mostra come il futuro dell'industria non possa più essere valutato esclusivamente attraverso parametri economici o tecnologici. La

⁸⁶ Kate Raworth *Doughnut Economics: Seven Ways to Think Like a 21st-Century Economist*—2017

sua sostenibilità dipenderà dalla capacità di integrare ambiente, innovazione, responsabilità e interdipendenza in un sistema coerente e orientato al lungo termine.

In questo contesto, ogni scelta tecnologica, ogni investimento e ogni attività di rendicontazione non rappresentano azioni isolate, ma tasselli di una trasformazione sistemica. L'intelligenza collettiva — intesa come capacità di apprendere, adattarsi e cooperare — può essere orientata non alla gestione estrattiva della natura, ma alla costruzione di relazioni sostenibili e durature con i sistemi viventi.

La **sostenibilità del cambiamento climatico**, tema centrale di questo saggio, non può essere affidata esclusivamente alle politiche pubbliche. Richiede il coinvolgimento diretto e consapevole delle imprese, chiamate a diventare **agenti attivi di rigenerazione**. In questa prospettiva, il concetto di Industria 5.0 assume una valenza più profonda: non solo automazione e digitalizzazione, ma un sistema produttivo umano-centrico, responsabile e interconnesso, capace di contribuire alla stabilità dei sistemi naturali e al benessere collettivo.

Nei riquadri alcuni degli strumenti a disposizione delle imprese

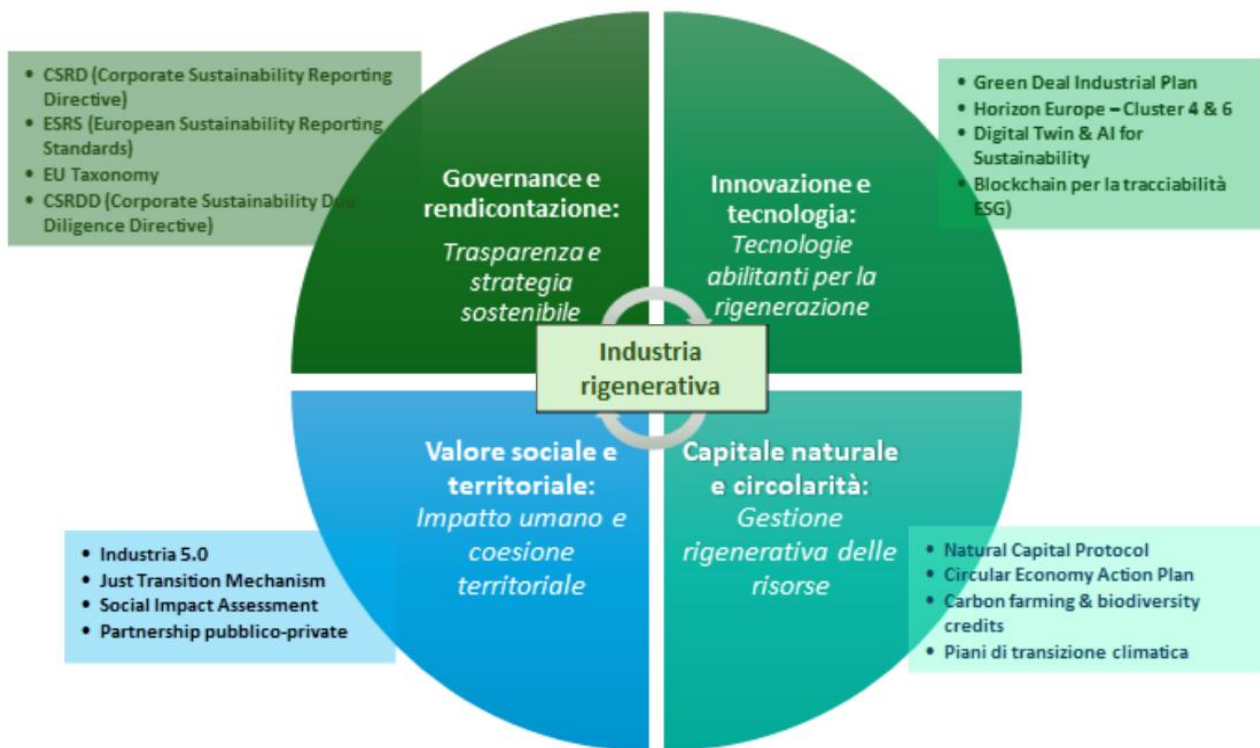


Figura 24 “Dal carbonio al capitale naturale: la nuova industria della vita”.

6. Valutazione del rischio di scenari integrati di “safety” e “security” nell’ambito dell’industria di processo

Gabriele Landucci, Giulia Marroni, Michela Guarguaglini, Sofia Tardelli, Valeria Casson Moreno

Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale – Università di Pisa

6.1 Introduzione

A seguito degli eventi dell’11 settembre, la protezione degli impianti di processo che immagazzinano o trattano grandi quantità di sostanze pericolose contro atti dolosi di interferenza è diventata una preoccupazione sia per l’industria che per le istituzioni (Baybutt e Ready, 2003). Un attacco intenzionale, un evento definito in questo saggio come di “*security*”, potrebbe generare i cosiddetti effetti domino, ossia la propagazione dell’incidente tra più apparecchiature e asset (Landucci et al., 2013). Gli studi di security applicati alla protezione degli impianti chimici esaminano le modalità e gli effetti degli attacchi intenzionali. In Europa, la valutazione della security di impianto è regolamentata solo per le infrastrutture critiche o per le strutture portuali internazionali; infatti, gli attacchi intenzionali non sono esplicitamente contemplati nella Direttiva Seveso-III 2012/18/UE sul controllo dei rischi di incidenti rilevanti connessi con sostanze pericolose negli impianti fissi. Tale direttiva cita in esplicito la valutazione di effetti domino, sebbene legati a cause principalmente non intenzionali (guasti, errori, eventi naturali, ecc.). Le protezioni dell’impianto, tipicamente progettate per proteggere da tali eventi, possono comunque avere un ruolo nella valutazione di security, mostrando come gli aspetti di “*safety*” siano intimamente connessi con gli aspetti di security.

Ciononostante, gli strumenti attualmente disponibili per l’applicazione industriale potrebbero non essere adeguati per gestire congiuntamente gli aspetti di *safety* e *security*, poiché mancano ancora approcci quantitativi completi. Per questo motivo, è necessario sviluppare approcci integrati Safety-Security (ISS) per ridurre la vulnerabilità delle persone e dell’ambiente di fronte a tali minacce. Considerata la natura dinamica degli incidenti con effetto domino e la diversa modalità di escalation degli eventi di security, gli approcci ISS possono trarre beneficio da strumenti dinamici in tempo reale (Marroni et al., 2022), in grado di cogliere l’evoluzione transitoria dettagliata dello scenario e le sue caratteristiche tridimensionali (3D). Gli approcci dinamici e 3D risultano inoltre vantaggiosi per la gestione delle emergenze in caso di perdita di contenimento, poiché un tool in tempo reale e a rapida esecuzione può aiutare le squadre di emergenza a individuare rapidamente le aree ad alto rischio da mettere in sicurezza.

Questo saggio mostra lo sviluppo di uno strumento per la valutazione del rischio ISS e dei relativi effetti domino, risultato di un progetto europeo finanziato dal programma LIFE (LIFE20 ENV/IT/000436 – LIFE SECURDOMINO). L’interfaccia grafica dello strumento è costituita dalla ricostruzione 3D dell’impianto, nella quale sono mappati gli impianti critici, le barriere di sicurezza e di protezione. A ciascuna apparecchiatura sono associati dati di input in tempo reale. Lo strumento valuta frequenze, conseguenze 3D e rischio di incidenti basandosi su dati in tempo reale o su input forniti dall’utente. Sono state implementate procedure specifiche per valutare gli effetti domino associati agli scenari ISS. Inoltre, l’interfaccia 3D può fungere da strumento funzionale per organizzare dati e documenti relativi a ciascuna apparecchiatura e promuovere una gestione più efficace e integrata delle informazioni all’interno dell’impianto. Una versione preliminare dello strumento è stata utilizzata in questo lavoro per analizzare un caso studio. I risultati mostrano i benefici dell’approccio proposto, con una discussione sui contributi quantitativi delle barriere di safety e security e sulla gestione dell’emergenza.

6.2 Metodologia

6.2.1 Panoramica

La Figura 24 mostra il diagramma di flusso della metodologia utilizzata in questo lavoro per sviluppare lo strumento di valutazione ISS (Marroni et al., 2023). Il primo step della metodologia consiste in un'analisi preliminare del sito. Vengono analizzati documenti di riferimento, ad esempio diagrammi di flusso di processo, schemi di impianto, schede tecniche delle apparecchiature, layout dell'impianto, ecc. Sulla base delle informazioni raccolte, le apparecchiature critiche vengono identificate attraverso un metodologie di identificazione dei pericoli, descritto nella sottoparagrafo 6.2.2.

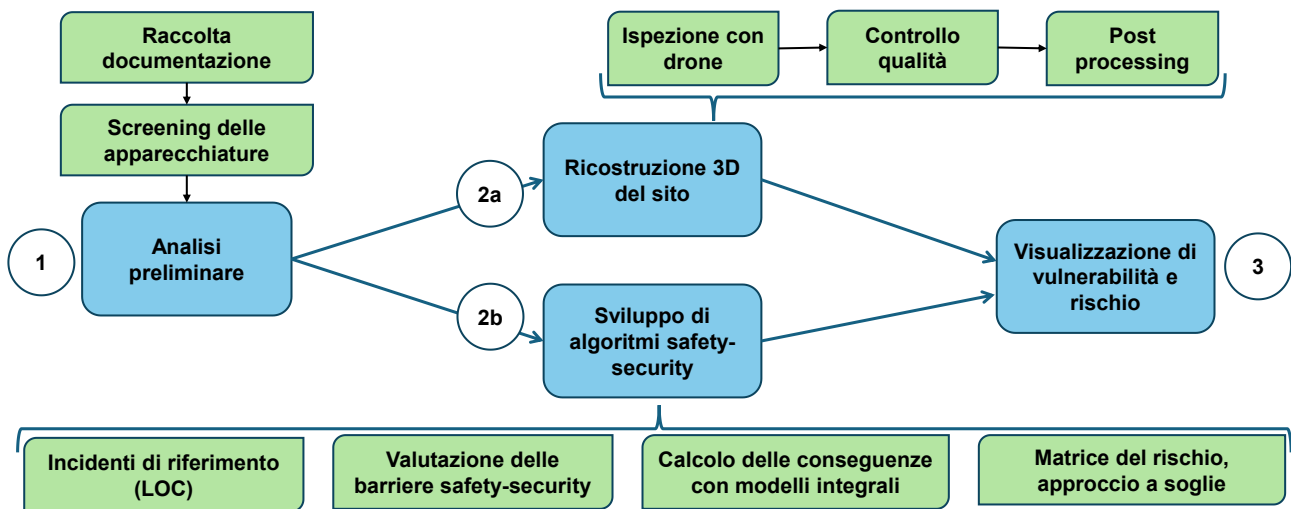


Figura 25 Diagramma di flusso dell'approccio metodologico utilizzato in questo lavoro per sviluppare lo strumento di valutazione ISS.

Il secondo step è composto da due fasi: la fase 2a è la ricostruzione 3D del sito in analisi, eseguita attraverso un approccio specifico descritto nel paragrafo 6.2.3; la fase 2b è lo sviluppo degli algoritmi ISS per la valutazione del rischio, descritta nel paragrafo 6.2.4. Infine, il terzo step consiste nella visualizzazione dei contorni di rischio o vulnerabilità sulla ricostruzione 3D dell'impianto. In questo lavoro, la vulnerabilità è intesa come la probabilità cumulata di morte dovuta a tutti gli scenari finali possibili. Ciò include lo scenario primario, cioè quello direttamente causato dall'attacco, e gli scenari secondari, ossia quelli derivanti dall'escalation dello scenario primario.

6.2.2 Criteri di mappatura degli asset critici

L'analisi preliminare del sito (step 1 in Figura 24) comporta la selezione delle apparecchiature critiche. Questo lavoro adotta un metodo di screening basato sull'identificazione dei pericoli, basato su un precedente studio (Sabatini et al., 2009) ed elaborato tramite la produzione della tabella di riferimento mostrata nella Figura 25.

Tipologia di apparecchiatura →	Serbatoi fuori terra	Magazzini	Condotte fuori terra	Apparecchi allungati	Reattori / Scambiatori di calore	Serbatoi interrati	Condotte interrate
Condizioni di stoccaggio o processo ↓							
Gas liquefatto in pressione	4	4	3	3	3	2	1
Fluidi a bassa tensione di vapore stoccati in fase liquida	3	3	2	2	2	2	1
Gas/liquidi stoccati in fase gassosa	3	2	2	2	2	1	1
Stoccaggio criogenico	2	2	2	2	1	1	1
Liquidi altobollenti	1	1	1	1	1	1	1

Figura 26 Screening delle apparecchiature basato sul pericolo a supporto della mappatura degli asset critici.

Le apparecchiature critiche sono selezionate in base al tipo di apparecchiatura e alla condizione fisica della sostanza, utilizzando un sistema di punteggio da 1 (minimo) a 4 (massimo). Considerando gli scenari di attacco intenzionale, viene inoltre effettuata una distinzione in base alla visibilità; infatti, bersagli visibili, ad esempio serbatoi fuori terra, sono più attraenti per atti dolosi rispetto a quelli meno visibili, come serbatoi interrati o tubazioni sotterranee. Le apparecchiature più critiche sono quindi ottenute assegnando un punteggio a ciascun componente dell’impianto analizzato e selezionando quelli con punteggio più alto.

6.2.3 Preparazione del layout 3D

La fase 2a della metodologia in Figura 24 consiste nella ricostruzione 3D dell’impianto, realizzata tramite fotogrammetria aerea. Questa tecnica consente di creare il modello 3D da fotografie aeree. In questo lavoro, le fotografie aeree esterne sono ottenute mediante drone durante il volo sopra il sito analizzato. Per le aree interne, come i magazzini che contengono sostanze pericolose, le immagini vengono invece scattate con una fotocamera, poiché il movimento del drone risulterebbe fortemente limitato. Ogni immagine acquisita contiene tutti i parametri necessari alla ricostruzione 3D, come latitudine, longitudine, altitudine e inclinazione.

La ricostruzione 3D dell’impianto è ottenuta elaborando tutte le immagini con il software di rendering 3D Agisoft Metashape. Un primo test della ricostruzione 3D viene effettuato direttamente in campo. La ricostruzione “on-field” aiuta i tecnici a verificare la qualità generale del modello 3D, poiché le immagini possono essere influenzate da condizioni meteorologiche, ad esempio la luce solare. Inoltre, la versione “on-field” guida ulteriori ispezioni, aiutando a identificare le aree non ben rappresentate. Quando la qualità è ritenuta sufficiente, il tecnico procede con la ricostruzione 3D “ad alta risoluzione”. Viene inoltre effettuato un post-processing per migliorare i dettagli importanti, come le apparecchiature critiche e le barriere. L’interfaccia dello strumento è costituita dalla ricostruzione 3D dell’impianto, come mostrato nella Figura 26. Le apparecchiature critiche e le barriere sono elementi interattivi. Cliccando su di essi si apre una scheda dedicata, un esempio è mostrato nella Figura 3. L’utente può consultare o caricare documentazione tecnica dell’apparecchiatura nella scheda dedicata, come schede tecniche o report di manutenzione (pannello a), oltre a poter consultare i parametri di processo in tempo reale (pannello b).



Figura 27 Esempio di interfaccia grafica e scheda dell’apparecchiatura, in cui si mostrano schede apparecchi (a) i parametri di processo in tempo reale (b).

6.2.4 Valutazione in tempo reale degli scenari Safety-Security

La fase 2b in Figura 24 riguarda lo sviluppo degli algoritmi per la valutazione del rischio ISS. Lo strumento opera in due modalità differenti. Nella modalità “predefinita”, il diametro di rilascio dovuto ad attacchi intenzionali con armi da fuoco, esplosivi o armi incendiarie è stato adattato da diametri di rilascio convenzionali (API, 2008). Lo stesso riferimento è stato utilizzato per valutare gli scenari di rilascio per eventi convenzionali di safety. Al contrario, la versione “personalizzata” consente agli utenti avanzati di impostare valori preferiti per i diametri di rilascio. Le condizioni di rilascio possono essere impostate dall’utente oppure, quando possibile, vengono recuperate direttamente dal sistema di controllo dell’apparecchiatura analizzata, al fine di ottenere uno scenario in tempo reale. Per quanto riguarda le condizioni meteorologiche, velocità del vento e classi di stabilità possono essere recuperate da stazioni meteorologiche disponibili nelle vicinanze oppure impostate ai valori predefiniti 2F e 5D (condizioni meteo predefinite⁸⁷).

La versione del software mostrata nel presente saggio si focalizza sulla valutazione degli effetti fisici degli incendi. È stato raggiunto un compromesso tra il tempo computazionale e l’accuratezza degli effetti fisici, poiché lo strumento dovrebbe anche supportare le squadre di emergenza nel coordinamento delle azioni in caso di incidente rilevante. Per questo motivo, sono stati preferiti modelli integrali basati su approccio multipunto (Hankinson e Lowesmith, 2012) per incendi da pool fire e jet fire rispetto ai modelli integrali convenzionali; per la radiazione termica da fireball è stato invece implementato il modello convenzionale a sorgente puntiforme (van den Bosch e Weterings, 2005).

La frequenza f_{FO} degli scenari finali inclusi nella versione preliminare dello strumento è stata ottenuta applicando l’Equazione 1:

$$f_{FO} = f_A \cdot P_S \cdot P_I \quad (1)$$

dove f_A è la frequenza dell’attacco intenzionale o della perdita di contenimento accidentale, P_S è la probabilità di successo dell’attacco e P_I è la probabilità di innesco. La frequenza f_A degli attacchi intenzionali è stata presa da (API, 2013), mentre quella degli scenari accidentali da (API, 2008).

P_S e P_I sono state valutate applicando l’Analisi degli alberi degli eventi (Event Tree Analysis). Sono stati sviluppati nodi specifici per tenere conto della performance delle barriere di security, ad esempio recinzioni, sistemi di videosorveglianza (CCTV), implementati insieme alle barriere di sicurezza convenzionali per generare Alberi degli Eventi ISS (Casson Moreno et al., 2022). Inoltre, sono stati creati Alberi degli Eventi specifici per gli effetti domino causati da scenari finali primari, ad esempio scenari di rilascio originati da un serbatoio pressurizzato investito da un incendio. Le probabilità di innesco per gli scenari non intenzionali sono state ottenute dai risultati del progetto ARAMIS (de Dianous e Fiévez, 2006); gli stessi valori sono stati utilizzati per gli scenari da attacco intenzionale, poiché in letteratura mancano dati specifici. Lo strumento può visualizzare i contorni sia del rischio sia della vulnerabilità. Per la valutazione del rischio è stata utilizzata la matrice di compatibilità della normativa italiana in materia di pianificazione territoriale (Laurent et al., 2021), mostrata nella Tabella 1.

Tabella 1 Matrice del rischio con classi di vulnerabilità territoriale ottenute a seconda della frequenza dello scenario (f_{FO}) e del suo impatto in termini di effetti fisici. Si riporta la matrice per gli scenari di incendio

Zone di impatto →	Elevata letalità	Inizio letalità	Effetti irreversibili	Effetti reversibili
Pool/jet fire →	12.5 kW/m ²	7.5 kW/m ²	5 kW/m ²	3 kW/m ²
Fireball →	Raggio fireball	350 kJ/m ²	200 kJ/m ²	125 kJ/m ²
Frequenza f_{FO} ↓				

⁸⁷ La lettera si riferisce alla classe di stabilità atmosferica (A – instabile, D – neutra, F – stabile), mentre il numero esprime la velocità del vento (m/s) a 10 m di altezza.

$f_{FO} < 10^{-6}$	DEF	CDEF	BCDEF	ABCDEF
$10^{-6} < f_{FO} \leq 10^{-4}$	EF	DEF	CDEF	BCDEF
$10^{-4} < f_{FO} \leq 10^{-3}$	F	EF	DEF	CDEF
$f_{FO} > 10^{-3}$	F	F	EF	DEF

Le categorie territoriali sono assegnate per ciascuna combinazione di frequenza e zona d'impatto, con valori che vanno da A (aree residenziali densamente popolate) a F (stabilimenti industriali e zone di rispetto non edificate). Per maggiori dettagli sulla definizione delle categorie territoriali italiane si rimanda al DM 09/05/2001.

6.3 Applicazione a un caso studio

Una versione preliminare dello strumento è stata utilizzata per analizzare un caso studio. L'impianto analizzato è mostrato nella Figura 27. L'impianto è stato attivo negli ultimi 30 anni ed è situato in un Paese con un clima socioeconomico e politico stabile. L'impianto si trova in un contesto industriale e confina a nord con una linea ferroviaria. L'impianto immagazzina Gas di Petrolio Liquefatto (GPL) in due serbatoi fuori terra da 50 m³ e etanolo in tre serbatoi interrati da 10 m³ ciascuno.

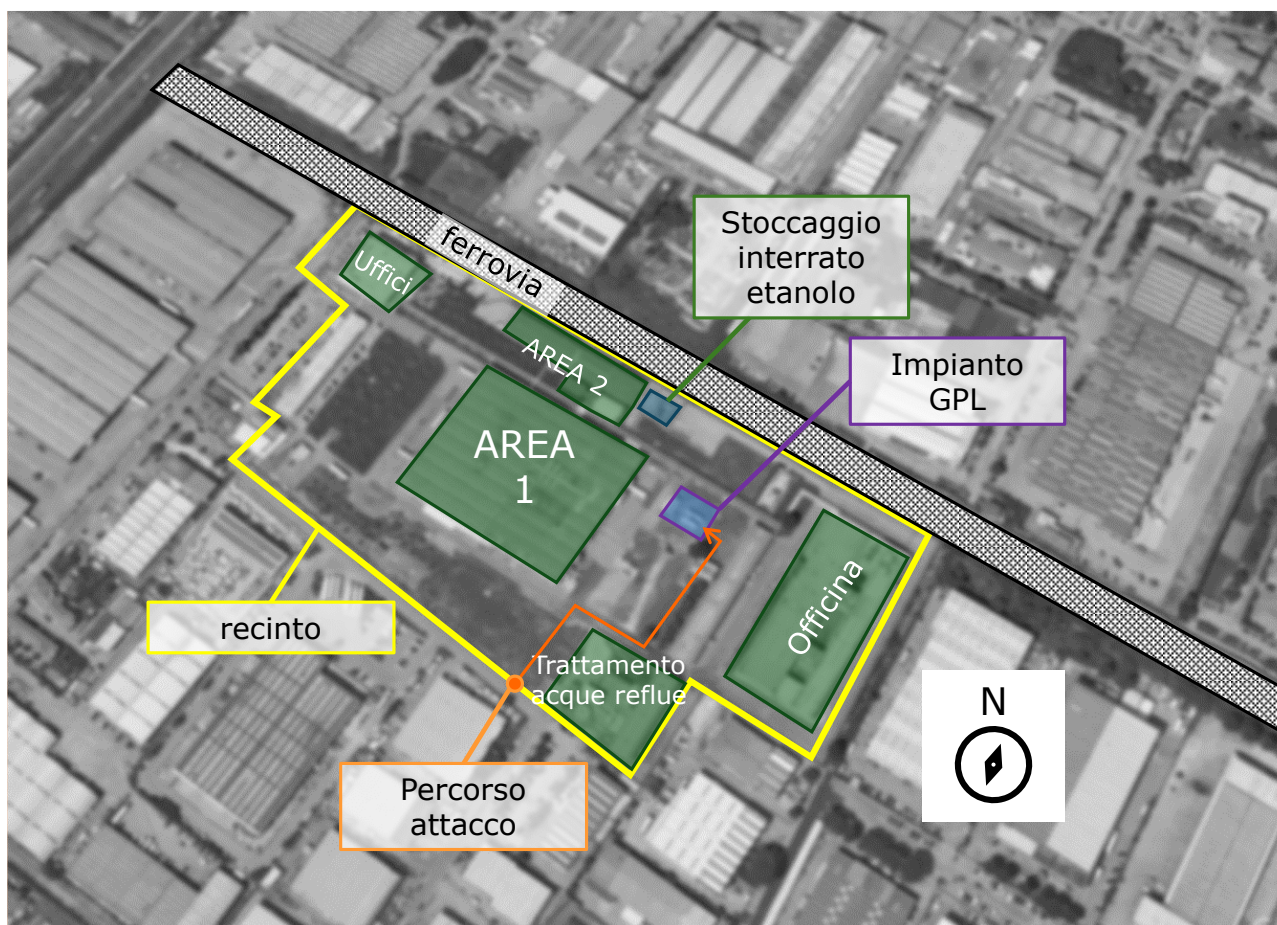


Figura 28 Layout del caso studio dimostrativo.

In base alla Figura, i serbatoi di stoccaggio del GPL risultano più critici rispetto allo stoccaggio interrato di un fluido con bassa pressione di vapore, cioè l'etanolo. Per questo motivo, l'analisi si concentra sui serbatoi di GPL. La Figura 4 mostra anche un percorso di intrusione esemplificativo verso i serbatoi di GPL. L'attaccante entra nell'impianto durante il turno notturno, superando la recinzione perimetrale esterna. Successivamente si dirige verso uno dei serbatoi di GPL e sabota una flangia di collegamento, provocando una perdita di GPL da 1" (25.4 mm). Ai fini esemplificativi, viene analizzato lo scenario non mitigato, cioè quello in cui l'attaccante porta a termine integralmente l'attacco. In caso di attacco riuscito, si assume una durata di rilascio di 3 minuti, trascurando l'intervento delle barriere di safety in questo caso semplificato. Le guardie di sicurezza sono altamente addestrate; pertanto, si assume che siano necessari 4 minuti per neutralizzare l'attaccante. Le condizioni di stoccaggio nominali sono state utilizzate per valutare le zone di impatto e si assume un vento proveniente da sud con velocità pari a 2 m/s.

6.4 Risultati e discussione

Il rilascio di GPL causato dal sabotaggio si presume conduca a un pool fire, assumendo in modo conservativo una probabilità unitaria di innesco $P_i = 1.0$, a causa del calore e delle scintille generate durante l'attacco al serbatoio. Il primo passo della valutazione del rischio è la stima della frequenza dello scenario, che è composta da diversi fattori. La frequenza dell'attacco intenzionale è assunta pari a una volta nel ciclo di vita dell'impianto, risultando in $f_A = 0.03$ eventi/anno, ossia il penultimo valore possibile secondo i riferimenti del paragrafo 6.2.4. La Figura mostra l'Albero degli Eventi creato con la metodologia descritta del paragrafo 6.2.4.

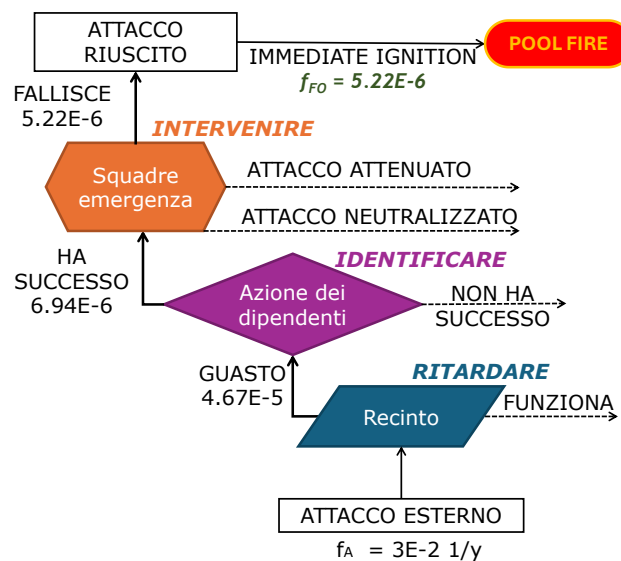


Figura 29 Albero degli eventi per lo scenario d'attacco.

È importante sottolineare che l'attacco può avere successo attraverso molteplici combinazioni di eventi. In questo caso semplificato, si assume che l'attaccante superi la recinzione, ma venga intercettato dagli operatori in turno notturno. Tuttavia, la squadra di emergenza non riesce ad intervenire, portando a un'escalation non mitigata. Pertanto, la frequenza di successo dell'attacco è $f_A \cdot PS = 5.22 \cdot 10^{-6}$ eventi/anno. Applicando l'Equazione 1, si ottiene la frequenza dell'incendio di pozza (pool fire) $f_{FO} = 5.22 \cdot 10^{-6}$ eventi/anno. Si nota che la frequenza degli scenari siti finali di attacchi intenzionali è paragonabile a quella degli incidenti convenzionali, come di solito valutati nei rapporti di sicurezza.

Il secondo passo della valutazione del rischio è la stima delle zone di impatto del pool fire causato dall'attacco, effettuata applicando i modelli presentati nel paragrafo 6.2.4. Il passo finale consiste nella combinazione delle zone di impatto e della frequenza per ottenere le categorie territoriali compatibili. La Figura 29 mostra la

radiazione termica 3D causata dal pool fire originato dalla perdita da 1'' (pannello a) e i relativi contorni di rischio nella visualizzazione del software Securdomino (pannello b).

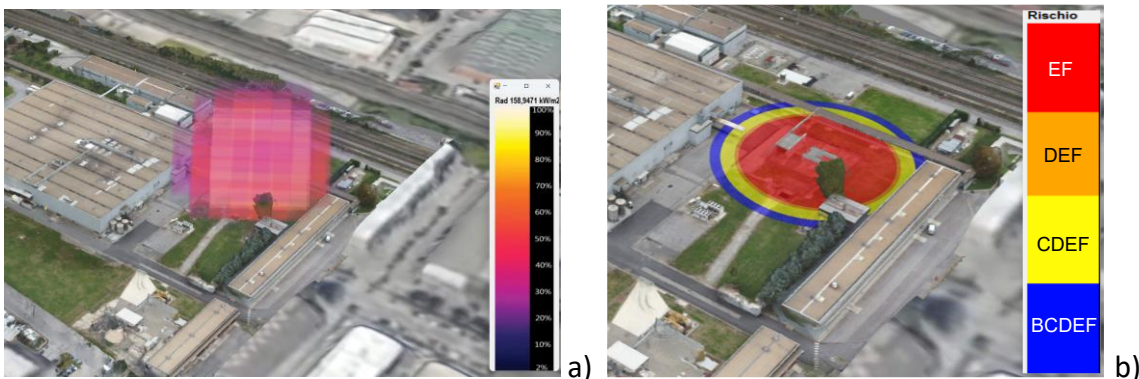


Figura 30 Contorni di radiazione termica 3D (a) e di rischio (b) per pool fire generato da una perdita di GPL da 1''.

Osservando il contorno dell'incendio, si nota che il secondo serbatoio di GPL è investito dalle fiamme. Ciò potrebbe danneggiare il serbatoio e innescare potenziali effetti domino, amplificando le conseguenze dell'evento primario. Tuttavia, le protezioni di safety esistenti, ovvero il coibente resistente al fuoco sul mantello del serbatoio limitrofo e i dispositivi di sfogo di emergenza, rendono altamente improbabili tali sviluppi.

La Figura 29 (pannello b) mostra anche i contorni di rischio e la classificazione della vulnerabilità territoriale, rappresentati nella vista 3D sotto forma di cerchi proiettati in pianta. La zona degli effetti reversibili esce dai limiti di stabilimento, evidenziando la criticità degli scenari di attacco intenzionale e la necessità di migliorare ulteriormente le barriere di sicurezza esistenti.

6.5 Conclusioni e sviluppi futuri

L'integrazione degli scenari di safety e security (ISS) rappresenta una questione critica per la protezione degli impianti di processo. Questo lavoro ha esplorato una metodologia per la valutazione in tempo reale e in 3D degli scenari ISS. È stato sviluppato un tool specifico nell'ambito della metodologia. Lo strumento consente la valutazione degli scenari ISS e dei relativi effetti domino. Inoltre, possiede una funzionalità aggiuntiva che permette agli utenti di archiviare documenti e dati relativi alle apparecchiature critiche, facilitandone il recupero e la consultazione.

Una versione semplificata dello strumento è stata utilizzata per mostrare le potenzialità della metodologia proposta. La visualizzazione 3D degli scenari presenta molteplici vantaggi. Il primo è che le squadre di emergenza dispongono di uno strumento rapido per visualizzare le zone di impatto e valutare meglio le misure di evacuazione e mitigazione. Il secondo vantaggio è che la direzione aziendale può disporre rapidamente di uno strumento per visualizzare il rischio associato a scenari convenzionali o personalizzati, supportando così i processi decisionali, ad esempio nella scelta delle barriere di sicurezza o protezione da migliorare. Inoltre, lo strumento potrebbe essere utilizzato per la formazione dei dipendenti. Gli scenari di emergenza possono essere simulati nello strumento 3D per illustrare procedure di emergenza e barriere o apparecchiature critiche.

Lo svantaggio legato alla necessità di avere tempi di esecuzione brevi nella valutazione del rischio è l'accuratezza dei modelli fisici. I modelli integrali utilizzati nello strumento sono meno accurati rispetto ad altri disponibili; tuttavia, considerato lo scopo dello strumento (in particolare per la gestione delle emergenze), la minore accuratezza è considerata accettabile per migliorare la rapidità di calcolo.

Gli sviluppi futuri includono il miglioramento complessivo degli algoritmi dello strumento. Verranno implementate procedure per la valutazione degli effetti domino in base al tipo di apparecchiatura e alla sostanza immagazzinata, per stimare il rischio dell'intera catena incidentale. In conclusione, la versione completa dello strumento supporterà gestori e analisti nell'affrontare le problematiche ISS.

Riferimenti

American Petroleum Institute (API), 2008, ANSI/API Standard 581 – Risk-Based Inspection Technology, American Petroleum Institute, Washington D.C., U.S.

American Petroleum Institute (API), 2013, ANSI/API Standard 780 – Security Risk Assessment Methodology for the Petroleum and Petrochemical Industries, American Petroleum Institute, Washington D.C., U.S.

Baybutt P., Ready V., 2003, Strategies for protecting process plants against terrorism, sabotage and other criminal acts, Homeland Defense Journal, 2, 1.

Casson Moreno V., Marroni G., Landucci G., 2022, Probabilistic assessment aimed at the evaluation of escalating scenarios in process facilities combining safety and security barriers, Reliability Engineering and System Safety, 228, 108762

de Dianous V., Fiévez C., 2006, ARAMIS project: A more explicit demonstration of risk control through the use of the bow-tie diagrams and the evaluation of safety barrier performance, Journal of Hazardous Materials, 130, 220-233

Hankinson G., Lowesmith B.J., 2012, A consideration of methods of determining the radiative characteristics of jet fires, Combustion and Flame, 159, 1165-1177.

Landucci G., Cozzani V., Birk M., 2013, Heat Radiation Effects, Chapter In: Reniers G., Cozzani V. (Eds.), Domino Effects in the Process Industries: Modelling, Prevention and Managing, 70-115

Laurent A., Pey A., Gurtel P., Fabiano B., 2021, A critical perspective on the implementation of the EU Council Seveso Directive in France, Germany, Italy and Spain, Process Safety and Environmental Protection, 148, 47-74

Marroni G., Piemonte A., Tamburini F., Caroti G., Pannocchia G., Landucci G., 2022, An Interdisciplinary Approach Towards the Integrated Safety-Security Assessment of Process Facilities Operating in the Maghreb Context, Chemical Engineering Transactions, 91, 517-522

Marroni G., Casini L., Kuipers S., Dentone D., Mossa Verre M., Overdijk W., Casson Moreno V., Landucci G., 2023, Real-time Assessment of Integrated Safety-security Scenarios Triggering Cascading Events in the Process Industries, Chemical Engineering Transactions, 99, 349-354

Sabatini M., Zanelli S., Ganapini S., Bonvicini S., Cozzani V., 2009, Ranking the attractiveness of industrial plants to external acts of interference, Safety, Reliability and Risk Analysis: Theory, Methods and Applications - Proceedings of the Joint ESREL and SRA—Europe Conference, 1199–1205.

van den Bosch C.J.H., Weterings R.A.P.M., 2005, Methods for the calculation of physical effects (Yellow Book), Committee for the Prevention of Disasters, The Hague, The Netherlands.

7. Comunicazione di crisi sanitaria: lezioni dal COVID-19

Caterina Rizzo, Francesco Gesualdo e Cesare Buquicchio

Dipartimento di Ricerca Traslazionale e delle Nuove Tecnologie in Medicina e Chirurgia, Università di Pisa

7.1 La comunicazione come pilastro della risposta sanitaria durante le emergenze

Le numerose emergenze sanitarie (più o meno severe) che il nostro Sistema Sanitario Nazionale è chiamato ad affrontare frequentemente, hanno messo in evidenza, negli ultimi anni, la necessità di un approccio multidimensionale per la gestione ottimale della risposta. La pandemia da Covid-19 ha chiaramente mostrato questa necessità vedendo lavorare insieme: igienisti, anestesisti e rianimatori, microbiologi e virologi, infettivologi, statistici, informatici, *data scientists*, esperti delle scienze sociali e comportamentali, economisti ed esperti di comunicazione del rischio. Questa integrazione di competenze e di strumenti molto diversi tra loro è ormai fondamentale in un mondo che sta andando incontro ad un aumento della complessità e a una forte accelerazione dei processi, ed il coordinamento tra questi ambiti è necessario per rendere possibile una risposta più efficace e coesa.

Uno dei temi più cruciali della multidimensionalità è rappresentato dalla comunicazione del rischio. Comunicare in emergenza significa saper trasmettere informazioni tempestive, accurate, comprensibili e in grado di creare dei cambiamenti nei comportamenti delle persone, in modo che possano proteggere la loro salute in un contesto di incertezza (WHO, *Communicating Risk in Public Health Emergencies*, 2017), nel quale le conoscenze sono in continua evoluzione e le emozioni sono fortemente sollecitate. È un compito che richiede competenze tecniche, capacità di creare messaggi ad hoc per diverse categorie di popolazione (inclusi gli operatori sanitari), mediazione culturale e gestione di canali diversificati, dal comunicato stampa ufficiale al post sui social network.

L'esperienza della pandemia ha dimostrato che la qualità della comunicazione può incidere direttamente sull'impatto delle altre dimensioni della risposta. Test diagnostici innovativi o vaccini sicuri rischiano di rimanere inutilizzati se la popolazione non li percepisce come tali; misure di contenimento possono fallire se non vengono comprese o se vengono percepite come arbitrarie. Per questo, già il Regolamento Sanitario Internazionale (WHO, 2005), un accordo tra i Paesi membri dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) per fronteggiare le emergenze di sanità pubblica, considera la comunicazione del rischio una delle otto capacità essenziali che ogni Stato deve sviluppare, al pari della sorveglianza epidemiologica o della capacità laboratoristica.

È attraverso la comunicazione che si costruisce la fiducia tra istituzioni e cittadini e che si orientano i comportamenti. La fiducia funziona da filtro: senza fiducia, i dati non sono sufficienti ad orientare i comportamenti collettivi. Alcuni studi hanno dimostrato che il livello di fiducia correla con il livello di *compliance* nei confronti delle misure di contenimento (Sarracino 2024, Lenka Hrbková 2024). In diversi Paesi, la capacità di fornire messaggi chiari e coordinati si è tradotta in un'adesione convinta alle raccomandazioni, mentre incoerenze, contraddizioni o ritardi hanno rapidamente eroso la credibilità e aperto spazio a scetticismo, resistenze e comportamenti rischiosi.

La natura della comunicazione sanitaria in emergenza è multidisciplinare. Richiede competenze che permettano di orientarsi nelle logiche dei media, di adattare i contenuti a differenti canali e a diverse categorie di popolazione target, e di gestire la relazione con le comunità e con i diversi *stakeholder*. Allo stesso tempo, deve tenere conto del fatto che i rischi non sono percepiti in modo neutro, ma sono il prodotto di processi

psicologici, sociali e culturali che possono amplificare o attenuare la risposta collettiva (CDC, *Crisis and Emergency Risk Communication Manual*, 2018). La percezione del rischio, infatti, può determinare l'accettazione o il rifiuto da parte della popolazione, influenzando in modo diretto l'efficacia delle misure proposte. La comunicazione durante le emergenze è dunque un terreno dove si incontrano epidemiologia, sociologia, psicologia, scienze della comunicazione, scienza dei dati e tecnologie digitali.

La pandemia ha reso evidente che la tempestività e la chiarezza dei messaggi possono salvare vite, ridurre la pressione sui sistemi sanitari e rafforzare la resilienza collettiva. Allo stesso tempo, ha mostrato quanto sia fragile questo equilibrio: basta un'informazione mal trasmessa o un dubbio non affrontato per incrinare la fiducia e compromettere l'efficacia dell'intera risposta.

La comunicazione durante la pandemia di COVID-19 è stata parte integrante della gestione dell'emergenza. I capitoli che seguono approfondiranno tre questioni centrali: la comunicazione del rischio, con le sue sfide legate all'incertezza e alla trasparenza; l'infodemia, ovvero la diffusione massiva di informazioni e disinformazione che ha portato allo sviluppo di una nuova disciplina, l'*infodemic management* (WHO, 2020); e, in conclusione, le prospettive formative e istituzionali necessarie a consolidare la comunicazione del rischio come competenza trasversale della sanità pubblica.

7.2 La comunicazione del rischio sanitario

7.2.1 La percezione del rischio

La percezione del rischio non coincide con la probabilità statistica di un evento. Secondo il *Social Amplification of Risk Framework* teorizzato da Roger e Jeanne Kasperson la percezione del rischio nasce dall'interazione tra il pericolo e processi psicologici, sociali, istituzionali e culturali che possono amplificare o attenuare la risposta collettiva.

Secondo questa teoria, i segnali relativi al rischio passano attraverso diversi nodi sociali e individuali – scienziati, istituzioni, media, associazioni, opinion leader, reti sociali – che ne ridefiniscono il significato. In questo processo di filtraggio e trasformazione, il segnale originario viene reinterpretato e può assumere un peso diverso rispetto al dato oggettivo. L'esperienza del rischio dunque non è diretta, ma mediata da processi comunicativi e sociali che costruiscono l'interpretazione collettiva. Gli effetti che derivano da questa trasformazione si propagano oltre l'evento iniziale, diffondendosi a onde concentriche come un sasso lanciato in uno stagno e generando ricadute che possono coinvolgere economia, istituzioni e comunità. La rappresentazione sociale del rischio si intreccia infine con la percezione soggettiva, che a sua volta condiziona l'accettazione o il rifiuto delle misure sanitarie, influenzando in modo diretto l'efficacia della risposta.

Durante la pandemia da COVID-19, questo meccanismo è apparso con particolare evidenza. Eventi rarissimi, come gli episodi di trombosi associati ai vaccini a vettore virale, hanno avuto un impatto sproporzionato sull'opinione pubblica rispetto alla loro incidenza reale. La forte visibilità mediatica e l'incertezza comunicativa che ne è derivata hanno portato a un calo di fiducia e hanno avuto un impatto sulle scelte di vaccinazione di milioni di persone. Allo stesso modo, la percezione del rischio di contagio ha determinato livelli diversi di adesione alle misure di contenimento: in alcune fasi si è osservata un'adesione spontanea elevata, in altre un rapido scivolamento verso la disattenzione, alimentato da fatica, sfiducia e messaggi contraddittori.

Comprendere il funzionamento della percezione del rischio significa riconoscere che la comunicazione non agisce mai in un vuoto, ma si innesta su processi cognitivi, contesti sociali e aspettative emotive. Tenere conto di questa dimensione è cruciale per elaborare strategie comunicative capaci di orientare i comportamenti in modo coerente con gli obiettivi di salute pubblica.

7.2.2 Principi e processi della comunicazione del rischio

La comunicazione del rischio è un processo continuo che accompagna tutte le fasi di un'emergenza: dalla preparazione, alla risposta, fino alla fase post-crisi. Non consiste soltanto nel diffondere informazioni, ma

nell'instaurare un dialogo che consenta di costruire fiducia, orientare comportamenti e ridurre ansia e incertezza.

Il manuale *Crisis and Emergency Risk Communication* (CERC) dei Centers for Disease Control and Prevention (CDC) ha sintetizzato in sei principi i requisiti di una comunicazione efficace in emergenza.

1. **Essere i primi (Be first):** la tempestività è una variabile fondamentale della comunicazione del rischio, anche considerando che chi comunica per primo acquisisce credibilità, diventa la fonte di riferimento e previene i cosiddetti vuoti informativi che possono favorire la diffusione di disinformazione.
2. **Essere corretti e accurati (Be right):** occorre fornire informazioni accurate, dichiarando chiaramente cosa si sa, cosa non si sa e cosa si sta facendo per colmare le incertezze.
3. **Essere credibili (Be credible):** l'onestà e la trasparenza non vanno mai compromesse durante le emergenze.
4. **Mostrare empatia (Express empathy):** riconoscere apertamente emozioni e paure rafforza il legame di fiducia.
5. **Promuovere azione (Promote action):** prediligere una comunicazione proattiva dando indicazioni su azioni concrete al fine di ridurre l'ansia e restituire senso di controllo
6. **Mostrare rispetto (Show respect):** un atteggiamento rispettoso sostiene la cooperazione e la resilienza collettiva.

Le linee guida dell'OMS (WHO, 2017) presentano un approccio complementare. L'OMS propone tre blocchi di raccomandazioni che riguardano la governance della comunicazione del rischio.

Costruire fiducia e coinvolgere le comunità: comunicare l'incertezza con messaggi trasparenti e di facile comprensione, identificare persone di cui la popolazione si fida e co-progettare con loro strategie e contenuti.

Integrare la comunicazione nei sistemi sanitari: inserire esperti di comunicazione nei gruppi di risposta alle emergenze, sviluppare reti tra agenzie e organizzazioni, adattare i sistemi informativi alle esigenze degli utenti, garantire formazione continua e risorse dedicate.

Pianificare la comunicazione in modo permanente: non limitarsi a intervenire durante la crisi, ma predisporre piani strategici, strumenti di ricerca, monitoraggio e valutazione, utilizzare i social media, assicurare coerenza e chiarezza dei messaggi nel tempo.

CDC e OMS convergono sugli stessi valori di fondo – tempestività, trasparenza, credibilità, empatia, coinvolgimento – ma li declinano con prospettive diverse: il CDC offre una guida pratica per chi comunica, mentre l'OMS inserisce la comunicazione in una cornice di sistema che comprende governance, pianificazione e integrazione nei servizi sanitari.

Nel libro *La comunicazione nelle emergenze sanitarie*, Cesare Buquicchio (co-autore di questo saggio), Diana Romersi e Cristiana Pulcinelli hanno sintetizzato i principi della comunicazione del rischio in nove punti. La proposta nasce da un confronto tra le linee guida dell'OMS (2017), le raccomandazioni dello European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC) e i piani nazionali elaborati dal Ministero della Salute (a partire dal PanFlu 2021–2023), dall'Istituto Superiore di Sanità e da altre istituzioni coinvolte. Il risultato è un "quasi-decalogo" che intende tradurre in indicazioni concrete e operative un insieme di principi condivisi a livello internazionale.

1. Costruire fiducia

La fiducia si alimenta nel tempo, molto prima dell'inizio di una crisi, e poggia su diversi fattori: la reputazione dell'istituzione, la qualità delle relazioni con interlocutori pubblici e privati, l'accreditamento dell'istituzione presso i media come fonte credibile attraverso una rete di contatti consolidata, la trasparenza delle informazioni, l'accuratezza e la tempestività dei messaggi, il coinvolgimento e la partecipazione della

popolazione e la capacità di mostrare empatia. Curare questi aspetti in modo sistematico è la condizione per poter contare sulla collaborazione dei cittadini durante un'emergenza.

2. Comunicare l'incertezza

Ogni emergenza è caratterizzata da un grado intrinseco di incertezza. Per non compromettere la fiducia è necessario dichiarare apertamente cosa si sa, cosa non si sa e cosa si sta facendo per colmare le lacune, evitando di mostrare un'eccessiva sicurezza che potrebbe essere smentita dall'evoluzione dei dati. Le incertezze comunicate devono riguardare soprattutto gli aspetti rilevanti per le decisioni collettive, e vanno accompagnate da messaggi empatici che riconoscano le paure del pubblico e spieghino i processi con cui si costruiscono le raccomandazioni.

3. Coinvolgere le comunità

La comunicazione del rischio diventa più efficace quando si affianca all'informazione un processo di ascolto e di dialogo con la comunità. Coinvolgere la comunità, ascoltare bisogni e preoccupazioni, individuare figure riconosciute come autorevoli, costruire messaggi insieme a loro e valorizzare reti associative o civiche favorisce fiducia, adesione alle raccomandazioni e corresponsabilità, trasformando i cittadini da semplici destinatari a partner nella gestione dell'emergenza.

4. Fornire messaggi tempestivi, chiari, empatici e coerenti

Ogni messaggio deve partire dalla conoscenza del pubblico a cui è rivolto, deve adattarsi al contesto socioculturale e utilizzare linguaggi semplici, privi di tecnicismi. È fondamentale che arrivi tempestivamente, con informazioni accurate fin dal primo momento, per evitare di lasciare spazio alla disinformazione, o a incomprensioni che possono persistere nel tempo. I messaggi devono essere coerenti tra le diverse istituzioni e promuovere azioni concrete e realizzabili. Infine, dichiarazioni che trasmettono empatia rafforzano la fiducia e mostrano che la risposta è orientata al bene della popolazione.

5. Coordinarsi tra istituzioni

In emergenza comunicano istituzioni scientifiche, sanitarie, governative, nazionali e locali. Non è sempre possibile né opportuno avere una sola voce, ma è essenziale garantire coerenza e convergenza tra i messaggi. In questo quadro, la collaborazione a livello internazionale deve avere come punti di riferimento l'OMS e l'ECDC. Il coordinamento, predisposto già in fase di pianificazione attraverso protocolli e piani comuni, previene contraddizioni, rafforza la credibilità e riduce gli spazi in cui può diffondersi la disinformazione.

6. Ritagliare le informazioni sui bisogni

Una comunicazione efficace deve adattarsi ai diversi gruppi della popolazione, tenendo conto delle disuguaglianze comunicative, ovvero delle differenze nell'accesso, nell'interpretazione e nell'uso delle informazioni legate a età, sesso, lingua e condizioni socioeconomiche. È importante mettere a punto strategie comunicative differenziate tenendo conto dei diversi profili di percezione del rischio nella popolazione. Inoltre, affrontare solo la dimensione cognitiva non basta: i messaggi devono prendere in considerazione anche valori ed emozioni, bilanciando preoccupazione e speranza.

7. Disporre di personale e budget dedicati

Un piano di comunicazione del rischio deve prevedere professionisti dedicati, sostenuti da studio, formazione e ricerca permanenti, e un budget specifico da attivare in caso di emergenza. L'OMS sottolinea che il finanziamento resta una delle principali sfide nella gestione del rischio: destinare risorse umane ed economiche alla comunicazione è quindi un requisito essenziale, da pianificare prima della crisi. La capacità di comunicare va costruita a livello locale e nazionale con ruoli, responsabilità e infrastrutture stabili e chiaramente definite. Accanto alle strutture interne, è utile prevedere reti di consulenti specializzati in diversi ambiti della comunicazione.

8. Pianificazione, simulazione, monitoraggio e valutazione

La preparazione è la base di una comunicazione efficace. Secondo l'OMS, pianificare significa definire una strategia per dialogare con tutti gli stakeholder, predisporre messaggi di base, formare il personale anche

tramite simulazioni e attivare procedure rapide di revisione dei messaggi. Il CDC indica sei momenti fondamentali per la redazione di un piano di comunicazione: costituire un gruppo di comunicazione, analizzare lo scenario, fissare obiettivi, individuare i destinatari, redigere il piano (con messaggi, canali, tempi e risorse) e valutarne l'efficacia. Dopo la predisposizione del piano, occorre mettere a punto strumenti di monitoraggio e valutazione continua, così da adattare la comunicazione durante la crisi e migliorare le strategie nelle fasi successive.

9. Promuovere la relazione con media tradizionali e social media

La comunicazione del rischio richiede relazioni consolidate con i media tradizionali, che nelle prime fasi restano il principale canale per informare il grande pubblico. Al tempo stesso è indispensabile presidiare i social media, non solo per diffondere messaggi ma anche per coinvolgere attivamente il pubblico, facilitare la comunicazione tra pari, creare consapevolezza della situazione, monitorare e rispondere a voci e preoccupazioni, sostenere le risposte a livello locale e intercettare disinformazione. Media tradizionali e social devono infine essere parte di una strategia integrata, capace di garantire la convergenza di informazioni verificate e accurate.

7.3 Infodemia e infodemic management

7.3.1 Origini e definizione del concetto di infodemia

Il termine *infodemia* fu introdotto nel 2003 dal politologo David Rothkopf, in riferimento alla diffusione di informazioni durante l'epidemia di SARS. Con la pandemia da COVID-19 il concetto è stato ripreso e ridefinito dall'OMS, che lo ha descritto come "un eccesso di informazioni, alcune accurate e altre no, che rende difficile per le persone trovare fonti affidabili e orientarsi sulle azioni da intraprendere" (WHO, 2020). L'infodemia, dunque, non coincide con la disinformazione, ma indica in generale un sovraccarico di notizie che, per volume eccessivo, velocità di circolazione e continua rielaborazione, diventano difficili da interpretare.

I social media hanno avuto un ruolo centrale nell'ecosistema informativo durante la pandemia: da un lato hanno permesso di diffondere rapidamente aggiornamenti ufficiali, dall'altro hanno anche favorito la circolazione di teorie complottiste, informazioni su cure miracolose e campagne coordinate di disinformazione. Il sovraccarico informativo e la diffusione della disinformazione hanno avuto degli impatti tangibili nella popolazione: esitazione o rifiuto della vaccinazione, sottovalutazione dei rischi reali, scelta di rimedi inefficaci. Come indicato nella definizione proposta dall'OMS, l'infodemia si è configurata come un fenomeno capace di incidere direttamente sui comportamenti collettivi, potenzialmente amplificando ansia e polarizzazione.

A partire dal 2020, l'OMS ha progressivamente delineato un approccio sistematico per affrontare queste sfide, dando vita alla nuova disciplina dell'*infodemic management*. La sua istituzionalizzazione è avvenuta attraverso conferenze internazionali, che hanno coinvolto oltre cento esperti di discipline diverse, e attraverso programmi di formazione specifici per una nuova figura professionale: l'*infodemic manager*. Questi percorsi hanno definito un quadro di competenze che comprende social listening, analisi dei dati, risposta comunicativa basata sulle prove e coinvolgimento delle comunità. L'*infodemic management* è oggi considerato una funzione di sanità pubblica a tutti gli effetti, che i sistemi sanitari dovrebbero integrare stabilmente con personale formato, risorse dedicate e reti di collaborazione.

7.3.2 Aree di intervento e strumenti dell'infodemic management

L'*infodemic management* si fonda su un approccio multidisciplinare che combina epidemiologia, scienze sociali, *data science*, comunicazione e scienze comportamentali. Nella pubblicazione *Managing the infodemic in the 21st century*, di Tina Purnat, Tim Nguyen e Sylvie Briand è stata proposta una sistematizzazione delle

pratiche sviluppate durante la pandemia. Sono state descritte quattro aree operative che dovrebbero guidare l'azione dei sistemi sanitari.

- **Ascolto e monitoraggio (social listening):** l'analisi delle conversazioni online e offline è il primo passo per comprendere il contesto informativo. Il social listening ha l'obiettivo di intercettare la disinformazione già diffusa, ma anche identificare precocemente segnali deboli, bisogni informativi insoddisfatti e dubbi emergenti, che possono amplificarsi se non affrontati tempestivamente.
- **Interpretazione e analisi:** i dati raccolti richiedono un'elaborazione multidimensionale. Accanto alle tecniche di analisi quantitativa proprie della data science, è fondamentale interpretare i contenuti alla luce dei contesti culturali, politici e sociali. Questa integrazione permette di trasformare grandi quantità di dati in *insights* realmente utilizzabili per orientare le decisioni di salute pubblica.
- **Risposta e intervento:** le azioni possibili vanno oltre la semplice correzione delle informazioni false. È essenziale integrare strumenti diversi: campagne di comunicazione mirate a gruppi specifici, collaborazione con leader comunitari, programmi di fact-checking e *debunking*. Sempre più centrale è l'approccio del *prebunking*, che consiste nell'anticipare narrazioni fuorvianti e nel fornire al pubblico strumenti cognitivi per riconoscere e neutralizzare la disinformazione prima che si diffonda.
- **Valutazione e apprendimento:** Monitorare l'efficacia delle azioni, raccogliere dati sugli esiti e integrare le lezioni apprese nei sistemi di risposta consente di costruire competenze nel tempo e di rendere progressivamente più resiliente il sistema informativo-sanitario.

Queste quattro aree operative devono essere viste come parti di un ciclo continuo, nel quale ascolto, analisi, intervento e valutazione si alimentano reciprocamente.

Un elemento trasversale a tutte queste aree è la collaborazione intersettoriale. L'*infodemic management* richiede il coinvolgimento non solo delle autorità sanitarie, ma anche delle istituzioni educative, dei media, delle piattaforme digitali e delle organizzazioni della società civile. Reti di collaborazione stabili e diversificate permettono di rendere coerente la comunicazione, ridurre le disuguaglianze informative e raggiungere pubblici eterogenei.

7.3.3 Lezioni dal COVID-19 e prospettive future

La pandemia da COVID-19 ha rappresentato un banco di prova unico per l'*infodemic management*. Alcuni episodi hanno mostrato con chiarezza quanto le narrazioni fuorvianti possano incidere sui comportamenti: dalle teorie complottiste sull'origine artificiale del virus, alla diffusione di cure prive di prova scientifica d'efficacia, fino alle controversie sui vaccini. In casi estremi, la disinformazione ha avuto conseguenze dirette sulla salute: uno studio ha stimato che nei primi tre mesi del 2020 oltre 8.000 persone siano state ricoverate e circa 800 siano morte nel mondo per aver seguito consigli errati circolati online, come l'ingestione di metanolo o l'uso di altre sostanze tossiche presentate come rimedi contro il COVID-19. Ogni volta che la comunicazione istituzionale è apparsa incerta, contraddittoria o tardiva, la disinformazione ha trovato terreno fertile per diffondersi.

Un altro fenomeno emerso con forza è stata la *information fatigue*. L'eccesso di notizie, anche corrette, ha generato una sorta di saturazione informativa, spingendo molti cittadini a disconnettersi dai canali ufficiali. Questo ha ridotto l'efficacia della comunicazione e ha reso evidente che non basta fornire contenuti accurati: occorre calibrarne quantità, formato e frequenza, con l'obiettivo di garantire che i messaggi siano percepiti come pertinenti e concretamente applicabili.

Tra le lezioni più importanti c'è stata anche la constatazione che la fiducia non può essere costruita nel pieno della crisi, ma deve poggiare su basi solide già esistenti. Le istituzioni che avevano investito prima della pandemia in relazioni stabili con media, comunità e cittadini hanno potuto contare su un capitale fiduciario maggiore, riducendo la vulnerabilità alla disinformazione.

Guardando al futuro, sarebbe un errore considerare l'infodemia come un fenomeno episodico ed isolato legato solo al COVID-19. Le tecnologie digitali, e in particolare l'intelligenza artificiale generativa, stanno moltiplicando la capacità di produrre e diffondere rapidamente contenuti informativi. Questo amplifica i rischi di nuove ondate di disinformazione, ma apre anche la possibilità di utilizzare le stesse tecnologie per rafforzare il monitoraggio, l'analisi e la risposta, a condizione che testate, validate e integrate in un quadro etico e regolatorio chiaro.

Prepararsi alle prossime emergenze significa quindi consolidare sistemi permanenti di *infodemic management*, consolidare la formazione dei professionisti, rafforzare l'alfabetizzazione sanitaria e mediatica della popolazione, e costruire reti di collaborazione internazionale. L'infodemia non è un fenomeno accessorio, ma un determinante di salute pubblica: la sua gestione influisce direttamente sull'efficacia delle misure di prevenzione e controllo e sulla resilienza collettiva di fronte alle crisi future.

7.4 Sviluppare la resilienza di istituzioni e popolazione attraverso la formazione

La formazione svolge un ruolo cruciale nello sviluppo di quel bagaglio di abilità tecniche e cognitive necessarie ad affrontare efficacemente le prossime emergenze sanitarie. L'aver aumentato in modo rilevante la presenza e l'importanza della comunicazione del rischio nei nuovi piani di preparazione e risposta alle emergenze non è sufficiente se alla consapevolezza teorica non si associa una formazione pratica e continua. È necessario dunque rafforzata la formazione su questi temi a tutti i livelli, dalle aule universitarie all'educazione continua in medicina (ECM).

Al riguardo, l'Università di Pisa, con il supporto organizzativo del Consorzio QUINN, ha realizzato il primo corso di perfezionamento organizzato da un ateneo pubblico sulla comunicazione del rischio in sanità. Il percorso multidisciplinare "*Comunicare il rischio durante le emergenze sanitarie. Analisi delle sfide, gestione dell'infodemia e contrasto alla disinformazione*" (2024), diretto da Caterina Rizzo e da Cesare Buquicchio, ha raccolto le competenze dei massimi esperti di epidemiologia e di comunicazione del rischio per fornire lezioni teoriche e esercitazioni pratiche in grado di aggiornare e migliorare le competenze di oltre cinquanta professionisti del settore sanitario, tra i quali giornalisti e funzionari del ministero della Salute, delle Regioni e delle aziende sanitarie locali.

Le lezioni del corso CreSP hanno visto la presenza di docenti scelti tra i vertici dell'OMS, delle aziende sanitarie locali, del Ministero della Salute, del Dipartimento di Protezione Civile, e non da ultimo delle istituzioni europee. Si tratta di tutti i livelli istituzionali che, come già visto nei paragrafi precedenti, sono attori diretti nella gestione delle emergenze sanitarie. Il loro coinvolgimento nella formazione risulta un elemento decisivo per sviluppare le capacità di resilienza dei professionisti che lavorano nei media e nelle istituzioni e della popolazione generale.

Bibliografia

10.1038/s41598-021-04703-9.

Calleja N, AbdAllah A, Abad N, et al. A public health research agenda for managing infodemics: methods and results of the first WHO infodemiology conference. *JMIR Infodemiology*. 2021;1(1):e30979.

Communicating risk in public health emergencies: a WHO guideline for emergency risk communication (ERC) policy and practice. Geneva: World Health Organization; 2017. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Did the temporary suspension of Vaxzveria vaccinations influence COVID-19 vaccination intentions, vaccination perceptions and trust in the vaccination campaign? A repeated survey study in the Netherlands. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2023.02.013>

European Centre for Disease Prevention and Control. Public health emergency preparedness: core competencies for EU Member States. Stockholm: ECDC; 2017.

<https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-public-policy/article/fear-trust-and-compliance-with-covid19-measures-a-study-of-the-mediating-effect-of-trust-in-government-on-the-relationship-between-fear-and-compliance/BC28D769A78B5B83CE06EC015F571029>

ISBN 9788849007527

Islam MS, Sarkar T, Khan SH, Mostofa Kamal AH, Hasan SMM, Kabir A, Yeasmin D, Islam MA, Amin Chowdhury KI, Anwar KS, Chughtai AA, Seale H. COVID-19-Related Infodemic and Its Impact on Public Health: A Global Social Media Analysis. *Am J Trop Med Hyg.* 2020 Oct;103(4):1621-1629. doi: 10.4269/ajtmh.20-0812. PMID: 32783794; PMCID: PMC7543839.

Kasperson RE, Renn O, Slovic P, et al. The social amplification of risk: a conceptual framework. *Risk Analysis* 1988; 8(2):177-87.

Piano strategico-operativo nazionale di preparazione e risposta a una pandemia influenzale (PanFlu 2021-2023)». (Rep. Atti n. 11/CSR del 25 gennaio 2021). (21A00476) (GU Serie Generale n.23 del 29-01-2021 - Suppl. Ordinario n. 7)

Public's perspective on COVID-19 adenovirus vector vaccines after thrombosis with thrombocytopenia syndrome (TTS) reports and associated regulatory actions – A cross-sectional study in six EU member states. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2023.12.065>

Purnat TD, Briand S, Nguyen T, eds. *Managing Infodemics in the 21st Century*. Geneva: World Health Organization; Cham: Springer Nature; 2023. doi: 10.1007/978-3-031-27789-4

Reynolds, B. and Lutfy, C., 2018. *Crisis and emergency risk communication manual*. Centers for Disease Control and Prevention

Rothkopf D.J. When the buzz bites back. *The Washington Post*, 11 May 2003.

Sarracino F, Greyling T, O'Connor KJ, Peroni C, Rossouw S. Trust predicts compliance with COVID-19 containment policies: Evidence from ten countries using big data. *Econ Hum Biol.* 2024 Aug;54:101412. doi: 10.1016/j.ehb.2024.101412. Epub 2024 Jul 20. PMID: 39047673.

Tangcharoensathien V, Calleja N, Nguyen T, et al. Framework for managing the COVID-19 infodemic: methods and results of an online, crowdsourced who technical consultation. *J Med Internet Res.* Jun 26, 2020;22(6):e19659.

White BK, Ishizumi A, Lavery L, Wright A, Foley T, O'Neill R, Rambaud K, Sreenath RS, Salvi C, Takahashi R, D'Agostino M, Nguyen T, Briand S, Purnat TD. Expressions of pandemic fatigue on digital platforms: a thematic analysis of sentiment and narratives for infodemic insights. *BMC Public Health.* 2024 Mar 5;24(1):705. doi: 10.1186/s12889-024-17718-4. PMID: 38443914; PMCID: PMC10916327.

White TM, Lazarus JV, Rabin KH, Ratzan SC, El-Mohandes A. Emerging global patterns of COVID-19 vaccine information fatigue in 23 countries in 2023. *Vaccine.* 2024 Dec 2;42(26):126475. doi: 10.1016/j.vaccine.2024.126475. Epub 2024 Oct 30. PMID: 39476474.

Wilhelm E, Ballalai I, Belanger ME, et al. Measuring the burden of infodemics: summary of the methods and results of the Fifth WHO Infodemic Management Conference. *JMIR Infodemiology.* 2023;3(1):e44207.

World Health Organization. (2008). *International health regulations (2005)*. World Health Organization.

8. L'evoluzione del mondo agricolo: sostenibilità e transizione digitale

Gianluca Brunori

Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali, Università di Pisa

8.1 Introduzione

Con la strategia del Green Deal, l'Unione europea si è impegnata ad attuare una

"nuova strategia di crescita che mira a trasformare l'UE in una società giusta e prospera, con un'economia moderna, efficiente sotto il profilo delle risorse e competitiva in cui non vi siano emissioni nette di gas serra nel 2050 e in cui la crescita economica sia dissociata dall'uso delle risorse"⁸⁸

Questa strategia, che fa seguito agli accordi di Parigi e all'Agenda 2030, ha definito una tabella di marcia per la trasformazione dell'economia europea, in particolare nei sottosistemi energia, mobilità e alimentazione⁸⁹. Il settore agricolo, forestale e dell'uso del suolo è uno degli obiettivi chiave della trasformazione, articolato in tre documenti chiave, il Farm to Fork, la strategia per la biodiversità e il documento Fit for 55⁹⁰, che fissano obiettivi numerici chiari e ambiziosi per indicatori chiave quali la riduzione delle emissioni di gas serra, la riduzione sostanziale dell'uso di pesticidi/fertilizzanti/antibiotici, riduzione degli sprechi, aumento dei terreni dedicati all'agricoltura biologica e alla tutela della biodiversità.

Il Green Deal chiarisce che le sfide sociali forniscono obiettivi generali alle politiche economiche.

I problemi ambientali e sociali non sono più considerati *"fallimenti del mercato"*, un termine che sottolinea il primato dei meccanismi di mercato sulla società e che suggerisce che la rimozione delle imperfezioni del mercato risolverebbe i problemi⁹¹. Le narrazioni che introducono metafore come i *"confini del pianeta"* o lo *"spazio operativo sicuro e giusto"*, secondo cui i sistemi economici e gli attori economici non dovrebbero oltrepassare con le loro attività una serie di soglie biofisiche date se si vuole conservare la stabilità degli habitat umani, sono sempre più influenti sui documenti politici. Questi principi pongono l'accento sull'allineamento degli attori privati alle sfide della società attraverso meccanismi quali la condivisione degli sforzi, la responsabilità sociale delle imprese, la finanza sostenibile, la produzione/consumo sostenibili.

L'innovazione è considerata una chiave per la realizzazione della strategia del Green Deal: le politiche di ricerca e innovazione sono esplicitamente menzionate nella strategia come leve della trasformazione e sono prese in considerazione iniziative che cercano di combinare l'attrazione sociale e la spinta tecnologica.

⁸⁸ Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni: Il Green Deal europeo. Bruxelles, 11.12.2019 COM(2019) 640 final

⁸⁹ Prospettive sulle transizioni verso la sostenibilità. Rapporto AEA, n. 25/2007
<https://www.eea.europa.eu/publications/perspectives-on-transitions-to-sustainability>

⁹⁰ Proposta di REGOLAMENTO DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO che modifica il regolamento (UE) 2018/842 relativo alle riduzioni annuali vincolanti delle emissioni di gas a effetto serra a carico degli Stati membri nel periodo 2021-2030 come contributo all'azione per il clima al fine di onorare gli impegni assunti a norma dell'accordo di Parigi. Bruxelles, 14.7.2021 COM(2021) 555 final (COD) 2021/0200 (COD)

⁹¹ Weber, K.M., Rohrer, H., 2012. Legittimare le politiche di ricerca, tecnologia e innovazione per un cambiamento trasformativo: combinare le intuizioni dei sistemi di innovazione e la prospettiva multilivello in un quadro completo di "fallimenti". *Politica della ricerca* 41, 1037–1047. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2011.10.015>

Tuttavia, con l'affievolirsi del primato dei meccanismi di mercato, emerge il problema della trasformazione di orientamento.

Chi sono gli agenti del cambiamento? Chi dovrebbe stabilire la direzione del cambiamento? Quali risorse possono supportare i decisori politici nel processo di trasformazione?

Dal dibattito che il Green Deal ha generato, emerge chiaramente che la trasformazione non sarà un compito facile. Nella maggior parte dei casi, il raggiungimento degli obiettivi dipenderà non solo dalla volontà politica, ma dalla capacità della comunità politica di fornire soluzioni adeguate ai problemi emergenti, che in molti casi sono "*wicked problems*", cioè problemi controversi per i quali le conoscenze sono limitate. Una migliore conoscenza può aiutare ad affrontarli, supportando la progettazione e l'attuazione di nuove politiche trasformative. Le politiche di R&I possono fornire soluzioni vantaggiose per tutti o, almeno, fornire opzioni politiche e analizzare le relative implicazioni, trasformando così i *wicked problems* in problemi "complicati" (problemi per i quali sono disponibili conoscenze ma gli interessi sono in conflitto).

Inoltre, poiché le sfide sociali collegano molteplici dimensioni (economica, sociale e ambientale), esse affrontano molteplici ambiti politici, ciascuno dei quali è governato da regole specifiche e coalizioni di interessi, obiettivi e logiche di funzionamento diversi. Le politiche trasformative implicano un cambiamento della base di conoscenze, delle infrastrutture e delle competenze, della struttura del mercato e del comportamento dei consumatori. Richiedono l'integrazione tra le politiche, da promuovere attraverso la collaborazione o il coordinamento tra i settori politici e, in alcuni casi, richiedono politiche completamente nuove e nuovi attori giurisdizionali. I processi di integrazione possono quindi essere potenti motori di innovazione di sistema: ovvero di modifica delle metaregole, ovvero regole cognitive, etiche, tecniche, giuridiche, sociali che regolano le attività umane in un determinato dominio.

Comprendere i legami tra le politiche di R&I e tutte le altre politiche è fondamentale per il successo degli obiettivi di trasformazione.

La trasformazione che il *Farm to Fork* prevede si basa su una visione di "*sistemi alimentari sostenibili*", in cui tutte le persone hanno accesso a cibo nutriente e sostenibile e seguono regole alimentari sane e sostenibili. La prima implicazione di un approccio sistemico alle priorità legate all'alimentazione è che le politiche dovrebbero avere un lato della domanda, il che implicherebbe un'attenzione ai cambiamenti alimentari e al comportamento responsabile dei consumatori: sempre più politiche agricole dovranno rispondere alle sfide e alle priorità relative ai sistemi alimentari più ampi e alle politiche correlate.

L'aspetto centrale della trasformazione dei sistemi primari è la dimensione ecologica e, come ha evidenziato il recente *Global Food System Summit*, questi aspetti dovrebbero essere affrontati con soluzioni basate sulla natura. Dato l'attuale degrado degli agroecosistemi, la trasformazione è legata alla capacità delle pratiche agricole di rigenerare i suoli, di risparmiare acqua, di invertire l'erosione della biodiversità, di adattare i sistemi agricoli ai cambiamenti climatici. Questo, è ormai ampiamente accettato, può essere fatto passando dal paradigma della "*rivoluzione verde*", che ha dominato i sistemi di conoscenza agricola fino a poco tempo fa, ad approcci agroecologici, che mettono la diversità biologica e sociale al centro delle pratiche agricole e promuovono pratiche agricole che tendono a "*chiudere i cerchi*" dei cicli naturali⁹². In termini di politiche agricole, questo cambiamento implica l'adozione di norme agricole rigorose per limitare le emissioni di gas serra, l'uso di pesticidi/antibiotici/fertilizzanti, il rapporto tra animali e superficie agricola e persino l'identificazione di "*rese sostenibili*" come già avviene nei settori della pesca e della silvicoltura; Implica anche la promozione di modelli agricoli che ottimizzino l'offerta di servizi ecosistemici e di altri beni pubblici, e

⁹² Barrios, E., Gemmill-Herren, B., Bicksler, A., Siliprandi, E., Brathwaite, R., Moller, S., ... & Tittonell, P. (2020). I 10 elementi dell'agroecologia: consentire le transizioni verso un'agricoltura e sistemi alimentari sostenibili attraverso narrazioni visive. *Ecosistemi e persone*, 16(1), 230-247.

implicherebbe anche meccanismi efficaci di monitoraggio e controllo e misure di sostegno coerenti. Inoltre, le politiche agricole dovrebbero sostenere lo sviluppo di modelli di business agricoli agro-ecologici e l'apertura di nuovi mercati in grado di valorizzare la loro specificità.

L'approccio agro-ecologico è piuttosto lontano dalle pratiche agricole intensive, in gran parte basate su monocolture e dipendenza da input basati sui combustibili fossili. L'accento posto sull'agricoltura biologica – che è un insieme di norme agricole volontarie basate su principi agroecologici – data dalla strategia Farm to Fork – quota del 25% della superficie agricola europea nel 2050 – dovrebbe essere intesa come uno spazio per la sperimentazione di principi e pratiche agroecologiche⁹³ e di nuovi modelli di business, che dovrebbero applicarsi progressivamente a tutti i sistemi agricoli. Allo stesso tempo, l'agroecologia non è incompatibile con altri flussi di innovazione, come la biologia molecolare, le tecnologie digitali e la bioraffineria. Al contrario, queste tecnologie offrono interessanti opportunità per migliorare la conoscenza dei sistemi e per la loro gestione. La capacità di queste tecnologie di supportare la transizione agroecologica, tuttavia, è legata alla capacità delle politiche STI di allineare lo sviluppo tecnologico con altri tipi di innovazione e di evitare che venga guidata solo dalle mie forze di mercato.

8.2 Tipi di innovazione: definizioni e approcci

La versione del 2005 del manuale di Oslo definisce l'innovazione come

"l'implementazione di un prodotto (bene o servizio) o di un processo nuovo o significativamente migliorato, un nuovo metodo di marketing o un nuovo metodo organizzativo nelle pratiche commerciali, nell'organizzazione del luogo di lavoro o nelle relazioni esterne"

(OCSE e Eurostat, 2005)

La presente definizione si concentra specificamente sulle imprese, in particolare sull'offerta, e non considera i cittadini, le organizzazioni della società civile e le pubbliche amministrazioni. L'attuazione di molti degli SDGs, al contrario, implica innovazione dal lato della domanda e dei modelli di relazione tra le pubbliche amministrazioni, la società civile e le imprese. Per questo motivo, la definizione fornita dall'edizione 2018 è

"un prodotto o processo (o una loro combinazione) nuovo o migliorato che differisce in modo significativo dai precedenti prodotti o processi dell'unità e che è stato messo a disposizione di potenziali utilizzatori (prodotto) o messo in uso dall'unità (processo)".

Questa definizione si applica non solo alle imprese, ma a qualsiasi unità organizzativa (imprese, governo, società civile, famiglie). Tuttavia, anche il manuale del 2018 (OCSE, 2019) si concentra sull'innovazione delle imprese, di cui individua due tipologie principali: l'innovazione di prodotto e l'innovazione di processo⁹⁴.

⁹³ "Gli approcci agroecologici favoriscono l'uso di processi naturali, limitano l'uso di input acquistati, promuovono cicli chiusi con esternalità negative minime e sottolineano l'importanza della conoscenza locale e dei processi partecipativi che sviluppano la conoscenza e la pratica attraverso l'esperienza, nonché metodi scientifici più convenzionali e affrontano le disuguaglianze sociali. Gli approcci agroecologici riconoscono che i sistemi agroalimentari sono sistemi socio-ecologici accoppiati dalla produzione alimentare al consumo e coinvolgono la scienza, la pratica e un movimento sociale, così come la loro integrazione olistica, per affrontare il FSN".

da: HLPE. 2019. Agroecologico e altri approcci innovativi per un'agricoltura e sistemi alimentari sostenibili che migliorano la sicurezza alimentare e la nutrizione. Un rapporto del gruppo di esperti di alto livello sulla sicurezza alimentare e la nutrizione del Comitato per la sicurezza alimentare mondiale, Roma.

⁹⁴ OCSE, 2019

Tipi di innovazione: definizioni dell'OCSE

Innovazione di prodotto: un bene o un servizio nuovo o migliorato che differisce in modo significativo dai precedenti beni o servizi dell'impresa e che è stato introdotto sul mercato (OCSE, 2019).

Innovazione dei processi aziendali: un processo aziendale nuovo o migliorato per una o più funzioni aziendali che differisce in modo significativo dai precedenti processi aziendali dell'impresa e che è stato messo in uso dall'impresa (OCSE, 2019).

Le innovazioni organizzative si riferiscono all'implementazione di nuovi metodi organizzativi. Può trattarsi di cambiamenti nelle pratiche commerciali, nell'organizzazione del luogo di lavoro o nelle relazioni esterne dell'impresa (OCSE, 2005).

Innovazione del marketing: l'implementazione di un nuovo metodo di marketing che comporta modifiche significative nel design o nell'imballaggio del prodotto, nel posizionamento del prodotto, nella promozione del prodotto o nella determinazione dei prezzi. (OCSE, 2005).

Già nel manuale del 2005 si considerava l'innovazione di marketing e l'innovazione organizzativa, ma per considerare le innovazioni che avvengono in un contesto più ampio è necessario cercare altri corpi di letteratura.

Prima di tutto, dobbiamo sottolineare che l'innovazione avviene come un cambiamento nei sistemi sociotecnici, cioè nei sistemi che collegano insieme attori, artefatti e regole⁹⁵. Ciò implica che qualsiasi cambiamento a livello locale potrebbe innescare altri cambiamenti in altri punti del sistema. Questo approccio aiuta anche a capire come l'innovazione trasformativa avvenga sotto forma di "pacchetti" *"di tecnologie, politiche, conoscenze, istituzioni sociali e norme culturali che si rafforzano a vicenda"*.⁹⁶ *L'innovazione del modello di business*⁹⁷, ad esempio, è un mix di innovazione di prodotto, di processo e organizzativa.

Quando si considerano i pacchetti, è necessario prendere in considerazione almeno due importanti tipi di innovazione: l'innovazione sociale e l'innovazione istituzionale.

Per quanto riguarda **l'innovazione sociale**, le definizioni considerano due aspetti: la capacità di creare benefici non economici⁹⁸⁹⁹ e la capacità di mobilitare le risorse sociali in modi innovativi.

Se si applica solo il primo criterio, avremmo un gran numero di imprese che si qualificano per l'innovazione sociale, poiché l'innovazione "verde" ed "etica" sono tendenze in rapida crescita. Per quanto riguarda il secondo criterio, ci sono diversi esempi di aziende che incoraggiano nuovi accordi sociali, ad esempio quando la filosofia di gestione supporta l'organizzazione del lavoro in team, o quando gli utenti sono coinvolti nello

⁹⁵ Geels, F. W. (2004). Dai sistemi settoriali di innovazione ai sistemi socio-tecnici: approfondimenti sulle dinamiche e sui cambiamenti dalla sociologia e dalla teoria istituzionale. *Politica della ricerca*, 33(6-7), 897-920.

⁹⁶ Barrett, Christopher B., Tim Benton, Jessica Fanzo, Mario Herrero, Rebecca J. Nelson, Elizabeth Bageant, Edward Buckler, Karen Cooper, Isabella Culotta, Shenggen Fan, Rikin Gandhi, Steven James, Mark Kahn, Laté Lawson-Lartego, Jiali Liu, Quinn Marshall, Daniel Mason-D'Croz, Alexander Mathys, Cynthia Mathys, Veronica Mazariegos-Anastassiou, Alesha (Black) Miller, Kamakhya Misra, Andrew G. Mude, Jianbo Shen, Lindiwe Majele Sibanda, Claire Song, Roy Steiner, Philip Thornton e Stephen Wood. *Pacchetti di innovazione socio-tecnica per la trasformazione dei sistemi agroalimentari*, rapporto del gruppo internazionale di esperti sulle innovazioni per costruire catene del valore alimentari sostenibili, eque e inclusive. Ithaca, NY e Londra: Cornell Atkinson Center for Sustainability e Springer Nature, 2020. Un rapporto del gruppo di esperti sulla sostenibilità della natura

⁹⁷ Edwards-Schachter, M. (2018). La natura e la varietà dell'innovazione. *Giornale internazionale di studi sull'innovazione*, 2(2), 65-79.

⁹⁸ Van der Have, R. P., & Rubalcaba, L. (2016). Ricerca sull'innovazione sociale: un'area emergente degli studi sull'innovazione? *Politica della ricerca*, 45(9), 1923-1935.

⁹⁹ La guida all'innovazione sociale della Commissione Europea (2013) afferma che "l'innovazione sociale può essere definita come lo sviluppo e l'implementazione di nuove idee (prodotti, servizi e modelli) per soddisfare i bisogni sociali e creare nuove relazioni sociali o collaborazioni". <https://op.europa.eu/it/publication-detail/-/publication/12d044fe-617a-4131-93c2-5e0a951a095c>

sviluppo del prodotto. Tuttavia, molti studiosi tendono a considerare l'innovazione sociale quando entrambi i criteri si applicano e sono collegati tra loro, ad esempio quando i lavoratori svantaggiati vengono inseriti nei processi lavorativi.

Secondo Davis e North (1970),¹⁰⁰ **l'innovazione istituzionale** è legata ai cambiamenti degli accordi interorganizzativi, cioè della governance,

che potrebbe essere sia formale (regolata da leggi o contratti) che informale (regolata dalle consuetudini). Ciò potrebbe essere causato da nuove regole e procedure, nuovi strumenti, nuovi attori istituzionali. Secondo Woodhill¹⁰¹, l'innovazione istituzionale si rivolge a quattro domini istituzionali: significato (come viene creato il significato e come cambia), associazione (come gli attori comunicano e cooperano), controllo (come vengono create e applicate le regole) e azione (come si verificano le pratiche socioeconomiche). Castro-Arce e Vanclay¹⁰² mostrano, con riferimento a un'agenzia di sviluppo rurale in Costa Rica, come l'innovazione sociale – sotto forma di una migliore cooperazione tra gli attori – possa generare un cambiamento istituzionale attraverso la creazione di una governance bottom-up.

Man mano che le innovazioni modificano i sistemi sociotecnici, esse dovrebbero essere analizzate identificandone le tre componenti: quella tecnologica, quella sociale e quella istituzionale. La tabella mostra una serie di esempi di tipi di innovazione nel settore agricolo e le relative componenti.

Tabella 2 Esempi di tipi di innovazione in agricoltura

Tipi di innovazione	Esempio	Componente tecnologica	Componente sociale	Componente istituzionale
Innovazione di prodotto	Prodotti ad alta densità di nutrienti	Miglioramento genetico Tecniche agricole sensibili alla nutrizione	Maggiore attenzione dei consumatori al valore nutrizionale degli alimenti	Le linee guida dietetiche ufficiali potrebbero favorire questa innovazione
Innovazione (retro)di prodotto	Razze e varietà tradizionali	Caratterizzazione del genotipo e del fenotipo	Scambio di semi	Allevamento partecipativo
Innovazione di processo	Disinfestazione biologica	Tecniche di allevamento di insetti utili / biopesticidi	Apprendimento peer-to-peer degli agricoltori	Buone pratiche agricole
Innovazione del modello di business	Filiere alimentari corte	App di marketing	Interazione produttori-consumatori	Regolamentazione comunale dei mercati contadini
Innovazione istituzionale	Schemi di certificazione di gruppo	Software di gestione dati	Riorganizzazione dei rapporti tra agricoltori	Riorganizzazione dei rapporti tra agricoltori ed enti di certificazione
Innovazione sociale	'Ring' per la gestione delle macchine agricole	App per la gestione dei servizi macchinari	Passaggio dalla proprietà individuale delle macchine alla proprietà collettiva	Attori intermedi per la gestione degli anelli

¹⁰⁰ Davis, L., & North, D. (1970). Cambiamento istituzionale e crescita economica americana: un primo passo verso una teoria dell'innovazione istituzionale. *Il giornale di storia economica*, 30(1), 131-149.

¹⁰¹ Woodhill, J. (2010). Capacità di innovazione istituzionale: una prospettiva di complessità. *Bollettino IDS*, 41(3), 47-59; Woodhill, AJ (2008). Plasmare i comportamenti: come si evolvono le istituzioni. *Il broker*, 2008(10), 4-8.

¹⁰² Castro-Arce, K., & Vanclay, F. (2020). Innovazione sociale trasformativa per lo sviluppo rurale sostenibile: un quadro analitico per assistere le iniziative basate sulla comunità. *Giornale di studi rurali*, 74, 45-54.

Come abbiamo detto sopra, un approccio sistemico all'innovazione si concentra sulla capacità di un'innovazione specifica di modificare i sistemi sociotecnici e socio-ecologici esistenti. Nella maggior parte dei casi, le innovazioni modificano i sistemi senza alterarne i principi critici di funzionamento: il miglioramento dell'efficienza di un motore basato su combustibili fossili non modifica il funzionamento del sistema stesso.

Quando è necessaria una trasformazione, il cambiamento nel sistema non è sufficiente. In questo caso è necessario un **cambio di sistema**.

Questo è il campo in cui opera l'innovazione di sistema. L'innovazione di sistema non è solo un tipo di innovazione tra gli altri: piuttosto, è un processo attraverso il quale tutti i tipi di innovazione contribuiscono ad alterare la base di risorse, la base di conoscenza, le competenze critiche, l'infrastruttura, le metaregole che governano i sistemi sociotecnici¹⁰³.

L'applicazione di un approccio sistemico all'innovazione in agricoltura implica, nel quadro del Green Deal e in particolare della strategia "Farm to Fork", la comprensione dei sistemi agricoli come sottosistemi di sistemi alimentari più ampi che affrontano la triplice sfida di garantire la sicurezza alimentare e la nutrizione per tutti, fornire mezzi di sussistenza lungo la catena alimentare e migliorare la sostenibilità ambientale del settore. Se noi poniamo i confini dei sistemi agricoli al cancello dell'azienda agricola o a livello di paesaggio, altri sottosistemi (trasformazione alimentare e bio-based, vendita al dettaglio, consumo) rappresentano l'ambiente che ne stabilisce le regole, le opportunità e i vincoli. Le aziende agricole e i paesaggi si evolvono in relazione ai cambiamenti di altri sottosistemi e, allo stesso tempo, i loro cambiamenti influenzano gli altri sottosistemi.

Nella transizione prevista dal Farm to Fork, i sistemi agricoli dovrebbero allineare le loro pratiche a obiettivi sociali come fermare il cambiamento climatico, garantire la sicurezza alimentare e la nutrizione, ripristinare la biodiversità. Dato che ciascuno di questi obiettivi potrebbe generare compromessi, l'approccio di sistema è necessario per trovare pacchetti di innovazione equilibrati e vantaggiosi per tutti. Se a livello di sistema alimentare le politiche cercheranno di orientare la domanda verso prodotti alimentari altamente nutrienti e sostenibili, cercando di modellare le diete degli europei con una percentuale maggiore di farine a base vegetale, il settore agricolo risponderà (o sarà proattivo) producendo prodotti più nutrienti e a bassa impronta, e modificherà il mix produttivo.

Data l'importanza delle risorse naturali, i sistemi agricoli possono essere studiati non solo come sistemi sociotecnici, ma anche come sistemi socio-ecologici. Mentre l'approccio sociotecnico enfatizza il ruolo della tecnologia e l'influenza reciproca con i modelli e le dinamiche sociali, l'approccio socio-ecologico - basato sul lavoro di Elinor Ostrom- sottolinea come le attività agricole traggano vantaggio e generino pressioni sui sistemi di risorse basati su sistemi di governance specifici di una determinata regione.

Nel Farm to Fork si afferma che

"gli agricoltori, i pescatori e i produttori di acquacoltura devono trasformare i loro metodi di produzione più rapidamente e utilizzare al meglio le soluzioni basate sulla natura, tecnologiche, digitali e spaziali per fornire migliori risultati climatici e ambientali, aumentare la resilienza ai cambiamenti climatici e ridurre e ottimizzare l'uso di fattori di produzione (ad esempio pesticidi, fertilizzanti)".

Per intraprendere percorsi di cambiamento verso questi obiettivi, le aziende agricole dovrebbero ricevere dal loro ambiente stimoli e feedback ecologici, tecnologici, di mercato, politici e sociali appropriati, e la trasformazione potrebbe implicare la rimozione delle barriere al cambiamento legate al sistema.

¹⁰³ OCSE (2015) Innovazione dei sistemi: rapporto di sintesi, 101 pp., <https://www.innovationpolicyplatform.org/systeminnovation-oced-project>

Un esempio di innovazione di sistema è l'affermazione di modelli di economia circolare attraverso la reintegrazione delle colture e del bestiame nell'agricoltura¹⁰⁴, le chiavi per soluzioni basate sulla natura. Negli attuali sistemi agricoli, la diversificazione implica una perdita economica per gli agricoltori, poiché la specializzazione riduce i costi operativi e di transazione e facilita l'integrazione nelle grandi catene del valore. La tecnologia agricola, compresa la tecnologia digitale, è in gran parte specializzata su singole colture o animali e gli investimenti in tecnologia richiedono soglie di dimensioni critiche. Le colture alternative richiedono spazi di stoccaggio alternativi e sbocchi di mercato alternativi. Gli standard di qualità dell'industria alimentare o dei rivenditori possono incentivare ulteriormente la specializzazione. Mentre il disaccoppiamento dei pagamenti della politica agricola comune può aver incoraggiato la diversificazione¹⁰⁵, altre misure si oppongono in larga misura ad essa, come il sostegno alle organizzazioni costituite intorno a singoli prodotti. Fornire sostegno alla rotazione delle colture o all'integrazione tra colture e bestiame, come nel caso dei regimi ecologici della PAC, potrebbe avere effetti limitati sul sistema se le condizioni ambientali (sociotecniche) non cambiano. Le economie circolari, in altre parole, richiedono innovazione di sistema: molteplici competenze e abilità, servizi di divulgazione adeguati, accesso a una pluralità di mercati di input, tecnologie polivalenti, infrastrutture adeguate, sbocchi di mercato adeguati.

Il successo dell'istituzione di un'economia circolare in una determinata regione agricola potrebbe essere visto come un'innovazione di sistema, definita dall'OCSE¹⁰⁶ come

"un'innovazione radicale nei sistemi socio-tecnici che svolgono funzioni sociali, che comporta cambiamenti sia nelle componenti che nell'architettura del sistema".

Emergerebbe come l'allineamento tra diversi tipi di innovazione: innovazione di processo che genera nuovi prodotti, nuovi modelli organizzativi, nuovi clienti e fornitori, nuove fonti di reddito, nuove tecnologie, nuove organizzazioni di produttori, nuovi criteri di qualità e regimi di sostegno, e potrebbe essere sostenuta da nuove forme di cooperazione con altri agricoltori (ad esempio tra produttori di colture e produttori animali). Nella letteratura sull'innovazione di sistema, si osserva che questo processo parte da iniziative pionieristiche (nicchie) che rompono le regole tecno-economiche dominanti, e che progressivamente scalano verso l'alto (crescono in dimensioni) o verso l'esterno (crescono in numeri), creando le condizioni per il cambiamento delle altre componenti del sistema. Le politiche dell'innovazione, si sostiene, possono gestire strategicamente nicchie per orientare il cambiamento di sistema¹⁰⁷, ad esempio sostenendo le startup, incentivando gli appalti pubblici, attivando la tassazione selettiva e il sostegno agli investimenti, coordinando la ricerca e l'istruzione¹⁰⁸.

8.3 Percorsi strategici futuri

Le politiche di trasformazione e le politiche di R&I sono fortemente connesse tra loro, come sottolineato nella relazione BOHEMIA:

"La politica di R&I dell'UE può essere al centro della strategia dell'Europa, con adeguate forme di allineamento tra gli obiettivi e le modalità di funzionamento della politica dell'UE in materia di ricerca e innovazione e di altre politiche dell'UE. La ricerca e l'innovazione possono diventare una

¹⁰⁴ Jean-Louis Peyraud (INRAE) e Michael MacLeod (SRUC) (2020) Studio sul futuro dell'allevamento dell'UE: come contribuire a un settore agricolo sostenibile? https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/cap-overview/cmef/farmers-and-farming/future-eu-livestock-how-contribute-sustainable-agricultural-sector_en

¹⁰⁵ Capitano, F., Gatto, E., & Millemaci, E. (2016). Pagamenti PAC e diversità territoriale nelle colture cerealicole: un'analisi delle aziende agricole italiane. *Politica sull'uso del suolo*, 54, 574-582.

¹⁰⁶ OCSE (2015) *Innovazione di sistema: rapporto di sintesi*, 101 pp. <https://www.innovationpolicyplatform.org/systeminnovation-oced-project>.

¹⁰⁷ Vedi anche Schot, J., & Geels, F. W. (2008). Gestione strategica delle nicchie e percorsi di innovazione sostenibile: teoria, risultati, agenda di ricerca e politica. *Analisi tecnologica e gestione strategica*, 20(5), 537-554.

¹⁰⁸ Janssen, MJ (2019). Cosa sbatte per il tuo dollaro? Valutazione della progettazione e dell'impatto della politica trasformativa olandese. *Previsioni tecnologiche e cambiamento sociale*, 138, 78-94.

forza trainante in un'agenda politica orientata al cambiamento che cambierà le traiettorie di sviluppo prevalenti e abbraccerà un cambiamento trasformativo equo e inclusivo".¹⁰⁹

Il rapporto Lamy¹¹⁰, che ha aperto la strada al programma Horizon Europe, afferma che

"la ricerca e l'innovazione devono essere integrate il più possibile nelle politiche e nei programmi. La ricerca è necessaria, ma non sufficiente, per alimentare l'innovazione".

La teoria del cambiamento che emerge da questi documenti può essere sintetizzata come segue: le politiche trasformative mirano all'innovazione di sistema; per questo motivo, hanno bisogno di politiche di R&I trasformative che forniscano indicazioni per allineare le attività di R&I con obiettivi trasformativi, in modo che la R&I possa fornire ai responsabili politici visioni, scenari e prove di trasformazione.

La chiave delle politiche trasformative è la capacità di creare tensioni creative con le politiche settoriali e con le "normali" politiche di innovazione.

Ad esempio, l'applicazione dei principi dell'economia circolare implica una revisione del quadro normativo dei rifiuti (altrimenti l'uso di residui potrebbe essere illegale), e il sostegno alle varietà e alle razze tradizionali implica una revisione delle norme e degli standard che regolano i mercati delle sementi (in caso contrario, le razze e le varietà tradizionali non potrebbero essere registrate).

Per innescare l'innovazione del sistema, questa tensione dovrebbe essere trasmessa a tutti i punti del sistema, dal livello locale a quello europeo, e in particolare ai confini tra i settori politici (ad esempio, tra le politiche sanitarie e agricole) e tra i livelli di governance. Ciò implica che, in tutti i settori strategici e a tutti i livelli di governance, dovrebbero essere incoraggiati la direzionalità, il coordinamento delle politiche, l'articolazione del mercato e la riflessività. Ciò implica che a tutti i livelli del sistema dovrebbero esserci attori, reti e istituzioni che guidano la trasformazione cambiando i sistemi sociotecnici in cui sono coinvolti.

¹⁰⁹ Commissione europea (2018) Transizioni all'orizzonte: prospettive per le future politiche di ricerca e innovazione dell'Unione europea.

https://www.academia.edu/41738715/Transitions_on_the_Horizon_Perspectives_for_the_European_Unions_future_research_and_innovation_policies.

¹¹⁰ Direzione generale della Ricerca e dell'innovazione (Commissione europea). LAB – FAB – APP: Investire nel futuro europeo che vogliamo: relazione del gruppo indipendente di alto livello sulla massimizzazione dell'impatto dei programmi di ricerca e innovazione dell'UE. LU: Ufficio delle pubblicazioni dell'Unione europea, 2017. <https://data.europa.eu/doi/10.2777/477357>.



PARTE III

**IL RUOLO DELLE TECNOLOGIE
DIGITALI PER AFFRONTARE
LE SFIDE CONTEMPORANEE**

9. La digitalizzazione al servizio del cambiamento

Marco Frosolini

Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale, Università di Pisa

9.1 Introduzione

Negli ultimi anni il termine *digital transformation* si è consolidato nel linguaggio quotidiano e in quello politico ed economico, fino a diventare un punto di riferimento quasi onnipresente. Parlare di digitalizzazione, tuttavia, non equivale a individuare un semplice aggiornamento tecnologico o la sostituzione di strumenti tradizionali con versioni digitali più avanzate. Si riferisce piuttosto a una trasformazione complessiva, capace di ridefinire modelli aziendali, strutture organizzative e forme di interazione sociale, influenzando al contempo pratiche quotidiane e abitudini consolidate.

Dal punto di vista produttivo, questa fase viene comunemente identificata come la quarta rivoluzione industriale. *De facto*, l'epoca attuale è caratterizzata dalla fusione tra processi fisici e strumenti digitali e tecnologie come la robotica collaborativa, l'intelligenza artificiale, l'Internet of Things, l'analisi avanzata dei dati e la blockchain stanno incidendo non solo sui meccanismi della produzione, ma anche sul significato stesso del lavoro e della conoscenza.

Le evidenze empiriche confermano questa accelerazione.

Secondo il *World Economic Forum* (2023), un numero molto elevato e tuttora crescente di imprese ha intensificato i propri investimenti digitali a seguito della pandemia di COVID-19.

La crisi sanitaria ha agito da catalizzatore, mostrando che la capacità di garantire continuità e competitività dipende sempre più dall'uso mirato delle tecnologie. Smart working, telemedicina, commercio elettronico e didattica online sono entrati nella quotidianità di milioni di persone, rivelando opportunità e limiti di una vita sempre più digitalizzata.

La diffusione del digitale, tuttavia, non segue traiettorie uniformi. Le differenze tra Paesi e settori rimangono rilevanti: nei Paesi nordici e in alcune economie asiatiche i livelli di digitalizzazione sono molto elevati, mentre in altre aree il divario resta marcato. Secondo l'OECD (2021), circa il 30% della popolazione mondiale non ha ancora accesso a Internet, e anche nei Paesi sviluppati persistono disuguaglianze legate a età, reddito e formazione. Di conseguenza, la digitalizzazione rischia di ampliare le fratture sociali anziché ridurle.

Sul piano teorico, studiosi come Floridi (2019) parlano di una nuova "*infosfera*": un ambiente in cui le tecnologie digitali non si limitano a sostenere l'economia, ma influenzano anche cultura, politica e relazioni quotidiane. In questa prospettiva la digitalizzazione assume una dimensione antropologica, poiché trasforma i modi in cui pensiamo, comunichiamo e prendiamo decisioni.

Nel contesto industriale e logistico, il paradigma di "*Industria 4.0*" sintetizza bene il cambiamento in corso. Gli impianti non operano più come unità isolate, ma come nodi di reti intelligenti in cui persone, macchine e sistemi informativi dialogano in tempo reale. I gemelli digitali consentono di simulare processi produttivi senza fermare la produzione, mentre tecnologie come blockchain e intelligenza artificiale migliorano la tracciabilità delle filiere e la pianificazione delle rotte.

È fondamentale ricordare che la digitalizzazione non coincide solo con l'adozione di nuovi strumenti tecnologici: essa comporta trasformazioni profonde nei modelli di governance, nell'organizzazione sociale e

nel rapporto tra cittadini e diritti digitali. La raccolta massiva di dati, ad esempio, pone interrogativi su proprietà, utilizzo e tutela delle informazioni personali. Regolamenti come il GDPR (UE, 2016), il Digital Services Act (UE 2022), il Digital Markets Act (UE, 2022) e altri strumenti normativi dimostrano come la gestione giuridica ed etica del digitale sia ormai al centro dell'agenda politica.

Ci si propone, dunque, di analizzare la digitalizzazione come strumento di cambiamento sistemico. Nei paragrafi successivi verranno approfonditi i principali trend globali e le tecnologie emergenti, insieme ai loro effetti su industria, logistica e società. Verranno evidenziati benefici e sinergie, ma anche rischi e criticità, per arrivare a una riflessione conclusiva sull'importanza di un approccio responsabile che integri innovazione, sostenibilità ed equità sociale.

9.2 I principali trend della digitalizzazione

La digitalizzazione non è un evento isolato o improvviso. Essa è il risultato di un'evoluzione graduale di dinamiche globali che, nell'arco degli ultimi vent'anni, hanno trasformato in profondità la produzione, i modelli economici e le relazioni sociali. In questa sezione si analizzeranno quattro direttrici fondamentali di questa evoluzione: l'espansione della connettività, l'automazione supportata dall'intelligenza artificiale, la *datafication* e l'emergere di modelli di business innovativi.

9.2.1 Connettività

Ogni processo di digitalizzazione richiede reti affidabili e diffuse. Senza infrastrutture adeguate, l'introduzione di nuove tecnologie rimane parziale. L'arrivo del 5G ha segnato un cambiamento radicale: velocità molto superiori al 4G e latenze ridotte a pochi millisecondi hanno reso possibili applicazioni prima impensabili.

Secondo il GSMA (2024), entro il 2025 più della metà della popolazione mondiale sarà raggiunta dal 5G. Gli impatti riguardano vari settori:

- nell'industria, la possibilità di monitorare in tempo reale impianti e macchinari;
- nella logistica, il tracciamento continuo di mezzi e spedizioni;
- nella società, con l'espansione di servizi come telemedicina, mobilità intelligente e applicazioni urbane avanzate.

Il 6G, previsto per il 2030, non punterà solo ad aumentare le performance, ma integrerà più strettamente mondo fisico e digitale attraverso esperienze immersive (AR, VR, Internet of Senses).

L'Internet of Things (IoT) amplia ulteriormente lo scenario: miliardi di dispositivi connessi – dai sensori industriali ai device domestici e medici – producono dati in flusso continuo. Secondo Statista (2022), nel 2030 saranno attivi oltre 25 miliardi di dispositivi IoT. Questa proliferazione genera ecosistemi complessi e interconnessi, capaci di alimentare nuovi servizi e modelli.

A completare il quadro interviene l'*edge computing*, che consente di elaborare i dati vicino al punto di raccolta. In contesti in cui la rapidità è cruciale – come nel caso dei veicoli autonomi o della chirurgia robotica – questa architettura riduce la latenza e aumenta l'affidabilità.

9.2.2 Automazione e Intelligenza Artificiale

Un secondo elemento cardine è l'automazione avanzata. Se un tempo riguardava solo compiti ripetitivi, oggi grazie all'AI, macchine e sistemi sono in grado di apprendere, adattarsi e prendere decisioni.

La *Robot Process Automation* (RPA) ha già trasformato attività amministrative e finanziarie, con riduzione dei costi e dei tempi. In ambito industriale, l'integrazione AI-robotica ha portato ai *cobot*, progettati per lavorare in sinergia con gli operatori umani.

Le applicazioni dell'AI sono molteplici:

- industria: manutenzione predittiva, controllo qualità basato su visione artificiale, ottimizzazione dei processi;
- logistica: gestione dinamica delle scorte, pianificazione delle rotte, automazione dei magazzini;
- società: assistenti digitali, diagnosi supportate da algoritmi, sistemi di sicurezza predittiva.

Il McKinsey Global Institute (2018) prevede che l'adozione estesa dell'AI possa generare entro il 2030 un impatto economico di scala trilionaria. Tuttavia, questa trasformazione comporta rischi occupazionali: alcune mansioni scompariranno, altre cambieranno radicalmente, nuove professioni nasceranno. Programmi di *reskilling* e *upskilling* diventano quindi essenziali per garantire un impatto equo.

9.2.3 Datafication

Un trend cruciale è la *datafication*, cioè la traduzione sistematica di eventi e comportamenti in dati digitali. Ogni interazione – transazioni, spostamenti, attività online – produce informazioni che possono essere registrate ed elaborate.

Secondo IDC (2021), il volume globale dei dati sarebbe cresciuto dai 64 zettabyte del 2020 a circa 175 zettabyte nel 2025, spinto da IoT, social media e servizi online. Effettivamente, il trend è stato confermato.

La capacità di estrarre valore da queste informazioni rappresenta un fattore strategico di competitività. Attraverso Big Data Analytics e Machine Learning, le imprese possono: prevedere la domanda, personalizzare prodotti e servizi, ottimizzare processi e ridurre rischi. Alcuni esempi per chiarire meglio:

- nella manifattura: sensori che segnalano guasti imminenti e riducono fermi macchina;
- nella logistica: ricalcolo in tempo reale delle rotte in base al traffico o al meteo;
- nella sanità: uso dei dati clinici per diagnosi più tempestive e terapie mirate.

9.2.4 Nuovi modelli di business

La digitalizzazione non si limita a migliorare processi esistenti, ma stimola l'emergere di nuovi modelli di business. La *platform economy* è un esempio emblematico: imprese come Amazon, Alibaba, Uber o Airbnb hanno trasformato interi settori grazie a piattaforme digitali che collegano milioni di utenti, riducendo il peso degli intermediari tradizionali.

Un'altra tendenza è la *servitizzazione*: beni e macchinari non sono più solo venduti, ma offerti come servizi "as-a-service" o "pay-per-use", generando relazioni di lungo periodo e flussi di ricavi ricorrenti.

Parallelamente si diffondono modelli basati su collaborazione e condivisione, come la sharing economy, il crowdsourcing e le nuove declinazioni di *fintech* e *insurtech*, che sfruttano il digitale per innovare servizi finanziari e assicurativi.

Si può affermare, allora, che connettività, automazione intelligente, *datafication* e nuovi modelli di business sono i principali pilastri della digitalizzazione. Questi ambiti sono interconnessi: la connettività abilita l'IoT, che genera dati analizzati dall'AI, da cui emergono nuovi modelli economici. Tale intreccio rende la digitalizzazione un processo complesso, che richiede visione strategica, competenze adeguate e strumenti di governance per valorizzare i benefici e ridurre i rischi.

9.3 Tecnologie emergenti e loro impatto

Se i trend analizzati nel paragrafo precedente descrivono le grandi spinte della trasformazione digitale, le tecnologie emergenti possono essere considerate i componenti concreti che rendono possibile questa evoluzione. Esse non operano singolarmente: al contrario, interagiscono e si rafforzano in un processo di convergenza tecnologica. In questa sezione vengono approfonditi cinque ambiti centrali: Intelligenza

Artificiale e Machine Learning, Blockchain e registri distribuiti, Internet of Things e 5G, Realtà aumentata/virtuale e metaverso, Quantum Computing.

9.3.1 Intelligenza Artificiale e Machine Learning

L'Intelligenza Artificiale (AI) rappresenta oggi il cuore simbolico della rivoluzione digitale. Attraverso il Machine Learning e il Deep Learning, i sistemi sono in grado di riconoscere schemi complessi nei dati, migliorare le prestazioni grazie all'esperienza e supportare decisioni sofisticate.

Nella manifattura avanzata, i sensori applicati ai macchinari raccolgono dati su vibrazioni, temperatura o consumo energetico, fornendo informazioni che permettono di anticipare guasti e organizzare interventi mirati (*manutenzione predittiva*). Ciò riduce i tempi di fermo e i costi, aumentando la produttività.

Il controllo qualità è un altro settore in cui l'AI si sta affermando prepotentemente: la visione artificiale analizza superfici e saldature con una precisione superiore a quella umana.

In logistica, algoritmi di AI ottimizzano la gestione delle scorte e la pianificazione delle rotte. Amazon, ad esempio, utilizza sistemi intelligenti per disporre dinamicamente i prodotti in magazzino e coordinare i robot che li movimentano.

Nella società civile, l'AI è applicata alla diagnosi medica assistita (analisi di immagini radiologiche o dati genomici) e a sistemi di sicurezza pubblica, come il riconoscimento facciale e i modelli predittivi di rischio. Questi ultimi sollevano, tuttavia, questioni etiche legate a privacy e *bias*.

Il McKinsey Global Institute (2018) stima che l'AI possa contribuire a far crescere il PIL mondiale di circa l'1,2% all'anno fino al 2030. Restano però dubbi sugli effetti occupazionali: alcune mansioni saranno automatizzate, altre trasformate e nuove figure nasceranno. Da qui la necessità di regolamentazioni e linee guida, come l'AI Act europeo, che mirano a garantire trasparenza e responsabilità.

9.3.2 Blockchain e registri distribuiti

La blockchain è una tecnologia che utilizza registri distribuiti per archiviare e validare transazioni senza il ricorso a un'autorità centrale. Questo la rende uno strumento adatto a rafforzare la fiducia e la tracciabilità.

In logistica e agroalimentare, consente di certificare l'origine dei prodotti e garantire la trasparenza delle catene di fornitura. Soluzioni sperimentate da IBM, Maersk, DHL e Walmart (DHL, 2020; DHL, 2024) dimostrano come sia possibile ridurre frodi, tempi di verifica ed errori. Nel settore finanziario, la blockchain è alla base della finanza decentralizzata (DeFi), che offre servizi come prestiti e assicurazioni senza intermediari, riducendo i costi ma sollevando dubbi sulla regolamentazione.

Gli *smart contract* rappresentano un'altra innovazione: programmi che si eseguono automaticamente quando ricorrono determinate condizioni, semplificando operazioni tipicamente complesse (assicurazioni, trasferimenti immobiliari, logistica).

Non mancano, naturalmente, i limiti: l'elevato consumo energetico dei sistemi *proof-of-work*, i problemi di scalabilità e la mancanza di standard internazionali condivisi. Inoltre, la natura decentralizzata può creare tensioni con le normative nazionali e/o sovranazionali.

9.3.3 Internet of Things (IoT) e 5G

L'IoT costituisce l'ossatura dell'Industria 4.0. Sensori e dispositivi intelligenti generano dati in tempo reale, consentendo di monitorare performance, ottimizzare processi e rafforzare la sicurezza. I cosiddetti sistemi cyber-fisici integrano dimensioni digitali e fisiche, dando vita a fabbriche adattive e automatizzate.

In logistica, l'IoT è usato per monitorare veicoli e container: aziende come DHL e UPS applicano sensori a merci sensibili (farmaci, alimenti) per controllarne posizione, temperatura e umidità.

Il 5G funge da abilitatore per l' IoT su larga scala, grazie a banda più ampia, bassissima latenza e capacità di connettere milioni di dispositivi per chilometro quadrato. Ciò apre la strada a smart city, veicoli autonomi e interventi di telechirurgia.

9.3.4 Realtà aumentata (AR), realtà virtuale (VR) e metaverso

La realtà aumentata (AR) arricchisce l'ambiente reale con informazioni digitali contestuali. In ambito industriale supporta gli operatori in operazioni di montaggio o manutenzione, riducendo errori e tempi. Boeing, ad esempio, ha introdotto AR per guidare i tecnici nel cablaggio degli aerei.

La realtà virtuale (VR) ricrea ambienti immersivi utili per simulazioni, progettazione e formazione. Nel settore automobilistico, BMW e Ford testano modelli in VR prima di realizzare prototipi fisici.

Queste tecnologie trovano applicazione anche in turismo e istruzione, offrendo esperienze immersive. Il concetto di metaverso, promosso da aziende come Meta, amplia queste possibilità, aprendo scenari di interazione sociale e commerciale in spazi digitali condivisi.

Le criticità restano: costi elevati, difficoltà di accesso e rischi psicologici come isolamento e dipendenza.

9.3.5 Quantum Computing

Il calcolo quantistico è ancora in fase di ricerca, ma promette capacità di elaborazione enormemente superiori ai sistemi tradizionali, sfruttando i principi di sovrapposizione ed entanglement. Le potenziali applicazioni includono:

- logistica: calcolo simultaneo di milioni di rotte;
- farmaceutica: modellazione molecolare per sviluppare nuovi farmaci;
- finanza: analisi di rischio e simulazioni complesse di portafogli.

Questa tecnologia pone però rischi per la sicurezza, poiché i sistemi crittografici attuali (RSA, ECC) potrebbero essere resi vulnerabili. Per questo motivo si sviluppano algoritmi di *post - quantum cryptography*.

Grandi aziende come Google, IBM e Microsoft stanno investendo risorse considerevoli, ma un'adozione su larga scala è attesa solo tra diversi anni.

Quello che possiamo dedurre dai punti appena discussi è, in modo estremamente sintetico, che le tecnologie emergenti non devono essere considerate compartimenti stagni, ma piuttosto parti costitutive di un ecosistema in continua evoluzione. L'AI elabora i dati generati dall' IoT, resi scalabili dal 5G; la blockchain assicura tracciabilità e fiducia; AR e VR offrono modalità di fruizione immersiva; mentre il quantum computing, sullo sfondo, prefigura una svolta radicale. Questa convergenza apre certamente grandi opportunità, ma richiede una governance saggia, che bilanci innovazione, sostenibilità e inclusione.

9.4 Impatti settoriali

La trasformazione digitale non si sviluppa con la stessa intensità in ogni ambito: procede con velocità e modalità diverse a seconda del contesto. Tre settori, industria, logistica e società, offrono esempi chiari delle opportunità e delle criticità legate a questo cambiamento. In tutti i casi, al guadagno in efficienza corrisponde la necessità di nuove capacità gestionali, competenze e strumenti di governance.

9.4.1 Industria

Con il termine *Industria 4.0* si fa riferimento alla fusione tra tecnologie fisiche e digitali che sta ridisegnando processi e impianti produttivi. L'introduzione di sistemi cyber-fisici, reti IoT e strumenti di analisi avanzata trasforma gli stabilimenti in ambienti intelligenti, capaci di adattarsi alla domanda e ridurre sprechi.

Un ruolo importante è svolto dai gemelli digitali: modelli virtuali di macchine, linee o intere fabbriche che permettono di testare scenari e simulare comportamenti senza fermare la produzione. Aziende come General Electric usano *digital twin* per ottimizzare turbine eoliche, mentre Siemens li applica all'*automotive* per accelerare l'avvio delle linee e contenere i costi di manutenzione.

Alla maggiore flessibilità contribuiscono i *cobot* - robot progettati per collaborare con gli operatori umani - che, a differenza dei robot tradizionali confinati in aree separate, possono interagire direttamente con le persone, adattandosi alle loro attività.

La stampa 3D (o manifattura additiva) aggiunge un ulteriore elemento di discontinuità: oltre alla prototipazione rapida, consente di produrre componenti complessi su richiesta, riducendo materiali di scarto e tempi di consegna. Nell'aerospazio, Boeing e Airbus adottano questa tecnologia per parti strutturali, con vantaggi su costi e performance.

L'adozione resta però sfidante: richiede investimenti consistenti, integrazione tra sistemi IT e OT e nuove competenze. Secondo l'Osservatorio Industria 4.0 del Politecnico di Milano (2021), più del 60% delle PMI italiane riconosce l'importanza del digitale, ma meno della metà ha avviato progetti strutturali, frenata da costi, carenza di personale qualificato e incertezze normative.

9.4.2 Logistica

La logistica è uno dei comparti che più stanno cambiando fisionomia. Le catene di fornitura tradizionali, rigide e sequenziali, stanno lasciando spazio a supply chain digitalizzate, caratterizzate da maggiore visibilità, agilità e capacità di adattarsi a interruzioni improvvise.

Grazie all'IoT, ogni passaggio della filiera, dal trasporto allo stoccaggio, diventa osservabile in tempo quasi reale. Sensori e RFID permettono di monitorare posizione e condizioni delle merci, consentendo azioni tempestive in caso di anomalie. Su queste informazioni intervengono algoritmi di AI che pianificano rotte e carichi in modo dinamico: DHL (2020) stima riduzioni dei costi fino al 30%, mentre UPS, con il sistema ORION, ha ottimizzato i percorsi risparmiando carburante e chilometri percorsi.

La blockchain è stata sperimentata per migliorare tracciabilità e sicurezza documentale, con iniziative come quelle promosse da Maersk e IBM, che hanno digitalizzato pratiche doganali e ridotto errori e ritardi.

Nel *last mile*, l'espansione dell'e-commerce ha reso essenziale consegnare in tempi brevi e in modo sostenibile. Sono in fase di test soluzioni come locker automatizzati, droni e veicoli elettrici a guida autonoma: grandi operatori come Amazon e Alibaba stanno sperimentando nuove modalità di distribuzione urbana.

Le questioni aperte riguardano interoperabilità degli standard, protezione dei dati, coordinamento tra attori e soprattutto sostenibilità ambientale. Senza strategie di mobilità integrate, l'aumento delle consegne rischia di accentuare traffico ed emissioni invece di ridurle.

9.4.3 Società

Gli effetti sociali della digitalizzazione sono evidenti in tre aree: sanità, istruzione e lavoro.

La telemedicina, fortemente accelerata durante la pandemia, consente consulti a distanza e monitoraggio dei pazienti cronici tramite dispositivi connessi. L'OMS (2020) segnala come il digitale possa ampliare l'accesso alle cure, soprattutto nelle zone remote, se accompagnato da standard di interoperabilità e da una solida protezione dei dati. L'uso combinato di big data e AI supporta la prevenzione e la gestione delle epidemie, ma richiede garanzie su trasparenza e affidabilità degli algoritmi.

Nell'istruzione, le piattaforme di e-learning e i sistemi LMS hanno garantito continuità scolastica e universitaria anche durante l'emergenza sanitaria, mentre i MOOC hanno ampliato l'offerta formativa. La formazione professionale utilizza strumenti immersivi come la VR per migliorare l'apprendimento pratico. Resta il problema del digital divide: chi non ha connessione, dispositivi o competenze adeguate rischia di restare escluso.

Infine, per quanto riguarda il lavoro. Lo smart working si è consolidato come modello diffuso, con benefici in termini di flessibilità e riduzione degli spostamenti, ma anche con criticità legate a isolamento e confini sfumati tra vita privata e professionale. Parallelamente cresce la *platform/gig economy*, che offre nuove opportunità di reddito ma spesso con tutele ridotte per i lavoratori. Per contrastare l'esclusione, l'Unione Europea ha fissato con il Digital Compass 2030 (UE, 2025) l'obiettivo di fornire competenze digitali di base ad almeno l'80% della popolazione entro la fine del decennio.

E' evidente che il digitale impatta in profondità su industria, logistica e società in quanto aumenta la produttività, migliora la visibilità delle filiere, amplia l'accesso a servizi di cura, istruzione e lavoro. Ma i benefici non sono automatici. Come già evidenziato nel paragrafo precedente, senza una governance attenta, politiche inclusive, standard comuni e solide misure di sicurezza, le stesse tecnologie possono ampliare disuguaglianze e vulnerabilità. Il successo della trasformazione va misurato non solo in termini di efficienza, ma nella capacità di conciliare produttività, inclusione sociale e sostenibilità ambientale.

9.5 Punti di forza e sinergie

La digitalizzazione viene spesso descritta come un processo inevitabile, ma ciò che la rende realmente rilevante non è la sua ineluttabilità, bensì i risultati concreti che produce. I benefici si manifestano su più piani, operativo, strategico e sociale, e acquisiscono ulteriore forza quando le tecnologie si integrano, dando vita a sinergie tra imprese, settori e istituzioni.

9.5.1 Efficienza e produttività

Uno degli effetti più immediati e misurabili è il miglioramento delle prestazioni operative. Gli strumenti digitali permettono di ridurre sprechi, eliminare tempi di inattività e limitare errori, migliorando la gestione delle risorse in molteplici ambiti. Già da tempo, nell'industria, la manutenzione predittiva utilizza sensori e analisi dati per anticipare i guasti, riducendo i costi di manutenzione e aumentando la disponibilità degli impianti. La Prognostica Data-Driven ha assunto un ruolo importante e la sua affermazione sembra ormai definitiva. Nella Logistica, che costituisce il sistema connettivo del mondo produttivo, gli algoritmi di pianificazione dinamica consentono di aggiornare in tempo reale le rotte e di ottimizzare la pianificazione delle consegne, diminuendo consumi di carburante e ritardi.

Lo stesso rapido sviluppo si percepisce nel mondo dei servizi: la Robotic Process Automation (RPA) accelera significativamente i compiti amministrativi ripetitivi, liberando risorse umane per attività a più alto valore aggiunto.

Secondo stime dell'OECD (2021), una diffusione più sistematica delle soluzioni digitali potrebbe accrescere nel decennio la produttività delle PMI europee fino al 20%. Un incremento che non riguarda solo quantità prodotta, ma anche qualità, precisione e rapidità di risposta al mercato.

9.5.2 Innovazione di prodotti e servizi

La digitalizzazione è anche un motore di innovazione continua. La capacità di raccogliere e analizzare grandi quantità di dati consente di proporre soluzioni personalizzate e di creare modelli di business inediti:

- nel settore automotive, Tesla ha trasformato l'auto da prodotto statico a piattaforma aggiornata via software, ampliando il ciclo di vita del veicolo con nuove funzionalità rilasciate nel tempo.
- nella sanità, la medicina di precisione sfrutta dati genetici e clinici per adattare cure e farmaci alle caratteristiche specifiche del paziente.

Questi esempi mostrano come il digitale favorisca modelli basati sulla servitizzazione (dal bene al servizio) e sulla personalizzazione di massa, con un impatto diretto sulla relazione tra impresa e consumatore.

9.5.3 Sostenibilità ambientale

Il digitale non è solo un fattore economico: rappresenta anche uno strumento per la transizione ecologica. Infatti:

- i sistemi di monitoraggio riducono i consumi energetici negli stabilimenti e negli edifici.
- le *smart grid* ottimizzano la distribuzione dell'energia, integrando fonti rinnovabili e riducendo gli sprechi.
- I modelli di simulazione consentono di valutare scenari a basso impatto prima della loro realizzazione fisica.

In logistica, piattaforme digitali e algoritmi di ottimizzazione aiutano a ridurre emissioni e congestione urbana. Secondo il World Economic Forum (2020), una supply chain digitalizzata potrebbe abbattere fino al 30% delle emissioni di CO₂ nel trasporto entro il 2030. In questo modo, il digitale diventa un alleato per conciliare crescita economica e tutela ambientale.

9.5.4 Collaborazione e reti globali

La digitalizzazione favorisce la nascita di ecosistemi collaborativi e le piattaforme che ne derivano mettono in contatto imprese, istituzioni e cittadini, abilitando sinergie e la co-creazione di valore.

L'open source ne è un caso esemplare: comunità di sviluppatori sparse in tutto il mondo collaborano alla creazione di software condiviso, generando strumenti oggi essenziali come Linux o Apache.

In particolare, a beneficiarne in modo massiccio è la stessa ricerca scientifica, tenuto conto del fatto che la condivisione immediata di dati e risultati accelera l'avanzamento delle conoscenze. Un esempio evidente è la cooperazione internazionale che ha reso possibile la rapida produzione dei vaccini contro il COVID-19.

Queste dinamiche collaborative non hanno solo un impatto tecnologico, ma anche geopolitico: ridefiniscono gli equilibri economici e la distribuzione del potere tra Stati e attori globali.

9.5.5 Resilienza e adattabilità

Un ulteriore punto di forza è la capacità del digitale di rafforzare la resilienza organizzativa. Le imprese che avevano già intrapreso percorsi di trasformazione digitale hanno affrontato con maggiore prontezza la crisi legata alla pandemia, grazie a strumenti quali:

- smart working diffuso,
- e-commerce come canale alternativo di vendita,
- piattaforme collaborative per il coordinamento a distanza.

Queste esperienze mostrano come il digitale non sia solo un acceleratore di crescita, ma anche un fattore di stabilità e sopravvivenza in scenari di incertezza. La capacità di adattarsi a condizioni mutevoli, ripensando rapidamente processi e modelli organizzativi, costituisce oggi un vantaggio competitivo determinante.

Possiamo certamente concludere questa breve rassegna sui punti di forza e sulle criticità affermando che la digitalizzazione può generare vantaggi concreti a livello operativo, strategico e sociale, migliorare l'efficienza e la produttività grazie ad automazione, manutenzione predittiva e pianificazione intelligente e, non ultimo per importanza, stimolare l'innovazione con prodotti e servizi personalizzati e modelli basati sulla servitizzazione. Inoltre, favorisce la sostenibilità attraverso smart grid, monitoraggi e logistica digitale più verde e, infine, rafforza collaborazione, resilienza e capacità di adattamento di imprese e istituzioni.

9.6 Punti di attenzione e aspetti critici

Accanto ai benefici, la digitalizzazione porta con sé sfide strutturali che, se non affrontate, rischiano di compromettere i progressi conseguiti. Si tratta di questioni centrali per la sicurezza, i diritti, il lavoro e i modelli

di sviluppo, e non di semplici ostacoli tecnici o contingenti. Sono problemi emersi negli anni recenti in modo evidente o, in taluni casi, appena accennato, perché non si intravedono tutte le potenziali ricadute di certe tecnologie. L'opinione pubblica è, in merito, ancora incerta e alcune volte divisa e tra sentimenti contrastanti. Anche perché alcuni avvenimenti recenti hanno alimentato timori e preoccupazioni importanti.

9.6.1 Sicurezza informatica

La crescente interconnessione di infrastrutture e servizi digitali ha ampliato il perimetro di esposizione a minacce informatiche. Non si tratta più solo di furti di dati, ma di attacchi che possono interrompere servizi pubblici essenziali e destabilizzare interi settori.

Il rapporto ENISA (2023) segnala che tra il 2019 e il 2021 gli episodi di ransomware sono quadruplicati, con danni economici ingenti e ripercussioni in comparti come energia, trasporti e sanità. La cybersicurezza diventa quindi una priorità di governance e sicurezza nazionale, richiedendo investimenti in resilienza digitale, programmi di formazione continua, simulazioni di crisi e cooperazione internazionale per contrastare minacce globali.

9.6.2 Privacy e sorveglianza

La raccolta massiva di dati personali, se non regolamentata, apre scenari critici per la privacy e le libertà civili. Spesso gli utenti non hanno consapevolezza del volume di dati che producono e di come questi vengano utilizzati da governi e aziende.

Questo può condurre a forme di sorveglianza pervasiva, sia per finalità di controllo sociale in contesti autoritari, sia per profilazione commerciale in mercati dominati da grandi piattaforme.

Il GDPR europeo ha fissato principi avanzati di protezione dei dati, ma rimane il problema di bilanciare innovazione e tutela dei diritti. Tecnologie come il riconoscimento facciale, se non controllate, rischiano di amplificare bias e discriminazioni. È quindi fondamentale adottare modelli di data governance etici e trasparenti e rafforzare la responsabilità degli algoritmi.

9.6.3 Divario digitale

La digitalizzazione non garantisce automaticamente inclusione. Il digital divide si manifesta in due forme principali:

- Infrastrutturale, con assenza di connessioni adeguate e dispositivi accessibili;
- Culturale, con mancanza di competenze digitali e alfabetizzazione tecnologica.

L'UNESCO (2021) stima che circa 2,9 miliardi di persone restino escluse da Internet. Anche in Europa esistono disuguaglianze legate a età, reddito e istruzione. Senza interventi mirati, queste differenze rischiano di ampliarsi, consolidando nuove barriere sociali ed economiche. Sono quindi necessari piani di inclusione digitale che uniscano infrastrutture, accesso a dispositivi e programmi educativi.

9.6.4 Occupazione e trasformazione del lavoro

L'impatto della digitalizzazione sul lavoro è duale: da un lato sostituisce compiti ripetitivi, dall'altro genera nuove figure legate a dati, AI, sicurezza informatica e sostenibilità.

Secondo il World Economic Forum (2020), entro il 2025 circa metà della forza lavoro globale dovrà aggiornare le proprie competenze digitali. Senza politiche di reskilling e upskilling, milioni di lavoratori rischiano di essere esclusi dal mercato. Ciò richiede sistemi educativi rinnovati, percorsi di formazione continua e strumenti di welfare per accompagnare i lavoratori durante la transizione.

9.6.5 Dipendenza tecnologica e rischi etici

La concentrazione di potere in poche grandi aziende tecnologiche solleva rischi di dipendenza e lock-in. La gestione centralizzata di infrastrutture critiche da parte di pochi attori può rendere le società vulnerabili a guasti sistemici, interruzioni prolungate e persino pressioni geopolitiche.

In parallelo, l'uso crescente di AI e algoritmi decisionali impone nuove riflessioni etiche:

- come garantire trasparenza e tracciabilità?
- come evitare discriminazioni derivanti da *bias* nei dati?

Il valore della digitalizzazione dipende dalla capacità di inserirla in un quadro normativo chiaro, con regole e principi condivisi a livello globale.

Siamo quindi tutti ben consapevoli che la digitalizzazione comporta rischi strutturali che non possono e non devono essere ignorati: attacchi informatici sempre più gravi, violazioni della privacy, divari di accesso, effetti sul lavoro e dipendenza dalle big tech. Queste criticità non sono secondarie, ma riguardano la sicurezza, i diritti e i modelli economici. Per affrontarle servono investimenti in cybersecurity, programmi di inclusione digitale, politiche di formazione continua e regole etiche per l'uso di AI e dati. Solo una governance solida e cooperativa può garantire che i benefici del digitale superino le sue vulnerabilità.

9.7 La digitalizzazione come leva di cambiamento responsabile

Come discusso nei paragrafi precedenti, la digitalizzazione non deve essere considerata un traguardo in sé, ma uno strumento al servizio della collettività: una leva capace di stimolare innovazione, competitività e benessere sociale. Tuttavia, i vantaggi non sono garantiti. Affinché prevalgano sui rischi, occorre che il processo sia governato in modo lungimirante, etico e inclusivo. In assenza di regole e valori condivisi, le stesse tecnologie che promettono progresso possono alimentare nuove vulnerabilità e ampliare le disuguaglianze.

9.7.1 Governance e regolamentazione

La questione più delicata riguarda la gestione e la regolazione delle tecnologie digitali. I dati, ormai generati in volumi immensi, rappresentano una risorsa strategica ma anche una fonte di rischi legati a proprietà, accesso e sicurezza.

L'Europa ha tracciato un percorso normativo all'avanguardia con strumenti come il GDPR, il Digital Services Act e il Digital Markets Act, che sono spesso presi a riferimento anche fuori dai confini europei. Restano però aperti problemi complessi: la necessità di standard globali condivisi, la difficoltà nel normare tecnologie emergenti come l'Intelligenza Artificiale e il rischio che un eccesso di regole finisca per frenare l'innovazione.

Una governance equilibrata deve proteggere i diritti fondamentali e garantire trasparenza, ma allo stesso tempo deve risultare abilitante, cioè capace di favorire concorrenza, creatività tecnologica e distribuzione equa dei benefici.

9.7.2 Competenze digitali e inclusione

La digitalizzazione sarà davvero sostenibile solo se tutti i cittadini avranno la possibilità di parteciparvi attivamente. Connettività e dispositivi non bastano: serve la capacità di utilizzare gli strumenti digitali in modo consapevole e critico.

Diventano quindi fondamentali programmi di alfabetizzazione digitale, percorsi di formazione continua e politiche di reskilling e upskilling. Il piano europeo Digital Compass 2030 stabilisce un obiettivo preciso: entro la fine del decennio, almeno l'80% della popolazione adulta dovrà possedere competenze digitali di base.

In diversi Paesi europei sono già attive iniziative che vanno in questa direzione: scuole sempre più digitali, corsi gratuiti per cittadini e lavoratori, piattaforme di apprendimento online accessibili a chiunque. Raggiungere questo traguardo significa prevenire nuove forme di esclusione sociale ed economica.

9.7.3 Sostenibilità e responsabilità ambientale

Le tecnologie digitali non hanno un impatto solo sociale ed economico: comportano anche un costo ambientale. Data center, mining di criptovalute e reti globali consumano enormi quantità di energia.

Al tempo stesso, il digitale può diventare un alleato della transizione verde. Sensori e sistemi di monitoraggio permettono di ottimizzare consumi e ridurre sprechi; le smart grid rendono più efficiente la distribuzione dell'energia integrando fonti rinnovabili; i modelli di simulazione consentono di testare scenari a basso impatto ambientale prima di realizzarli.

Perché la digitalizzazione sia parte della soluzione e non del problema, deve integrarsi con politiche di economia circolare, progettazione di infrastrutture efficienti e uso crescente di fonti rinnovabili.

9.7.4 Collaborazione pubblico-privato

La scala della trasformazione digitale è tale che nessun attore può affrontarla da solo. La cooperazione tra settore pubblico e privato è quindi indispensabile.

- I governi hanno il compito di costruire regole, infrastrutture e incentivi.
- Le imprese devono investire in innovazione sostenibile e dimostrare responsabilità sociale.

Esempi positivi si trovano nei partenariati europei per il 5G o nei programmi nazionali di Industria 4.0, che hanno stimolato investimenti e creato sinergie tra istituzioni e aziende. Progetti di smart city, di sanità digitale o di mobilità intelligente funzionano solo quando pubblico e privato collaborano attivamente.

9.7.5 Etica e valori

La digitalizzazione deve essere guidata da principi etici solidi. L'introduzione dell'AI Act (UE, 2024) da parte dell'Unione Europea va in questa direzione: classifica i sistemi di AI in base al rischio e introduce vincoli stringenti per le applicazioni ad alto impatto, vietando pratiche come la sorveglianza biometrica di massa.

È importante riconoscere che le tecnologie non sono neutre: riflettono valori, priorità e rapporti di potere. Costruire un ecosistema digitale responsabile significa quindi mettere al centro la dignità della persona, l'inclusione sociale e la sostenibilità ambientale. La digitalizzazione è una leva potente, ma il suo impatto dipende dalla responsabilità con cui viene governata. Sono necessarie regole trasparenti e condivise e competenze digitali diffuse, attenzione all'impatto ambientale e collaborazione tra pubblico e privato.

9.8 Conclusioni

La digitalizzazione rappresenta oggi una delle forze trainanti del cambiamento globale. Sta trasformando l'industria, rendendola più efficiente e adattabile, rivoluziona la logistica con catene più trasparenti e resilienti, e ridefinisce la società nei suoi pilastri fondamentali: lavoro, istruzione, sanità e partecipazione civica.

I punti di forza sono evidenti: crescita della produttività, innovazione continua, maggiore sostenibilità, nuove forme di collaborazione e resilienza organizzativa. Ma esistono anche criticità da non sottovalutare: aumento della criminalità informatica, rischi per la privacy, divari digitali, impatti sull'occupazione e dipendenza da tecnologie opache o concentrate in pochi attori.

La vera questione del XXI secolo non è più *se* digitalizzare, ma *come* farlo. Se guidata da principi etici, inclusivi e sostenibili, la digitalizzazione può diventare un alleato per affrontare sfide globali come il cambiamento

climatico, le emergenze sanitarie e la trasformazione del lavoro. Il modello giapponese di Società 5.0 rappresenta un riferimento interessante: una società in cui le tecnologie non sono fini a sé stesse, ma strumenti per migliorare il benessere umano e l'equilibrio con l'ambiente.

In definitiva, il digitale è un mezzo: se usato con responsabilità può orientare l'umanità verso un futuro più equo, sostenibile e innovativo; ma il suo valore dipenderà dalle scelte politiche, economiche e culturali che saremo in grado di compiere.

Bibliografia

Rapporti e dataset istituzionali

World Economic Forum. (2023). *Future of Jobs Report 2023*. Geneva: WEF. www3.weforum.org

OECD. (2021). *The Digital Transformation of SMEs*. Paris: OECD Publishing. [OECD](https://www.oecd.org/)

GSMA Intelligence. (2024). *The Mobile Economy 2024*. London: GSMA. [gsma.com](https://www.gsma.com/)

GSMA Intelligence. (2024, Feb). *The State of 5G 2024*. media-assets-prod.gsmaintelligence.com

ITU. (2024). *Measuring Digital Development: Facts & Figures 2024*. Geneva: International Telecommunication Union. [ITU+2ITU+2](https://www.itu.int/)

ENISA. (2023). *ENISA Threat Landscape 2023 (July 2022–June 2023)*. Athens: European Union Agency for Cybersecurity. [enisa.europa.eu+1](https://enisa.europa.eu/)

UNESCO. (2021). *Global Education Monitoring Report*. Paris: UNESCO. [UNESCO+1](https://www.unesco.org/)

WHO. (2020). *Global Strategy on Digital Health 2020–2025*. Geneva: World Health Organization. [Organizzazione Mondiale della Sanità+1](https://www.who.int/)

IDC. (2019–2021). *Global DataSphere / Data Age 2025* (forecast of ~175 ZB by 2025). Framingham: IDC & Seagate. [my.idc.com+1](https://www.idc.com/)

DHL. (2020–2024). *Logistics Trend Radar* (5a–7a ed.). Bonn: Deutsche Post DHL Group. [DHL+2DHL+2](https://www.dhl.com/)

Normativa e policy UE (governance del digitale)

Parlamento Europeo & Consiglio UE. (2016). *Regolamento (UE) 2016/679 – GDPR*. Gazzetta Ufficiale dell'UE. [EUR-Lex](https://eur-lex.europa.eu/)

Parlamento Europeo & Consiglio UE. (2022). *Regolamento (UE) 2022/2065 – Digital Services Act (DSA)*. G.U. UE. [EUR-Lex+1](https://eur-lex.europa.eu/)

Parlamento Europeo & Consiglio UE. (2022). *Regolamento (UE) 2022/1925 – Digital Markets Act (DMA)*. G.U. UE. [EUR-Lex+1](https://eur-lex.europa.eu/)

Parlamento Europeo & Consiglio UE. (2024). *Regolamento (UE) 2024/1689 – Artificial Intelligence Act*. G.U. UE L 2024/1689. [EUR-Lex](https://eur-lex.europa.eu/)

Commissione Europea. (2025). *Europe's Digital Decade: Digital Targets 2030* (Digital Compass). [European Commission+1](https://commission.europa.eu/)

Libri e riferimenti teorici

Floridi, L. (2019). *The Logic of Information: A Theory of Philosophy as Conceptual Design*. Oxford: Oxford University Press.

Mayer-Schönberger, V., & Cukier, K. (2013). *Big Data: A Revolution That Will Transform How We Live, Work, and Think*. New York: Eamon Dolan/Houghton Mifflin Harcourt.

Analisi economiche sull'AI

McKinsey Global Institute. (2018). *Notes from the AI Frontier: Modeling the Impact of AI on the World Economy*. [McKinsey & Company+1](#)

IMF. (2025, Apr 22). *AI economic gains likely to outweigh emissions cost* (nota analitica & stime macro). [Reuters](#)

Casi, white paper tecnici e applicazioni (industria/logistica/AR–VR/digital twin)

UPS / BSR. (2016). *Looking Under the Hood: ORION Technology Adoption at UPS*. San Francisco: BSR Case Study. [bsr.org](#)

UPS. (2018). *UPSNav works with ORION to reduce miles driven* (Press Release). [About UPS-US](#)

Siemens. (2021). *Digitalization Integrated, Not Just Connected: Using Digital Twin Technology to Accelerate Time to Market* (White Paper). [assets.new.siemens.com](#)

AECC. (2025). *Digital Twin Use Cases for Automobiles*. Automotive Edge Computing Consortium. [Automotive Edge Computing Consortium](#)

AR/VR in manifattura: *Boeing AR wiring & assembly* (case overview).

10. Le tecnologie che stanno cambiando il mondo

Emanuele Frontoni

Professore Ordinario di Informatica, Università di Macerata & VRAI Lab.

10.1 Introduzione

L'innovazione tecnologica sta vivendo un'accelerazione senza precedenti, trainata da una serie di tecnologie emergenti destinate a trasformare radicalmente il modo in cui viviamo, lavoriamo e gestiamo i servizi pubblici. In prima linea c'è l'Intelligenza Artificiale (AI), ormai riconosciuta come la tecnologia abilitante per eccellenza, capace di migliorare i processi decisionali, automatizzare attività complesse e generare nuove opportunità di business. Accanto all'AI, il cloud computing fornisce l'infrastruttura flessibile e scalabile necessaria per erogare servizi digitali avanzati, sia nelle imprese che nella Pubblica Amministrazione. L'Internet delle Cose (IoT) connette il mondo fisico alla rete, generando enormi quantità di dati utili a ottimizzare sistemi e servizi. Tecnologie come la blockchain introducono nuovi paradigmi di fiducia e sicurezza nelle transazioni digitali, mentre si profilano innovazioni di frontiera come il calcolo quantistico e la Realtà Estesa (XR), promettendo capacità computazionali e interattive finora impensabili.

Insieme, queste tecnologie abilitano una trasformazione digitale pervasiva che coinvolge tanto le imprese quanto la Pubblica Amministrazione.

Nel **settore privato**, l'IA consente il passaggio da processi descrittivi a capacità predittive e prescrittive, ridisegnando produzione, supply chain, qualità e servizio al cliente. Nella **pubblica amministrazione (PA)**, la spinta alla digitalizzazione – sostenuta anche dai fondi del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) – mira a servizi più proattivi, trasparenti e centrati sul cittadino, ma richiede al contempo competenze specializzate, interoperabilità e adeguamenti organizzativi e normativi¹¹¹.

La presente riflessione intende attenzionare come le attuali tecnologie – con l'AI al centro – stiano trasformando il nostro mondo non come sostituto dell'intelligenza umana, ma come partner in grado di potenziarne le capacità. L'analisi prende in considerazione applicazioni, benefici e rischi, valorizzando casi d'uso dal contesto italiano.

10.2 AI: motore della trasformazione digitale

Negli ultimi anni l'Intelligenza Artificiale (AI) ha conosciuto uno sviluppo straordinario, grazie alla crescente disponibilità di grandi quantità di dati, all'aumento esponenziale della capacità di calcolo e all'evoluzione degli algoritmi di machine learning e deep learning. L'emergere dei modelli generativi ha ulteriormente ampliato l'interesse di imprese e governi, aprendo scenari applicativi innovativi, ma anche sollevando importanti interrogativi etici sull'uso responsabile di questi strumenti.

L'adozione dell'IA è in rapida crescita. Secondo una recente indagine di McKinsey, nel 2024 il 78% delle organizzazioni a livello globale utilizza l'IA in almeno una funzione di business, in netta crescita rispetto al 55% dell'anno precedente. Anche in Italia i progressi sono significativi: nel 2024, l'8,2% delle imprese con almeno dieci addetti ha implementato tecnologie di IA, contro il 5% nel 2023. Rimane una forte differenza dimensionale: circa un terzo delle grandi imprese adotta soluzioni di IA, mentre la percentuale scende di oltre

¹¹¹ Presidenza del Consiglio dei Ministri, *Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR)*, Roma, 2021.

venti punti tra le PMI¹¹². Le applicazioni spaziano dall'automazione di processi ripetitivi (come nei reparti amministrativi o nel customer service tramite chatbot), all'analisi predittiva dei dati di vendita e di manutenzione industriale, fino ai sistemi di supporto decisionale in tempo reale. In ambito pubblico, l'IA è utilizzata nei settori della sanità – per analizzare immagini mediche a supporto della diagnosi – e della giustizia, dove si sperimentano sistemi per l'analisi semantica di documenti legali. Nelle amministrazioni stanno emergendo assistenti virtuali sui siti istituzionali per fornire informazioni ai cittadini, e il nuovo *Piano Triennale per l'Informatica nella PA 2024-2026* pone l'IA al centro dell'evoluzione digitale¹¹³.

Non mancano, tuttavia, barriere significative. Un'analisi dell'Osservatorio Agenda Digitale del Politecnico di Milano rileva che, a fronte di oltre 130 progetti di IA avviati nella PA italiana nel 2024, solo 52 risultano pienamente operativi. Molti restano allo stadio di prototipo per mancanza di competenze interne, difficoltà nell'integrazione dei dati e delle infrastrutture, oltre che per le preoccupazioni relative alla privacy e sicurezza. Sfide simili si riscontrano nelle imprese di piccola dimensione, dove l'adozione richiede investimenti in formazione, innovazione dei processi, e disponibilità di dataset adeguati¹¹⁴.

Un aspetto trasversale è la necessità di uno sviluppo **responsabile** dell'IA. Questioni come bias nei dati, opacità delle decisioni algoritmiche, protezione della privacy e sicurezza informatica sono sempre più centrali, soprattutto nei settori ad alta criticità (finanza, sanità, giustizia). Per rispondere a queste sfide, l'Unione Europea ha predisposto l'**AI Act**, il primo quadro normativo organico al mondo sull'intelligenza artificiale che stabilisce requisiti stringenti per i sistemi ad alto rischio. Parallelamente, l'Italia ha adottato la **Strategia Nazionale per l'IA 2024–2026**, con l'obiettivo di rafforzare ricerca, formazione e applicazioni, promuovendo un ecosistema innovativo fondato su principi di sicurezza, eticità e inclusione¹¹⁵.

In questo contesto, l'IA emerge come **motore abilitante** della nuova era digitale. Il paradigma emergente è quello del **human–AI teaming**: la macchina assume compiti ripetitivi o di analisi massiva, mentre l'essere umano mantiene la responsabilità delle decisioni critiche e la supervisione compiti etica. Questa sinergia ridisegna i processi produttivi e creativi, potenziando le capacità umane anziché rimpiazzarle. L'IA diventa così un partner tecnologico, capace di incrementare produttività e qualità delle decisioni, preservando il ruolo insostituibile dell'uomo come garante di senso, valore e responsabilità.

10.2.1 Cloud Computing e Internet of Things: due infrastrutture abilitanti

Se l'Intelligenza Artificiale rappresenta il motore della trasformazione digitale, il **cloud computing** ne costituisce la spina dorsale infrastrutturale. Grazie alla fornitura di risorse computazionali scalabili e accessibili in modalità as-a-Service, il cloud consente di gestire grandi volumi di dati e di addestrare modelli complessi a costi sostenibili, aprendo l'innovazione anche a PMI ed enti pubblici. In assenza di infrastrutture cloud, l'adozione dell'intelligenza artificiale rimarrebbe appannaggio esclusivo di pochi attori dotati di risorse proprietarie; viceversa, il cloud democratizza l'IA, trasformandola in un patrimonio diffuso e condiviso. Secondo una ricerca dell'Osservatorio Cloud Transformation, l'87% delle soluzioni di IA nelle grandi organizzazioni italiane sfrutta modelli di servizio in cloud, confermando come la “nuvola” sia una piattaforma imprescindibile per rendere l'innovazione accessibile¹¹⁶. Le criticità non mancano – dipendenza dai fornitori esterni (vendor lock-in), sicurezza e localizzazione dei dati per la conformità al GDPR – ma i benefici in termini di flessibilità, riduzione dei costi e rapidità di implementazione hanno reso il cloud una componente strutturale della trasformazione digitale in atto.

Accanto al cloud, l'**Internet of Things (IoT)** fornisce all'IA la materia prima: i dati. Sensori e dispositivi connessi generano flussi informativi continui che, se analizzati da algoritmi intelligenti, permettono di ottimizzare

¹¹² 5. Dipartimento per la Trasformazione Digitale – Governo Italiano, *Strategia Italiana per l'Intelligenza Artificiale 2024–2026* (pubblicata 22 luglio 2024) – Nota: Documento strategico nazionale IA che allinea sviluppo tecnologico con principi etici e normativi, e integra con iniziative UE (AI Act)[10][11]

¹¹³ https://www.agid.gov.it/sites/agid/files/2024-06/piano_triennale_per_linformatica_nella_pa_2024-2026.pdf

¹¹⁴ <https://www.ai4business.it/intelligenza-artificiale/ai-nella-pa-sono-130-i-progetti-avviati-nel-2024-ma-solo-52-pienamente-operativi/>

¹¹⁵ https://www.agid.gov.it/sites/agid/files/2024-07/Strategia_italiana_per_l_Intelligenza_artificiale_2024-2026.pdf

¹¹⁶ <https://www.osservatori.net/comunicato/cloud-transformation/cloud-italia-mercato/>

processi industriali, migliorare servizi sanitari o gestire infrastrutture urbane in tempo reale. La crescita è esponenziale: entro il 2025 si stimano circa 30 miliardi di dispositivi IoT attivi nel mondo¹¹⁷. Questa mole di dati alimenta i cosiddetti sistemi cyber-fisici intelligenti, in cui IoT, cloud e IA operano in sinergia: i sensori raccolgono i dati, l'IA li interpreta e i sistemi agiscono di conseguenza sul mondo fisico. La diffusione capillare dell'IoT segna una trasformazione profonda: ogni ambiente – dalle case alle fabbriche, dalle città agli ospedali – diventa fonte continua di dati digitali, offrendo opportunità senza precedenti per ottimizzare sistemi complessi. Le applicazioni sono trasversali a quasi tutti i settori. Nell'industria, l'IoT costituisce l'ossatura della smart factory, dove sensori monitorano in tempo reale produzione ed energia, abilitando manutenzione predittiva e processi più efficienti. In agricoltura rende possibile la coltivazione di precisione, nel settore energetico alimenta le smart grid, nella logistica e nel retail consente il tracciamento costante delle merci. Nelle città, sensori diffusi supportano la gestione intelligente di traffico, illuminazione e qualità dell'aria; in sanità, dispositivi indossabili e biomedicali favoriscono telemedicina e assistenza domiciliare.

In sintesi, cloud e IoT non rappresentano capitoli a sé stanti della rivoluzione digitale, ma condizioni abilitanti perché l'IA possa dispiegare appieno il proprio potenziale. Il cloud garantisce la potenza di calcolo e l'elasticità necessarie a supportare modelli sempre più sofisticati; l'IoT produce i dati che alimentano gli algoritmi. Insieme, creano l'ecosistema su cui si costruisce l'innovazione.

10.3 Applicazioni verticali di AI e GenAI in settori chiave del made in Italy

La trasformazione digitale coinvolge oggi non solo i grandi gruppi tecnologici, ma interessa progressivamente anche le piccole e medie imprese (PMI), vero cuore pulsante dell'economia italiana. In questi contesti, cresce la consapevolezza del valore strategico dei dati e delle potenzialità offerte dall'Intelligenza Artificiale. L'onda dell'innovazione investe trasversalmente le filiere del made in Italy — dalla meccanica alla moda, dall'arredo al settore agroalimentare — spingendo le imprese a riflettere su come raccogliere, analizzare e valorizzare i dati generati dai propri processi. Qualche anno fa l'IA era percepita come una risorsa esclusiva delle grandi aziende o dei centri di ricerca; oggi, invece, si afferma come uno strumento concreto, accessibile e integrabile anche nei contesti più tradizionali, capace di produrre valore, efficienza e nuove forme di innovazione. Per le PMI, coltivare un'autentica cultura del dato implica ripensare i processi in chiave data-driven, investire nello sviluppo di competenze, promuovere la collaborazione tra saperi differenziali e costruire ecosistemi capaci di integrare il digitale con la qualità, la creatività e il patrimonio del saper fare tipico italiano. In questa prospettiva, l'IA non si configura come sostitutiva dell'essere umano, ma come partner in grado di potenziarne le capacità.

Muovendo da questa prospettiva, si sono delineate esperienze emblematiche che dimostrano come l'innovazione possa fiorire anche in contesti produttivi tradizionali, laddove tecnologia e cultura locale si incontrano e si fondono. Di seguito si propone una selezione di casi di studio nei settori della meccanica, della moda e dell'arredo, nei quali l'Intelligenza Artificiale si integra nei processi delle PMI quale leva per un'evoluzione consapevole e sostenibile, configurandosi come uno strumento di empowerment per persone, imprese e territori. I progetti sviluppati negli ultimi anni incarnano il valore del lavoro collettivo e interdisciplinare, alimentato dall'intuizione e dalla competenza di un'ampia rete di professionisti. Donne e uomini mossi dalla consapevolezza che nessuno può agire efficacemente se limitato ai soli saperi della propria disciplina. Questa interdisciplinarietà si traduce in un'AI che non ambisce e non intende sostituire la creatività umana, bensì fungere da moltiplicatore di possibilità, inventiva e co-creazione.

¹¹⁷ <https://www.unipoltech.com/it/news/scenario-iot#:~:text=Per%20quanto%20riguarda%20la%20quantit%C3%A0,sempre%20pi%C3%B9%20digitali%20e%20iperconnessi.>

10.3.1 AI e moda

Un caso significativo di integrazione virtuosa tra tradizione manifatturiera e innovazione tecnologica applicata al mondo moda è il progetto *Cappell-AI*, attualmente il più ampio progetto internazionale di **IA generativa applicata al settore della produzione di cappelli**. Nato a Montappone (Fermo), nel cuore di uno dei più antichi e rinomati distretti italiani specializzati nella manifattura di copricapi, Cappell-AI coinvolge una rete di maestri cappellai che hanno scelto di intraprendere un percorso condiviso di trasformazione digitale, volto a innovare i processi creativi e produttivi **senza smarrire l'identità della tradizione artigianale**. L'obiettivo è ambizioso e concreto al tempo stesso: da un lato valorizzare e potenziare la **creatività artigiana**, dall'altro rendere più sostenibile ed efficiente l'intero processo di design attraverso l'integrazione dell'IA generativa nei flussi di ideazione, sviluppo e prototipazione. Il cuore del progetto è un sistema di supporto al design basato su metodi generativi: i designer possono generare immagini di nuovi cappelli a partire da semplici descrizioni testuali (prompt) – specificando materiali, colori, forme e dettagli – e ottenere in pochi secondi visualizzazioni realistiche e stilisticamente coerenti delle loro idee. Ogni immagine generata può essere affinata iterativamente, esplorando varianti attraverso un ciclo creativo di **interazione uomo-macchina**, in cui l'IA agisce come facilitatore e acceleratore del processo ideativo. Il sistema opera anche *al contrario*: partendo dal disegno o dalla foto di un cappello immaginato, l'IA è in grado di generare automaticamente la **scheda tecnica descrittiva** del prodotto (attributi visivi, tipologia, materiali, stile, contesto d'uso). In questo nuovo paradigma di **co-progettazione uomo-macchina**, la sinergia tra competenza umana e capacità algoritmica consente di ottimizzare tempi e costi, migliorare la coerenza tra il concept iniziale e il prodotto finale, e al contempo ridurre l'impatto ambientale legato alla prototipazione tradizionale (meno sprechi di materiali). Oltre alla dimensione tecnologica, Cappell-AI rappresenta un esempio maturo di innovazione **collaborativa**. Designer, artigiani, tecnologi e altri professionisti lavorano in sinergia lungo un unico flusso creativo: la tecnologia estende il saper fare artigiano, lo raffina e lo rende scalabile, offrendo nuovi strumenti per valorizzare l'identità culturale e l'eccellenza del prodotto italiano.

Sempre nel settore moda, la capacità di visualizzare rapidamente e in alta qualità un capo o un accessorio *prima* della sua produzione fisica costituisce una leva strategica, sia per stimolare la creatività dei designer sia per ridurre costi e tempi di sviluppo. In questo contesto si inserisce **FENRI – acronimo di Fashion Immersive Neural Rendering Interface** – che ha applicato tecniche di Neural Rendering all'industria della moda. L'idea alla base di FENRI è utilizzare l'IA per trasformare semplici immagini bidimensionali (foto o disegni di un prodotto) in modelli tridimensionali dettagliati, grazie ad algoritmi avanzati come i Neural Radiance Fields (NeRF) e il più recente 3D Gaussian Splatting. Il progetto è stato sperimentato nel design di **calzature**: disponendo di un dataset di immagini ad alta risoluzione delle scarpe riprese da più angolazioni, sono stati addestrati modelli AI capaci di ricostruire fedelmente la geometria e le texture del prodotto, generando un gemello digitale 3D. Uno degli elementi distintivi di FENRI è la piattaforma WebXR sviluppata ad hoc (una web app fruibile da PC, smartphone o visori VR), che consente di esplorare e manipolare i modelli 3D in ambienti immersivi. In pratica, un designer o un buyer può visualizzare il prototipo virtuale della calzatura, ruotarlo, osservare i dettagli da vicino, eventualmente provare varianti di colore o materiale, il tutto tramite un'interfaccia immersiva. Questo approccio porta molteplici vantaggi: **accelera la fase di prototipazione** (meno iterazioni di campioni fisici), **riduce gli sprechi** (materiali e risorse impiegate per prototipi non definitivi) e offre una **nuova esperienza interattiva sia per i creativi che per i clienti**. Il caso FENRI mostra come l'integrazione di IA e realtà estesa (XR) possa innovare un settore tradizionale come la moda, coniugando estetica, innovazione e tradizione manifatturiera. Un'IA generativa può infatti aiutare a creare scenari virtuali (ad es. ambientazioni per shooting fotografici simulati o *showroom* virtuali), mentre le tecnologie AR/VR offrono nuovi canali per presentare e personalizzare i prodotti. Sebbene siamo ancora nelle fasi iniziali di adozione massiccia di queste soluzioni, progetti come FENRI delineano la strada per un futuro in cui la creatività aumentata sarà parte integrante del processo di design e vendita nel mondo del fashion.

10.3.2 AI e meccanica

Nel campo della meccanica di precisione, Nuova Simonelli è un esempio di PMI che ha saputo abbracciare l'innovazione 4.0. L'azienda, con sede nelle Marche, produce macchine da caffè professionali esportate in

tutto il mondo. Simonelli ha implementato un sistema avanzato di **manutenzione predittiva** sulle proprie macchine, combinando IoT e IA. Attraverso una rete di sensori installati nei punti critici delle apparecchiature e algoritmi di machine learning che analizzano i dati raccolti su una piattaforma cloud, l'azienda è riuscita a passare da una manutenzione periodica a una manutenzione "su condizione" basata sui dati. I risultati sono stati straordinari: negli impianti dotati del sistema AI, i guasti non pianificati si sono ridotti di quasi l'80%, i costi di manutenzione del 45%, mentre la vita utile delle macchine è aumentata in media del 35%, con un netto miglioramento della soddisfazione dei clienti (+62%). Questi numeri evidenziano un forte incremento di **produttività** e qualità del servizio post-vendita. Inoltre, grazie all'analisi dei big data provenienti dalle macchine connesse, Nuova Simonelli ha potuto attivare un processo di **miglioramento continuo**: ad esempio, identificando pattern ricorrenti di usura ha apportato modifiche progettuali ai componenti per renderli più affidabili, e ha sviluppato nuovi servizi "smart" per i clienti (come piani di manutenzione personalizzati in base all'uso effettivo della macchina). Il caso Simonelli illustra come anche un'azienda di medie dimensioni, radicata in un settore tradizionale, possa trasformarsi in una "**impresa data-driven**": il prodotto diventa intelligente e connesso, generando dati che alimentano nuovi modelli di business (ad esempio la possibilità di offrire la macchina *as-a-service*, con tariffazione basata sul consumo e sulla performance garantita). In definitiva, Simonelli ha saputo mantenere la propria eccellenza manifatturiera integrandola con le tecnologie digitali, ottenendo un duplice risultato: **efficienza operativa** e **innovazione del modello di servizio**.

10.3.3 AI e arredo

Nel settore dell'arredamento in legno, la qualità estetica e funzionale del prodotto finito è uno dei tratti distintivi del made in Italy. *Errebielle*, azienda marchigiana specializzata nella verniciatura di componenti lignei per mobili, ha intrapreso un progetto di innovazione orientato a migliorare e automatizzare i processi di controllo qualità attraverso l'IA. In collaborazione con il nostro laboratorio universitario (VRAI Lab), è stato sviluppato un sistema che integra **qualità predittiva** e **ispezione automatica** del prodotto. Da un lato, sul fronte predittivo, sono stati raccolti e integrati dati eterogenei – immagini ad alta risoluzione dei pezzi, dati spettrali sulla resa del colore, misurazioni dimensionali e parametri di processo (es. temperature, umidità) – per addestrare modelli in grado di prevedere la qualità del prodotto finito *prima* dell'ispezione finale. Ciò consente di identificare in anticipo lotti potenzialmente a rischio di non conformità, permettendo correzioni o regolazioni durante il processo e riducendo rilavorazioni e scarti. In parallelo, è stato implementato un sistema di **visione artificiale** per l'ispezione automatica in linea: una telecamera industriale ad alta risoluzione, installata accanto alla postazione di controllo manuale, acquisisce immagini di ogni componente verniciato e le associa al giudizio dell'operatore umano (conforme/non conforme). In questo modo, nel tempo si costruisce un dataset di immagini etichettate basato su casi reali, utilizzato per addestrare un modello di intelligenza artificiale a riconoscere i difetti. Il cuore dell'algoritmo è una rete neurale di tipo *Siamese*, progettata per confrontare ogni pezzo verniciato con un campione ideale di riferimento, individuando scostamenti visivi, imperfezioni superficiali o difetti rispetto agli standard qualitativi aziendali. Grazie a questo approccio, l'azienda è passata da un controllo visivo **soggettivo** (legato all'occhio e all'esperienza del singolo operatore) a una valutazione automatica **oggettiva**, continua e ripetibile, che abilita una gestione della qualità più efficiente, predittiva e tracciabile. Il progetto ha di fatto dato vita a un sistema intelligente di **controllo qualità digitale**, con benefici concreti: maggiore **oggettività** nelle valutazioni (riducendo la variabilità dovuta al fattore umano), completa **tracciabilità** dei difetti rilevati (ogni anomalia è registrata e analizzabile a posteriori), riduzione degli sprechi (meno pezzi scartati o rilavorati grazie all'individuazione precoce dei problemi) e incremento dell'**efficienza operativa** (il controllo automatico può avvenire in tempo reale sulla linea, senza rallentare la produzione). Ancora una volta, dietro il successo di questa innovazione c'è un modello di collaborazione virtuosa tra competenza artigianale e IA: gli esperti di verniciatura hanno contribuito a definire i criteri di qualità e ad annotare i dati, mentre i data scientist hanno sviluppato gli algoritmi di visione; insieme hanno creato una soluzione su misura che unisce la **sensibilità artigiana** alla **potenza dell'automazione**. L'AI diventa così strumento per **elevare lo standard qualitativo** senza snaturare il ruolo dell'uomo: l'operatore umano resta fondamentale per definire cosa è "bello e ben fatto", mentre la macchina assicura che tale standard venga rispettato costantemente su ogni pezzo.

Questi casi dimostrano come anche nelle PMI italiane – spesso custodi di tradizioni produttive decennali – sia possibile innescare processi di innovazione grazie alle tecnologie emergenti. I fattori critici di successo ricorrenti sono stati: la **visione strategica** degli imprenditori (consapevoli che investire nel digitale è ormai necessario per restare competitivi), la collaborazione con **centri di ricerca** e università (per colmare gap di competenze tecniche), e un approccio di **open innovation** in cui nuove tecnologie vengono adattate e integrate senza cancellare il patrimonio di conoscenze pregresso. Ne risulta un modello di trasformazione digitale “all’italiana”, dove l’IA e le altre tecnologie fungono da **acceleratori di creatività, qualità e know-how**, mantenendo però al centro le persone e la cultura organizzativa costruita negli anni. Le PMI che abbracciano con successo l’innovazione riescono a far dialogare **artigianalità e intelligenza artificiale**, mostrando una via sostenibile e inclusiva alla quarta rivoluzione industriale.

10.4 La Pubblica Amministrazione nell’era dell’AI

La trasformazione digitale non riguarda soltanto le imprese: anche la Pubblica Amministrazione (PA) è chiamata a ripensare strumenti, processi e modelli organizzativi. In Italia, l’innovazione digitale del settore pubblico è oggi una priorità strategica, sostenuta da investimenti senza precedenti: il PNRR destina circa 48 miliardi di euro alla digitalizzazione, dalla migrazione al cloud degli enti fino allo sviluppo di servizi avanzati per cittadini e imprese. L’obiettivo è una PA più efficiente, trasparente e vicina alle esigenze della società, in cui l’Intelligenza Artificiale diventa un elemento abilitante per migliorare qualità, rapidità e accessibilità dei servizi.

Già oggi si moltiplicano sperimentazioni di IA in diversi ambiti: in sanità, algoritmi di machine learning supportano i medici nell’analisi di immagini diagnostiche e nell’elaborazione di modelli predittivi sull’andamento delle epidemie; nella giustizia, si sperimentano sistemi di analisi automatica di documenti e sentenze per ridurre i tempi di ricerca e individuare pattern nei procedimenti; nei servizi amministrativi, chatbot intelligenti affiancano cittadini e imprese nelle pratiche quotidiane, rispondendo 24/7 a domande su anagrafe, tributi o servizi scolastici; sul fronte della sicurezza urbana, alcune città utilizzano analisi video in tempo reale per monitorare traffico e segnalare situazioni anomale.

Il *Piano Triennale per l’informatica nella PA 2024–26* traccia una roadmap chiara: inserire l’IA come leva trasversale in molteplici progetti, dalla gestione intelligente delle infrastrutture alla semplificazione delle procedure standardizzate, così da liberare tempo ai funzionari per i casi più complessi. Accanto a questo, il Governo promuove programmi di formazione sulle competenze digitali per il personale pubblico e incentiva collaborazioni con università, centri di ricerca e startup, in linea con le iniziative europee come l’AI Act o la European Blockchain Services Infrastructure.

Le potenzialità sono enormi, ma non mancano criticità. Secondo una ricerca del Politecnico di Milano, meno della metà dei 130 progetti di IA avviati nella PA italiana è arrivata a regime operativo¹¹⁸. Spesso i progetti pilota faticano a scalare per mancanza di competenze interne, difficoltà di integrazione dei dati e resistenze organizzative. La carenza di profili qualificati (data scientist, sviluppatori AI, esperti di governance dei dati) è un ostacolo cruciale, acuita dalla competizione con il settore privato. Altrettanto rilevante è la frammentazione dei dati: molte banche dati pubbliche rimangono isolate e non interoperabili, limitando l’efficacia degli algoritmi. A ciò si aggiungono le esigenze di trasparenza, equità e spiegabilità, imprescindibili per garantire che decisioni automatizzate in ambiti sensibili – come prestazioni sociali o finanziamenti – non producano discriminazioni. Infine, permane una resistenza culturale: in alcuni uffici pubblici l’innovazione è percepita come rischio, più che come opportunità, e questo rende necessario un forte impegno in formazione e change management.

Le prospettive, tuttavia, restano promettenti. Gartner prevede che entro il 2026 quasi il 60% degli enti pubblici avrà automatizzato parte significativa dei processi grazie a tecniche di hyperautomation, e che oltre un terzo delle applicazioni legacy sarà migrato su piattaforme cloud low-code/no-code entro il 2025, facilitando lo

sviluppo di nuovi servizi digitali¹¹⁹. Questo scenario apre la strada a una PA più proattiva, capace di anticipare i bisogni dei cittadini (ad esempio notificando automaticamente scadenze o opportunità), di offrire interfacce conversazionali intuitive e di utilizzare i dati pubblici – nel pieno rispetto della privacy – per orientare le politiche.

Se accompagnata da adeguati investimenti in competenze, governance e infrastrutture, l'IA può trasformare la PA italiana in un attore innovativo e inclusivo, capace di erogare servizi più rapidi, personalizzati e trasparenti. La sfida sarà governare questo processo con equilibrio, coniugando l'efficienza tecnologica con i principi di equità, etica e centralità del cittadino: solo così l'amministrazione pubblica potrà entrare a pieno titolo nell'era dell'intelligenza artificiale.

10.5 Qualche riflessione conclusiva

Le tecnologie emergenti – dall'IA al cloud, dall'IoT alla blockchain, fino al calcolo quantistico e alla XR – non rappresentano comparti isolati, ma elementi di un ecosistema digitale integrato fondato sulla convergenza. Questa interdipendenza moltiplica le potenzialità applicative: l'IA valorizza i dati dell'IoT, la blockchain garantisce sicurezza e tracciabilità, il cloud ed edge computing abilitano applicazioni immersive, mentre il calcolo quantistico promette progressi in crittografia e addestramento dei modelli. Per imprese e Pubbliche Amministrazioni ciò implica adottare tali tecnologie come strumenti per migliorare processi, servizi e qualità della vita, non come fini a sé stessi.

Le opportunità in termini di produttività, sostenibilità e competitività sono enormi, ma occorre affrontare con pari serietà rischi e sfide: colmare il gap di competenze digitali, aggiornare i quadri normativi, promuovere standard aperti, garantire equità e inclusione nei processi di transizione. A livello macro, l'UE e l'Italia stanno cercando di indirizzare la trasformazione digitale verso modelli umanocentrici e sostenibili, ponendo al centro diritti, etica e innovazione responsabile.

Oltre alla dimensione tecnologica, emerge una sfida culturale ed etica: l'IA e l'automazione non possono sostituire le competenze insostituibilmente umane – intuizione, empatia, responsabilità morale. Più cresce il potere degli algoritmi, più diventa cruciale valorizzare intelligenza emotiva, pensiero critico e capacità relazionali. L'innovazione, quindi, non deve ridurre ma amplificare la nostra umanità, trasformandosi in un alleato per decisioni più intelligenti e sostenibili.

In definitiva, la rivoluzione digitale potrà tradursi in vero progresso solo se guidata da un approccio collaborativo e umanocentrico, in cui università, ricerca, industria e istituzioni lavorano insieme per coniugare sviluppo economico, benessere sociale ed etica. Solo così sarà possibile costruire un futuro tecnologico a misura d'uomo.

¹¹⁹ <https://www.ai4business.it/intelligenza-artificiale/gartner-entro-il-2026-l80-delle-aziende-utilizzeranno-modelli-di-ai-generativa/>

11. AI 4 YOUR BUSINESS Executive:

la formazione continua in ambito digitale adotta un approccio interdisciplinare

Mariarita Pierotti

Dipartimento di Informatica, Università di Pisa

11.1 Introduzione

La digitalizzazione sta ridefinendo profondamente le dinamiche produttive, sociali ed economiche del nostro tempo. L'introduzione di tecnologie avanzate, in particolare l'Intelligenza Artificiale, sta cambiando il modo in cui le aziende operano, prendono decisioni, si relazionano con i clienti e gestiscono i processi interni. In questo scenario in continua evoluzione, le competenze diventano la principale moneta di scambio per rimanere competitivi.

Competenze aggiornate non significano solo nuove conoscenze tecniche: richiedono una cultura organizzativa aperta al cambiamento, una visione strategica della formazione e la disponibilità a ripensare ruoli e funzioni aziendali. La formazione continua, quindi, non è un'opzione ma una necessità. Le aziende che sapranno investire in percorsi formativi innovativi, dinamici e trasversali saranno in grado di affrontare le sfide della digitalizzazione e di cogliere le opportunità offerte dall'IA.

11.2 La formazione continua: presupposto della competitività

La formazione continua rappresenta l'insieme delle attività di aggiornamento e sviluppo delle competenze che accompagnano la persona lungo tutto l'arco della vita lavorativa. Non ci si può più limitare all'acquisizione di una qualifica iniziale, ma si cerca sempre più un costante processo di apprendimento per mantenersi competitivi e adattabili in un mercato in continua trasformazione. Le università quali organi deputati all'alta formazione hanno assunto un ruolo strategico nella promozione della formazione continua e del lifelong learning, integrando queste attività nella cosiddetta "Terza Missione" accanto a didattica e ricerca.

Il divario tra le competenze richieste per svolgere un determinato ruolo lavorativo e quelle effettivamente possedute da lavoratori o dai candidati può derivare da vari fattori. La presenza di uno skill gap ostacola la competitività delle aziende, limita l'innovazione e rende difficile il reperimento di profili professionali adeguati. L'evoluzione tecnologica è sicuramente uno dei primi e più importanti fattori da tenere in considerazione. La trasformazione digitale non è una rivoluzione destinata a concludersi: è un processo in costante mutamento. Di conseguenza, anche la preparazione delle risorse umane deve essere continua e adattiva. Le organizzazioni che investono nella formazione professionale dei dipendenti rafforzano il proprio capitale umano, incrementano la capacità interna di adattarsi e innovare, nonché l'efficacia operativa.

11.2.1 Sfide e opportunità della formazione continua

Il panorama della formazione continua si presenta oggi come un contesto in rapida evoluzione, complesso ma al tempo stesso ricco di opportunità. In un mondo in cui l'innovazione tecnologica avanza con estrema rapidità, l'aggiornamento costante delle competenze è diventato un imperativo. Le aziende sono chiamate a investire in programmi formativi agili e tempestivi, capaci di tenere il passo con le trasformazioni del mercato e con l'introduzione di nuove tecnologie come l'intelligenza artificiale, la cybersecurity e l'analisi dei dati.

Accanto a questa esigenza di aggiornamento, emerge la necessità di costruire percorsi formativi personalizzati, in grado di rispondere alle specificità di ogni individuo. Ogni lavoratore porta con sé un patrimonio unico di esperienze, aspettative e obiettivi: riconoscere e valorizzare queste differenze consente di aumentare l'efficacia dell'apprendimento e di rafforzare il coinvolgimento delle persone nei processi di sviluppo professionale.

Un altro aspetto centrale riguarda l'inclusione digitale e l'accessibilità della formazione. Garantire pari opportunità di accesso agli strumenti e ai contenuti digitali, indipendentemente dal ruolo, dall'età o dalle competenze pregresse, è fondamentale per evitare la creazione di nuovi divari all'interno delle organizzazioni e per favorire una partecipazione equa e consapevole all'innovazione.

Tutto ciò deve essere sostenuto da una cultura aziendale che promuova l'apprendimento continuo come valore strategico. Non si tratta più di considerare la formazione come un intervento isolato, ma di integrarla pienamente nell'identità e nei processi aziendali, incoraggiando la curiosità, la sperimentazione e la condivisione della conoscenza.

Infine, per rendere realmente efficace ogni investimento formativo, è indispensabile dotarsi di strumenti di monitoraggio e valutazione dell'impatto. Comprendere se e come la formazione incide sulla produttività, sull'innovazione e sul benessere organizzativo consente di orientare meglio le strategie future e di consolidare un approccio orientato ai risultati.

Affrontare con consapevolezza e visione queste sfide permetterà alle imprese non solo di adattarsi al cambiamento, ma di guidarlo, rafforzando la propria competitività e contribuendo a uno sviluppo più sostenibile e inclusivo.

Secondo i dati OCSE, esiste una correlazione diretta tra l'alta partecipazione alla formazione continua e indicatori chiave di benessere economico, come la stabilità occupazionale e la crescita del PIL. Questo legame non è casuale, ma rappresenta la dimostrazione concreta di un principio sempre più centrale nelle dinamiche del lavoro contemporaneo: la competitività di un'azienda, e più in generale di un intero sistema economico, si costruisce a partire dalla valorizzazione delle competenze umane.

In un mercato in costante trasformazione, caratterizzato dall'emergere di nuove tecnologie, modelli organizzativi flessibili e scenari globali in continua evoluzione, le imprese non possono più contare esclusivamente su asset tangibili o vantaggi strutturali. Al contrario, il vero vantaggio competitivo risiede nella capacità delle persone di adattarsi, innovare e generare valore attraverso il proprio sapere. È in questo contesto che la formazione continua diventa un elemento strategico, non un costo, ma un investimento ad alto rendimento.

Valorizzare le competenze significa, infatti, costruire un'organizzazione capace di stimolare l'apprendimento collettivo, di affrontare le sfide e di anticipare i cambiamenti. Significa creare un ambiente in cui ogni lavoratore ha l'opportunità di aggiornarsi, di sviluppare nuove capacità e di contribuire attivamente ai processi decisionali e innovativi. Le aziende che adottano questo approccio riescono a ridurre il mismatch tra domanda e offerta di competenze, a trattenere i talenti e a incrementare la produttività, migliorando allo stesso tempo la qualità del lavoro e il senso di appartenenza.

A conferma di questa visione, il rapporto *Getting Skills Right: Future-Ready Adult Learning Systems* pubblicato dall'OCSE nel 2019 evidenzia come i Paesi che investono sistematicamente nell'apprendimento lungo tutto l'arco della vita tendano ad avere economie più dinamiche, con tassi di crescita del PIL più sostenuti e sistemi occupazionali meno vulnerabili alle crisi. Inoltre, sottolinea l'importanza di costruire sistemi di apprendimento per adulti in grado di rispondere alle sfide poste dall'automazione, dalla transizione ecologica e dall'invecchiamento demografico (OECD, 2019).

In definitiva, i dati OCSE confermano ciò che la pratica aziendale più lungimirante ha già intuito: per restare competitivi, è indispensabile mettere le persone al centro delle strategie di sviluppo. Non vi è innovazione senza apprendimento, né crescita sostenibile senza un impegno continuo nella formazione. Solo attraverso la costruzione di un ecosistema formativo dinamico, accessibile e strategicamente integrato, le imprese possono aspirare a un vantaggio duraturo in un mondo in perenne trasformazione.

11.2.2 Nuovi modelli di apprendimento

Negli anni successivi alla pandemia, il mondo della formazione continua ha subito una trasformazione profonda, delineando nuovi modelli di apprendimento sempre più flessibili, personalizzati e centrati sull'efficacia. L'accelerazione digitale e l'emergere di nuove esigenze organizzative hanno imposto un ripensamento dei metodi tradizionali, dando vita a soluzioni ibride capaci di rispondere meglio ai ritmi e alle sfide del lavoro contemporaneo.

Uno dei modelli più diffusi è il **blended learning**, che integra la formazione in presenza con quella online. Questa combinazione consente di unire l'efficacia dell'interazione diretta con la comodità e la flessibilità della formazione digitale. Il risultato è un percorso che valorizza sia il confronto con docenti e colleghi sia l'autonomia del discente, conciliando la crescita professionale con gli impegni lavorativi.

Accanto a questo modello si è affermato il **microlearning**, un approccio che propone contenuti brevi, mirati e facilmente accessibili, spesso fruibili anche da dispositivi mobili. Questa modalità risponde alla necessità di apprendere "a piccoli passi", inserendo la formazione in modo naturale nella quotidianità lavorativa. I micro-contenuti si prestano particolarmente bene all'aggiornamento continuo e al consolidamento di competenze specifiche, senza interrompere i flussi produttivi.

Altro elemento distintivo dei nuovi modelli post-pandemici è il ritorno alla **formazione esperienziale**, attraverso **bootcamp**, laboratori pratici e simulazioni. Queste esperienze immersive pongono il partecipante al centro del processo formativo, stimolando l'apprendimento attivo, il pensiero critico e la capacità di risolvere problemi complessi. In contesti aziendali dinamici, dove le competenze devono essere immediatamente applicabili, l'approccio "learning by doing" si rivela particolarmente efficace.

Ha inoltre acquisito una nuova centralità il ruolo delle relazioni nella crescita professionale, attraverso percorsi di **mentoring** e **coaching**. Queste modalità, basate sull'interazione diretta e sullo sviluppo personalizzato, risultano utili non soltanto per accrescere le competenze tecniche, ma anche per acquisire soft skill fondamentali come la leadership, la gestione del cambiamento e l'intelligenza emotiva. Il valore aggiunto di questi percorsi risiede nella possibilità di costruire dialoghi significativi, orientati alla consapevolezza e al miglioramento continuo.

In parallelo, l'importanza di entrare a far parte di **network strutturati**, come quelli promossi dai programmi di **formazione avanzata universitaria diventa sempre più elemento distintivo di programmi di apprendimento ad alto livello**. Questi ecosistemi formativi non solo offrono accesso a contenuti di alta qualità, ma rappresentano veri e propri ambienti di scambio tra professionisti, docenti e aziende. Essere parte di una rete accademica e professionale consente di rimanere esposti all'innovazione, di confrontarsi con esperienze eterogenee e di costruire relazioni strategiche. In un'epoca in cui il capitale sociale e cognitivo è decisivo quanto quello tecnologico, i network universitari diventano spazi privilegiati per alimentare l'apprendimento continuo e per rafforzare il proprio posizionamento nel mondo del lavoro.

Questi modelli, se ben progettati e integrati, rappresentano oggi una leva fondamentale per rendere la formazione continua più accessibile, motivante e strategicamente allineata alle esigenze del mondo del lavoro post-pandemico.

11.3 Le competenze digitali: motore dell'innovazione

Nel contesto lavorativo contemporaneo, profondamente trasformato dalla digitalizzazione, le competenze digitali non rappresentano più un semplice accessorio tecnico, ma costituiscono un pilastro strategico per la competitività e l'innovazione. Per i professionisti e per le organizzazioni, essere digitalmente competenti non significa soltanto saper utilizzare strumenti informatici, ma sviluppare una vera e propria cultura digitale, che comprende il pensiero computazionale, l'alfabetizzazione ai dati, la comprensione critica delle tecnologie emergenti e delle loro implicazioni.

La definizione delle competenze digitali oggi richieste include, tra le principali, la data literacy, ovvero la capacità di leggere, interpretare e utilizzare i dati in modo efficace per orientare decisioni basate sull'evidenza. A questa si affianca una crescente consapevolezza dell'intelligenza artificiale, che implica la comprensione dei meccanismi sottostanti a tecnologie come il machine learning, le reti neurali e il deep learning. In parallelo, si impone la necessità di padroneggiare i fondamenti della cybersecurity, al fine di riconoscere le minacce digitali e implementare pratiche di protezione adeguate, sia a livello individuale sia organizzativo.

Aspetto rilevante è quello della comunicazione digitale, che richiede familiarità con strumenti di collaborazione online, ambienti virtuali e strategie comunicative efficaci in contesti ibridi. In questo scenario si inserisce anche la cosiddetta agilità digitale, intesa come la capacità di adattarsi rapidamente all'introduzione di nuove tecnologie, mantenendo un atteggiamento proattivo e orientato al cambiamento. La European Digital Competence Framework (DigComp) costituisce oggi uno dei riferimenti più autorevoli per la strutturazione di queste competenze, integrando dimensioni tecniche, cognitive e valoriali, incluse le considerazioni etiche legate all'uso dell'IA e dell'automazione.

Accanto alle competenze digitali specifiche, si stanno consolidando quelle trasversali, sempre più determinanti per la crescita delle organizzazioni. Tra queste, il problem solving digitale si rivela essenziale per affrontare scenari incerti e risolvere problemi complessi attraverso l'uso strategico delle tecnologie. Il pensiero critico e analitico consente di interpretare grandi volumi di informazioni digitali, filtrare i dati rilevanti e orientare scelte strategiche. In un mondo del lavoro sempre più connesso, la collaborazione virtuale diventa competenza chiave per operare in team distribuiti, anche su scala globale, sfruttando le potenzialità delle piattaforme digitali.

La creatività digitale permette invece di immaginare soluzioni innovative, sviluppare contenuti multimediali e utilizzare in modo originale le tecnologie per generare valore. Infine, l'etica digitale e la sensibilità verso la sicurezza informatica costituiscono dimensioni irrinunciabili per un uso consapevole, responsabile e conforme delle tecnologie digitali, soprattutto in relazione alla gestione dei dati e alla tutela della privacy.

Lo sviluppo di queste competenze – tecniche, cognitive e relazionali – rappresenta una leva indispensabile per rafforzare e migliorare la capacità di adattamento al cambiamento e sostenere processi di innovazione continua. Le realtà aziendali che investono in programmi di alta formazione orientati alla crescita digitale del capitale umano non solo colmano il gap di competenze esistenti, ma si posizionano come attori dinamici, in grado di competere in mercati globali complessi e in rapida evoluzione.

11.4 Competenze digitali in azienda: la capillarità della diffusione

Nel panorama attuale, la digitalizzazione aziendale ha cessato di essere una prerogativa del reparto IT per trasformarsi in un fenomeno pervasivo che interessa l'intera struttura organizzativa. Oggi, le competenze digitali si configurano come un fattore trasversale, che coinvolge tutte le funzioni aziendali e rappresenta una leva strategica per generare valore reale e duraturo. La loro diffusione capillare contribuisce a ridefinire ruoli, processi e strategie, rendendo la tecnologia uno strumento quotidiano e integrato nell'operatività.

In ambito produttivo, l'integrazione di soluzioni basate sull'intelligenza artificiale permette di adottare sistemi di manutenzione predittiva e di ottimizzare i flussi produttivi attraverso il monitoraggio in tempo reale delle macchine. Nel marketing, gli strumenti digitali consentono di personalizzare le campagne, segmentare automaticamente i pubblici di riferimento e analizzare i comportamenti d'acquisto con tecniche predittive sempre più raffinate.

Anche la funzione HR è profondamente trasformata dall'adozione di tecnologie digitali: dalla selezione automatizzata dei candidati alla gestione virtuale dei colloqui, fino all'analisi del clima organizzativo e alla valutazione delle performance. In ambito logistico, l'uso di sistemi digitali avanzati migliora la gestione delle scorte, la pianificazione delle consegne e la previsione della domanda, contribuendo a rendere le catene di fornitura più efficienti e reattive.

Anche le attività amministrative beneficiano della digitalizzazione attraverso la gestione integrata dei dati e dei documenti, l'impiego di software gestionali, l'archiviazione digitale sicura e il rispetto delle normative su privacy e sicurezza. Sul fronte IT, naturalmente, restano centrali le competenze tecniche avanzate, dallo sviluppo software alla gestione delle infrastrutture digitali e alla cybersecurity.

Il management, quindi è chiamato a sviluppare una solida alfabetizzazione digitale, accompagnata da una visione strategica, capacità di leadership digitale e una governance efficace dell'innovazione.

Questa diffusione orizzontale delle competenze digitali trasforma ogni funzione aziendale in un attore attivo della transizione tecnologica. L'integrazione degli strumenti digitali nei processi quotidiani consente di automatizzare attività a basso valore aggiunto, liberando tempo e risorse per mansioni più strategiche. Migliora la comunicazione, sia interna che esterna, grazie all'uso di piattaforme collaborative e soluzioni avanzate, e permette di sfruttare l'analisi dei dati per prendere decisioni rapide, informate e orientate agli obiettivi.

Inoltre, la digitalizzazione agevola la collaborazione tra team eterogenei, anche in modalità ibrida o completamente virtuale, e alimenta l'innovazione attraverso lo scambio di competenze e la contaminazione di prospettive diverse. In questo contesto, la capillarità delle competenze digitali rafforza l'agilità e la capacità di adattamento aziendale. L'ecosistema interno si mostra così pronto a rispondere con efficacia ai cambiamenti del mercato e a cogliere le opportunità emergenti in un contesto competitivo in continua evoluzione.

11.5 Gli attori aziendali coinvolti

Nel contesto della trasformazione digitale, l'adozione diffusa e strategica delle competenze digitali richiede un coinvolgimento autentico e sistemico di tutti i livelli organizzativi. L'ecosistema interno all'impresa — articolato tra leadership, management e operatività — deve operare in modo sinergico per integrare l'innovazione tecnologica nei processi, nei comportamenti e nella cultura aziendale. La responsabilità del cambiamento non può essere delegata esclusivamente all'area IT o confinata ai progetti di trasformazione, ma deve essere assunta trasversalmente da ogni funzione.

A partire dal vertice, il top management è chiamato a esercitare una leadership visionaria, capace di orientare la mission aziendale verso la piena integrazione delle tecnologie digitali e dell'intelligenza artificiale. Questa guida strategica è fondamentale non solo per allocare risorse e definire priorità, ma anche per costruire una narrativa del cambiamento coerente e motivante. Il middle management, a sua volta, ha il compito di tradurre la visione in azioni operative, promuovendo una cultura del dato, facilitando l'adozione di nuovi strumenti e coordinando i team in logiche sempre più interfunzionali e orientate al problem solving digitale. I team operativi, infine, rappresentano il punto di contatto diretto con i processi digitalizzati e devono poter agire con competenza, autonomia e creatività nell'uso delle tecnologie, contribuendo a migliorare l'efficienza e a generare innovazione quotidiana.

L'effettiva pervasività delle competenze digitali, tuttavia, non può realizzarsi senza un'azione formativa mirata a superare resistenze culturali e barriere psicologiche. Spesso, la difficoltà nell'adozione delle tecnologie deriva da una scarsa consapevolezza o da un senso di inadeguatezza nei confronti del cambiamento. In questo senso, la formazione continua — attraverso percorsi di upskilling e reskilling, affiancamenti personalizzati, mentoring e coaching — svolge una funzione abilitante. Non solo potenzia le capacità tecniche, ma alimenta una mentalità aperta, proattiva e orientata all'apprendimento permanente, indispensabile per costruire organizzazioni realmente innovative.

Accanto all'ecosistema interno, gioca un ruolo determinante l'ecosistema esterno, composto da università, centri di ricerca, enti di formazione avanzata, partner tecnologici e istituzioni pubbliche. La costruzione di reti collaborative con questi attori consente alle imprese di accedere a conoscenze aggiornate, infrastrutture di innovazione e modelli formativi di frontiera. È all'interno di queste connessioni dinamiche che si sviluppano le condizioni per un aggiornamento continuo delle competenze, per la sperimentazione di soluzioni avanzate e per una digitalizzazione che sia realmente sostenibile e strategica. Solo un'interazione costante tra i saperi

dell'impresa e quelli del sistema formativo e scientifico consente di affrontare con efficacia le sfide del presente e di anticipare quelle del futuro.

11.6 AI 4 YOUR BUSINESS Executive: la risposta interdisciplinare del dipartimento di Informatica

11.6.1 Il progetto formativo

Il corso di perfezionamento AI 4 YOUR BUSINESS Executive nasce proprio con l'obiettivo di rispondere a queste esigenze. Promosso dal Dipartimento di Informatica dell'Università di Pisa, è pensato per professionisti, manager e imprenditori che vogliono comprendere le potenzialità dell'Intelligenza Artificiale e applicarle strategicamente all'interno della propria realtà.

Il corso è organizzato in collaborazione con il Consorzio Quinn, una realtà di riferimento nella promozione dell'innovazione e nella qualificazione delle competenze professionali. Il Quinn riunisce università, enti di ricerca, istituzioni pubbliche e aziende private in un network di eccellenza, con l'obiettivo di sviluppare progetti formativi avanzati e soluzioni integrate per il miglioramento continuo dei sistemi organizzativi.

Il programma è orientato all'applicazione concreta dell'IA nel business. Si rivolge a coloro che, pur non essendo specialisti tecnici, necessitano di una visione chiara e operativa per guidare progetti di innovazione digitale.

11.6.2 Obiettivi e approccio interdisciplinare

Gli obiettivi principali sono:

- Fornire una comprensione solida delle tecnologie IA e del loro impatto.
- Sviluppare capacità di valutazione dei rischi, delle opportunità e degli scenari applicativi.
- Offrire strumenti di management per progettare e coordinare processi di innovazione.
- Promuovere una cultura etica dell'IA.

L'approccio è interdisciplinare, integrando informatica, scienze sociali, economia aziendale, diritto e comunicazione. Questo consente ai partecipanti di acquisire competenze ampie e trasversali, fondamentali per affrontare le complessità del mondo digitale.

11.6.3 Struttura del corso

Il corso si articola in 11 moduli formativi (8 moduli ordinari + 3 workshop di approfondimento), tra didattica online e workshop in presenza (formula weekend). Ogni modulo affronta un tema specifico, come:

- Fondamenti di Intelligenza Artificiale
- Machine learning per il business
- Decisioni data-driven
- IA e marketing
- Etica, privacy e regolazione
- Change management e cultura digitale
- Oltre alle lezioni frontali, sono previsti:
- Project work su casi reali
- Testimonianze aziendali
- Laboratori pratici e simulazioni

11.6.4 Destinatari

Il programma è pensato per:

- Manager e quadri aziendali
- Professionisti e consulenti
- Imprenditori e responsabili d'innovazione
- Responsabili HR, marketing, operation e IT

L'obiettivo è rendere l'IA comprensibile, accessibile e implementabile nei diversi contesti aziendali.

11.6.5 Un modello di riferimento

AI4YB Executive rappresenta un modello di formazione che riesce a coniugare profondità teorica e immediatezza applicativa, visione strategica e pragmatismo operativo, innovazione tecnologica e riflessione etica. Grazie al coinvolgimento di docenti universitari, esperti del settore e partner industriali, il corso colma il divario tra sapere accademico e pratica aziendale, offrendo un'esperienza formativa unica nel panorama italiano.

11.6.6 Conclusioni

La trasformazione digitale richiede un ripensamento profondo delle competenze, che devono essere sempre più trasversali, interdisciplinari e aggiornate. Solo attraverso una formazione continua e mirata, che coinvolga tutti i livelli aziendali e valorizzi anche le competenze digitali in ogni funzione, le organizzazioni potranno affrontare con successo le sfide della digitalizzazione e dell'Intelligenza Artificiale.

Bibliografia

- AgID. (s.d.). *Promuovere competenze digitali*. Agenzia per l'Italia Digitale.
- AI 4 YOUR BUSINESS – Il Corso. (s.d.). AI4YB. <https://ai4yb.it/il-corso/>
- AI 4 YOUR BUSINESS – Team. (s.d.). AI4YB. <https://ai4yb.it/team/>
- AI 4 YOUR BUSINESS – Agevolazioni e borse di studio. (s.d.). AI4YB. <https://ai4yb.it/borse-di-studio/>
- AI 4 YOUR BUSINESS – Modalità di iscrizione. (s.d.). AI4YB. <https://ai4yb.it/come-iscriversi/>
- AlmaLaurea. (s.d.). *L'importanza delle competenze digitali in azienda*.
- Centofarm. (s.d.). *Competenze digitali per l'amministrazione aziendale*.
- Consorzio Quinn. (s.d.). *Chi siamo*. <https://consorzioquinn.it/chi-siamo/>
- Digital Skills Global. (s.d.). *Examining the benefits of working in cross-functional digital teams*. <https://digitalskillsglobal.com/blog/examining-the-benefits-of-working-in-cross-functional-digital-teams>
- European Commission. (2022). *DigComp 2.2: The Digital Competence Framework for Citizens*.
- Excelsior Unioncamere. (2018). *Le competenze digitali nelle imprese*.
- Fondorepubblicadigitale.it. (s.d.). *Competenze trasversali per il futuro del lavoro: Il Corso di Digital Soft Skills*.
- ForumPA. (2023). *Competenze digitali, quali sono e perché sono importanti*.
- GSO Consulting. (2025). *Competenze Trasversali: Cosa sono, Come Valutarle e Come Svilupperle*.
- ITPro. (2024). *Why IT professionals need cross-functional skills to thrive in the modern workplace*. <https://www.itpro.com/business/careers-and-training/why-it-professionals-need-cross-functional-skills-to-thrive-in-the-modern-workplace>
- Learning Solution. (2025). *Le competenze digitali trasversali che fanno crescere le aziende*.
- Meliusform. (s.d.). *Le "soft skills" digitali: le nuove competenze trasversali*.
- OECD. (2019). *Getting Skills Right: Future-Ready Adult Learning Systems*. OECD Publishing.
- OECD. (2022). *Skills Outlook – The Value of Lifelong Learning*.
- PeopleChange360. (s.d.). *Competenze digitali: cosa sono e importanza per le aziende*. <https://www.peoplechange360.it/people-strategy/competenze-digitali/competenze-digitali-cosa-sono/>
- Skilla. (s.d.). *Competenze digitali, quali sono e perché sono importanti nella pubblica amministrazione*.
- 4ward. (s.d.). *Quali competenze digitali saranno vitali per le aziende?*
- Agenda Digitale. (2023). *Competenze digitali: cosa sono e perché sono ricercate in azienda*. <https://www.agendadigitale.eu/cultura-digitale/competenze-digitali/competenze-digitali-quali-sono-e-che-importanza-hanno-per-le-aziende/>
- Mentora. (s.d.). *L'importanza delle competenze digitali nella crescita aziendale*. <https://mentora.it/limportanza-delle-competenze-digitali-nella-crescita-aziendale/>

12. L'innovazione e il cambiamento radicale

Gianpiero Negri

Senior Startup consultant, Innovation Manager DIH

12.1 Introduzione

L'innovazione radicale rappresenta una delle forze più potenti di trasformazione nella storia dell'umanità. Diversamente dal miglioramento graduale o dall'ottimizzazione di ciò che già esiste, essa agisce come una frattura, un punto di svolta che ridisegna le regole del gioco. Non nasce per rendere qualcosa più efficiente, ma per cambiare la natura stessa di ciò che è possibile. È l'atto con cui la società, la scienza o la tecnologia interrompono una traiettoria consolidata per aprirne una nuova. Ogni innovazione radicale porta con sé una dose di rischio, di disorientamento e di meraviglia: rompe equilibri, ma genera nuovi orizzonti. Spesso nasce ai margini, lontano dai centri di potere o dalle logiche dominanti, e solo in seguito rivela la sua portata dirompente. È una forma di visione e di coraggio insieme: la capacità di vedere oltre l'ovvio e di trasformare l'impossibile in realtà.

Nel corso di questo capitolo vengono esplorate sei forme emblematiche di innovazione radicale: la **disobbedienza intelligente**, il **futuro riportato al presente**, il **trauma positivo**, il **punto cieco come sorgente di creatività**, l'idea che **radicale non significa tecnologico** e l'**innovazione come ecologia**.

12.2 Innovazione radicale come "atto di disobbedienza intelligente"

Non è solo creazione, ma anche **rifiuto di un paradigma dominante**. Le idee più rivoluzionarie spesso nascono dove qualcuno ha avuto il coraggio di contraddire uno standard accettato.

L'innovazione radicale nasce spesso non come un atto di perfezionamento, ma come un gesto di disobbedienza. Una disobbedienza che non è anarchia o rifiuto sterile, ma coraggio di mettere in discussione un paradigma dominante per affermare un punto di vista nuovo, fondato su osservazioni concrete e su una visione alternativa. È quella che potremmo chiamare "**disobbedienza intelligente**", il motore nascosto di molte rivoluzioni storiche e contemporanee.

Uno degli esempi più emblematici in ambito medico è quello di **Ignaz Semmelweis**, un giovane medico ungherese che nella metà dell'Ottocento lavorava presso la clinica ostetrica dell'Ospedale Generale di Vienna. In quegli anni, la mortalità delle donne per febbre puerperale era altissima: in alcuni reparti moriva fino a una partoriente su cinque. Le spiegazioni dominanti parlavano di "miasmi", aria corrotta, squilibri umorali. Nessuno sospettava che le mani dei medici potessero essere veicolo di morte.

Semmelweis, osservatore acuto e indipendente, notò una differenza: le donne curate dalle ostetriche avevano un tasso di mortalità molto più basso rispetto a quelle seguite dai medici. Analizzando le abitudini quotidiane, intuì la causa: i medici passavano dalle autopsie ai letti delle partorienti senza lavarsi le mani. Decise allora di imporre una regola semplice ma rivoluzionaria: il lavaggio delle mani con una soluzione di cloro prima di ogni visita.

Il risultato fu immediato: la mortalità crollò drasticamente. Eppure, invece di ricevere riconoscimenti, Semmelweis incontrò ostilità, derisione e isolamento. La sua proposta minava il prestigio della classe medica, che non voleva accettare di essere essa stessa responsabile delle morti. Solo decenni dopo, con la teoria dei

germi di Pasteur, la comunità scientifica riconobbe la validità della sua intuizione. Oggi, il semplice gesto di lavarsi le mani è considerato uno dei più potenti strumenti di salute pubblica.

A distanza di oltre un secolo, un'altra forma di disobbedienza intelligente ha preso forma in un settore completamente diverso: l'automobile. All'inizio degli anni 2000, il mondo era dominato dai motori a combustione interna. Le grandi case automobilistiche producevano qualche prototipo di auto elettrica, ma si trattava di veicoli piccoli, lenti, pensati per una nicchia ecologista e percepiti come compromessi poco appetibili. La convinzione diffusa era che l'auto elettrica non potesse competere con quella tradizionale.

In questo scenario, **Tesla Motors** ha deciso di ribaltare la logica. Invece di proporre una citycar economica e modesta, ha lanciato una **berlina sportiva di lusso ad alte prestazioni**: la Tesla Roadster, seguita dalla Model S. Era un atto di rottura: l'auto elettrica non più come alternativa povera, ma come simbolo di desiderio, velocità e status. Elon Musk e il suo team hanno scelto deliberatamente di non seguire la strada più ovvia, ma di andare controcorrente.

La reazione iniziale dell'industria fu di scetticismo e derisione. Eppure, come accadde con Semmelweis, i risultati furono sotto gli occhi di tutti: un'autonomia superiore alle aspettative, un'accelerazione impressionante, un design accattivante, un ecosistema di ricarica in costruzione. In pochi anni, Tesla ha costretto colossi centenari a ripensare i propri modelli di business, accelerando una transizione energetica che sembrava lontana.

In entrambi i casi, il filo rosso è evidente: l'innovazione radicale non nasce dal perfezionare ciò che esiste, ma dal mettere in discussione ciò che tutti danno per scontato. Semmelweis ha avuto il coraggio di dire che la malattia non era frutto di aria cattiva, ma di mani sporche. Tesla ha avuto l'audacia di dimostrare che l'auto elettrica poteva essere la più desiderabile, non la più economica.

Queste storie mostrano che la disobbedienza intelligente non è un capriccio, ma una forma di responsabilità creativa. Significa osservare il mondo con occhi liberi, accettare l'impopolarità e sfidare le convinzioni dominanti. Significa trasformare un gesto semplice o una scelta controintuitiva in un cambiamento capace di alterare la traiettoria della storia.

12.3 Dal futuro al presente (e non viceversa)

Invece di chiedersi *“cosa possiamo migliorare ora?”*, l'innovazione radicale parte da scenari futuri desiderabili (o inevitabili) e *“riporta indietro”* le soluzioni necessarie per arrivarci. È un approccio **backcasting** invece che forecasting.

L'innovazione radicale non si limita a migliorare ciò che esiste: spesso nasce dall'atto di immaginare un futuro lontano, quasi impossibile, e dal coraggio di lavorare a ritroso per renderlo reale. È il paradigma del **“futuro al presente”**, noto anche come *backcasting*: non partire dal possibile, ma fissare l'impossibile come obiettivo e piegare il presente per raggiungerlo.

Un esempio storico emblematico è il **programma Apollo**. Siamo nei primi anni Sessanta, nel pieno della Guerra Fredda. L'Unione Sovietica aveva bruciato le tappe: lo Sputnik in orbita nel 1957, Jurij Gagarin primo uomo nello spazio nel 1961. Gli Stati Uniti apparivano in ritardo. In questo contesto, John F. Kennedy pronunciò un discorso che avrebbe cambiato la traiettoria della tecnologia e della politica mondiale: *“Porteremo un uomo sulla Luna e lo riporteremo sano e salvo sulla Terra entro la fine del decennio.”*

Questa frase non descriveva un piano realistico, ma un futuro desiderato. Nel 1961 non esistevano razzi abbastanza potenti, non c'erano materiali affidabili, non c'erano sistemi di navigazione, né protocolli medici adeguati. Eppure, quell'obiettivo radicale divenne la stella polare. A partire da lì, la NASA e l'intero ecosistema industriale americano iniziarono a lavorare a ritroso: quali tecnologie mancavano? Quali competenze dovevano essere sviluppate? Quali rischi era necessario affrontare?

In meno di dieci anni, grazie a uno sforzo colossale di ricerca, progettazione e collaborazione, la promessa si trasformò in realtà: nel luglio 1969, Neil Armstrong posò piede sulla Luna. Il programma Apollo non fu solo

una conquista scientifica, ma la dimostrazione che il futuro poteva essere **costruito a tavolino** e reso presente attraverso una visione radicale.

Molti decenni dopo, in un settore completamente diverso, un altro esempio di *backcasting* avrebbe cambiato l'immaginario collettivo. All'inizio degli anni Duemila, il settore automobilistico viveva di innovazioni incremental: sensori di parcheggio, airbag più sofisticati, sistemi di cruise control sempre più intelligenti. Nessuno parlava seriamente di un'auto in grado di guidarsi da sola.

Nel 2009, Google annunciò il suo progetto di auto autonoma, oggi noto come **Waymo**. La visione non era quella di migliorare la sicurezza del guidatore, ma di **eliminare del tutto il guidatore**. Un'idea radicale, che ribaltava il paradigma centenario dell'automobile. Come nel caso di Apollo, la tecnologia necessaria non esisteva ancora: i sensori LIDAR erano ingombranti e costosi, gli algoritmi di intelligenza artificiale non sufficientemente maturi, le normative inesistenti.

Eppure, il team partì dall'obiettivo futuro – un mondo in cui i veicoli circolano senza intervento umano – e lavorò a ritroso per costruirlo. Bisognava sviluppare mappe tridimensionali dettagliatissime, allenare sistemi di machine learning su milioni di chilometri di test, dialogare con i governi per riscrivere le regole del traffico. Ogni tassello venne messo in opera non perché fosse “il passo successivo naturale”, ma perché era indispensabile per raggiungere quella visione.

Oggi, Waymo gestisce flotte di taxi autonomi in alcune città americane, senza volante, senza pedali, senza conducente. Un risultato che ha costretto l'intera industria automobilistica mondiale a ripensare sé stessa, aprendo scenari inimmaginabili solo vent'anni fa.

Apollo e Waymo, pur distanti nel tempo e nello spazio, raccontano la stessa lezione: l'innovazione radicale non è un salto casuale, ma la conseguenza di una visione audace che trasforma il futuro in presente.

12.4 Innovazione come trauma positivo

Ogni vera innovazione radicale è, per chi la vive, un piccolo shock. Non nasce per essere comoda: è un cambiamento che **rompe la continuità** e costringe le persone a ripensare sé stesse e il loro ruolo.

L'innovazione radicale non è mai un processo lineare e tranquillo. Quando arriva, non si limita ad aggiungere un miglioramento: rompe schemi, incrina abitudini, destabilizza. È per questo che può essere percepita come un trauma. Ma in alcuni casi si tratta di un **trauma positivo**, che costringe individui e società a ripensarsi, generando nuove possibilità prima impensabili.

Un esempio storico potente di questo fenomeno è l'invenzione della **stampa a caratteri mobili** di Johannes Gutenberg, intorno alla metà del Quattrocento. Prima di allora, i libri venivano copiati a mano dagli amanuensi o stampati con blocchi di legno, in un processo lento, costoso e limitato. Il sapere era concentrato in poche mani: monasteri, università, élite nobiliari.

Con la stampa, tutto cambiò. I libri iniziarono a essere prodotti in serie, a costi ridotti e con velocità senza precedenti. All'improvviso, studenti, mercanti, borghesi poterono accedere a testi che prima erano inaccessibili. Fu un trauma per le istituzioni religiose e politiche, che per secoli avevano controllato la diffusione delle idee. Le autorità temettero la circolazione incontrollata del sapere, e in effetti la stampa fu uno dei motori della Riforma protestante, della nascita della scienza moderna, dell'espansione culturale del Rinascimento.

Il trauma era reale: le regole consolidate saltavano, il potere dell'interpretazione non era più monopolio di pochi. Ma fu un trauma positivo, perché spalancò la strada a un'Europa nuova, più dinamica, più critica, più aperta. La stampa non fu solo un'invenzione tecnica: fu un terremoto culturale.

Molti secoli dopo, un fenomeno analogo avrebbe scosso la società contemporanea. Nel 2007, Apple lanciò il primo **iPhone**. A prima vista, era un telefono, ma in realtà era qualcosa di radicalmente diverso: uno schermo multitouch senza tastiera, un sistema operativo basato su applicazioni, un'interfaccia pensata per la semplicità e la potenza insieme.

In pochi anni, il telefono smise di essere un telefono e diventò uno **strumento universale**: fotocamera, navigatore, agenda, libreria, negozio, televisione, ufficio. Per milioni di persone fu un cambiamento entusiasmante, ma anche traumatico: nuove abitudini di comunicazione, nuove dipendenze, nuove forme di socialità. Per molte aziende fu un trauma devastante: colossi come Nokia o BlackBerry non seppero adattarsi e crollarono.

Come la stampa, anche lo smartphone ha scardinato interi ecosistemi: l'editoria, il turismo, la musica, la finanza, la sanità. Oggi è l'oggetto più diffuso della storia dell'umanità e il tramite attraverso cui viviamo gran parte della nostra vita sociale e professionale.

Il parallelo è chiaro. La stampa e lo smartphone sono stati traumi positivi in epoche diverse: hanno destabilizzato equilibri consolidati, ma hanno anche liberato energie creative straordinarie. Entrambi hanno dimostrato che l'innovazione radicale non è un passo in avanti sulla strada già tracciata, ma un salto improvviso in un territorio nuovo.

Il trauma è il prezzo del cambiamento, ma quando è positivo diventa la condizione stessa del progresso.

12.5 Il punto cieco come sorgente di creatività

Molte innovazioni rivoluzionarie nascono non dai trend evidenti, ma dagli **spazi trascurati**, dai bisogni nascosti, dai comportamenti marginali. Cercare nei margini anziché al centro è una via potente.

L'innovazione radicale, spesso, non nasce da un piano preciso o da una strategia lineare. Piuttosto, scaturisce dall'abilità di osservare ciò che altri ignorano: il dettaglio marginale, l'errore apparentemente inutile, l'anomalia che non rientra nello schema. È in questi **punti ciechi** che si nascondono spesso le più grandi svolte.

Un esempio storico straordinario è quello di **Alexander Fleming** nel 1928. Fleming era un ricercatore attento, ma non particolarmente organizzato: i suoi colleghi lo consideravano disordinato, e i suoi banchi di laboratorio erano pieni di piastre lasciate a metà. Proprio in quella disattenzione si nascondeva la scoperta del secolo.

Un giorno, Fleming notò che in una delle sue colture di stafilococchi era cresciuta per caso una muffa, il *Penicillium notatum*. Invece di scartare la piastra come un errore di laboratorio, si fermò a guardarla meglio. Vide che intorno alla muffa i batteri erano morti. Lì dove altri avrebbero visto un fallimento, Fleming intravide un fenomeno nuovo.

Da quell'osservazione marginale nacque la penicillina, il primo antibiotico. Non fu un percorso semplice: ci vollero anni prima che la scoperta venisse industrializzata, ma durante la Seconda guerra mondiale salvò milioni di vite. Una semplice muffa dimenticata su una piastra cambiò per sempre la medicina, trasformando un punto cieco in un tesoro.

Molti decenni più tardi, in un contesto completamente diverso, un'altra innovazione radicale nacque da un errore simile. Negli anni Settanta, la multinazionale 3M investiva nello sviluppo di adesivi sempre più forti e resistenti. In quel contesto, il chimico **Spencer Silver** sviluppò per caso un adesivo che non funzionava come previsto: si attaccava, ma si staccava con facilità, senza lasciare residui.

Per anni sembrò un fallimento. Chi mai avrebbe avuto bisogno di una colla che non incollava davvero? Il progetto venne messo da parte, relegato a un angolo. Ma il destino volle che un altro ricercatore della 3M, **Art Fry**, lo riscoprì in modo inaspettato. Fry cantava in un coro e aveva un problema banale: i segnalibri del suo libro di canti cadevano continuamente. Pensò che l'"adesivo debole" di Silver fosse perfetto per creare foglietti che restassero al loro posto ma potessero essere staccati e riattaccati facilmente.

Così nacquero i **Post-it**. Un prodotto che non rispondeva a nessuna domanda del mercato, ma che creò da zero una nuova categoria, diventando uno strumento universale di lavoro e creatività. Un errore trasformato in icona globale.

Penicillina e Post-it sembrano storie lontanissime: la prima ha rivoluzionato la medicina, la seconda l'organizzazione quotidiana. Ma condividono la stessa dinamica: entrambe sono nate non da ciò che era al centro dell'attenzione, ma da ciò che era **ai margini**, nei dettagli trascurati.

Questi racconti ci ricordano che l'innovazione radicale non è sempre frutto di un disegno grandioso. A volte basta saper guardare con occhi nuovi un dettaglio che altri avrebbero scartato. Il punto cieco, se osservato con curiosità, può diventare la porta d'ingresso di una rivoluzione.

12.6 Radicale non significa tecnologico

Spesso si associa l'innovazione radicale a un breakthrough tecnologico. Ma può essere anche **sociale, organizzativa, culturale**. L'introduzione del concetto di "ospedale pediatrico" o la pedagogia Montessori, ad esempio, sono state innovazioni radicali senza chip o algoritmi.

Quando pensiamo a innovazione radicale, spesso immaginiamo macchine, algoritmi, farmaci o dispositivi futuristici. Ma non sempre ciò che cambia il mondo nasce da un laboratorio o da un chip. A volte l'innovazione più radicale è un nuovo modo di guardare alle persone, di organizzare la società, di riscrivere regole invisibili.

Un esempio storico è quello di **Maria Montessori**, pioniera dell'educazione del Novecento. All'inizio del secolo scorso, le scuole erano ambienti rigidi, dove l'apprendimento si basava sulla disciplina, sulla memorizzazione e sull'autorità dell'insegnante. Il bambino era trattato come un contenitore da riempire.

Montessori, prima donna medico in Italia, scelse una via diversa. Applicò il suo sguardo scientifico ai bambini e scoprì che essi imparavano meglio attraverso l'esperienza diretta, la libertà di movimento e l'autonomia guidata. Creò ambienti a misura di bambino, con materiali progettati per stimolare la curiosità e la concentrazione.

Non inventò una macchina: inventò un **nuovo paradigma educativo**. L'insegnante non era più il detentore del sapere, ma un facilitatore. Il bambino non era più un soggetto passivo, ma un protagonista attivo del proprio apprendimento.

Fu un'innovazione radicale, che incontrò resistenze e diffidenze, ma che si diffuse in tutto il mondo. Oggi, milioni di scuole adottano il metodo Montessori, e molte personalità di spicco, da imprenditori a scienziati, ne riconoscono l'impatto sulla loro formazione.

Molti decenni dopo, in un contesto completamente diverso, un'altra innovazione radicale non tecnologica avrebbe trasformato la vita di milioni di persone. Negli anni Settanta, in Bangladesh, un giovane economista di nome **Muhammad Yunus** si confrontava con un problema: i poveri delle aree rurali non avevano accesso al credito. Le banche rifiutavano di prestare denaro a chi non aveva garanzie. Senza capitali, era impossibile sfuggire alla povertà.

Yunus decise di ribaltare questa logica. Prestò di tasca propria piccole somme a donne di un villaggio, senza chiedere garanzie. Con quei soldi, esse poterono avviare micro-attività: comprare materiali, produrre oggetti, vendere sul mercato. Non solo restituirono il prestito, ma migliorarono la vita delle loro famiglie.

Da quell'esperimento nacque la **Grameen Bank**, istituzione pioniera del microcredito. Non si trattava di tecnologia, ma di un nuovo modello sociale e finanziario, basato sulla fiducia e sull'empowerment delle comunità.

Per il sistema bancario tradizionale, fu un trauma: era inconcepibile dare soldi a chi non aveva nulla. Ma i tassi di rimborso altissimi dimostrarono che quel paradigma era sbagliato. Nel giro di pochi anni, il microcredito si diffuse nel mondo e nel 2006 Yunus ricevette il Premio Nobel per la Pace.

Montessori e Yunus, pur operando in campi lontanissimi, raccontano la stessa verità: l'innovazione radicale non è sempre tecnologica. Può essere un **nuovo modo di educare**, o un **nuovo modo di prestare denaro**. Può nascere da un atto di fiducia, da uno sguardo diverso sulle persone.

E spesso, sono proprio queste innovazioni "invisibili" a cambiare il mondo in modo più profondo e duraturo.

12.7 Innovazione radicale come ecologia

Invece di un singolo “genio solitario”, è la **contaminazione fra sistemi** che genera svolte radicali: biologia + informatica (bioinformatica), fisica + medicina (imaging diagnostico), neuroscienze + intelligenza artificiale (neurotecnologie).

L’innovazione radicale raramente nasce da un percorso solitario. Non è mai un lampo isolato nel buio, ma un intreccio di discipline, linguaggi e saperi che si incontrano. È un processo ecologico, fatto di contaminazioni fertili. Due esempi lontanissimi nel tempo, ma vicini nello spirito, lo dimostrano: la nascita della prospettiva nel Rinascimento e la scoperta di CRISPR nel nostro tempo.

Nel Quattrocento, a Firenze, gli artisti erano immersi in una tradizione che da secoli rappresentava figure e spazi in maniera piatta, bidimensionale. I santi erano grandi e solenni al centro delle tavole, mentre le proporzioni non rispondevano a regole geometriche ma a simboli religiosi. La pittura era evocazione, non finestra sul mondo.

Fu **Filippo Brunelleschi**, architetto curioso e sperimentatore, a introdurre un pensiero nuovo. Non si limitò a dipingere, ma prese in prestito strumenti dalla matematica e dall’ottica. Con rigore geometrico, costruì un metodo per rappresentare lo spazio come se fosse visto da un occhio umano. Poco dopo, **Leon Battista Alberti** formalizzò la prospettiva in un trattato, trasformandola in linguaggio condiviso.

La contaminazione tra arte e scienza creò un mondo nuovo: i quadri divennero finestre tridimensionali, capaci di dare profondità e realismo. Non era solo estetica: quella visione dello spazio si rifletté nell’architettura, nell’ingegneria, persino nel pensiero filosofico. La prospettiva aprì un’epoca, un nuovo modo di guardare l’uomo e la realtà.

Cinque secoli dopo, un’altra rivoluzione germogliava, questa volta nei laboratori di biologia. Da decenni i genetisti cercavano strumenti per modificare il DNA, ma le tecniche esistenti erano costose, lente, imperfette. L’ingegneria genetica era un territorio elitario, accessibile a pochi.

Fu studiando i batteri, organismi minuscoli e apparentemente marginali, che due ricercatrici, **Jennifer Doudna** ed **Emmanuelle Charpentier**, scoprirono un meccanismo naturale straordinario: i batteri usavano un sistema di difesa del sistema immunitario che funziona come delle “forbici molecolari” per modificare il DNA, come arma di difesa contro i virus, tagliando con precisione il loro DNA.

Anche qui la contaminazione fu decisiva: microbiologia, genetica, biochimica e informatica si fusero in un nuovo paradigma. Doudna e Charpentier ebbero l’intuizione di applicare quel meccanismo naturale alla manipolazione genetica. CRISPR-Cas9 divenne un bisturi molecolare, semplice, economico, universale.

L’impatto fu enorme: nuove possibilità per curare malattie genetiche, creare varietà agricole resistenti, esplorare l’essenza stessa della vita. Ma anche dilemmi etici profondissimi, perché il potere di riscrivere il DNA apre scenari che l’umanità non aveva mai immaginato.

Brunelleschi e Alberti con la prospettiva, Doudna e Charpentier con CRISPR: quattro figure lontane, accomunate dalla stessa capacità di ibridare mondi diversi. I primi fusero arte e matematica, le seconde microbiologia e genetica. Entrambi aprirono porte che cambiarono la visione dell’uomo e del suo posto nel mondo.

La lezione è chiara: l’innovazione radicale non nasce mai in solitudine, ma sempre in un ecosistema di idee che si contaminano. È nel dialogo fra sistemi lontani che si trovano i semi delle rivoluzioni.

Bibliografia

- “Genius Belabored - Childbed Fever and the Tragic Life of Ignaz Semmelweis” di Theodore G. Obenchain - University of Alabama Press
- “Il dottor Semmelweis” di Louis-Ferdinand Céline - Adelphi, 1975
- “One Giant Leap: The Impossible Mission That Flew Us to the Moon” di Charles Fishman - Simon & Schuster
- “How Autonomous Vehicles will Change the World: Why self-driving car technology will usher in a new age of prosperity and disruption” di Anthony Raymond
- “The Gutenberg Galaxy: The Making of Typographic Man” di Herbert Marshall McLuhan
- “The One Device: The Secret History of the iPhone” di Brian Merchant
- “Penicillin Man: Alexander Fleming and the Antibiotic Revolution Paperback” di Kevin Brown
- “Serendipity: Accidental Discoveries in Science” di Royston M. Roberts
- “The Absorbent Mind” di Maria Montessori
- “Banker to the Poor: Micro-lending and the Battle Against World Poverty Paperback” di Muhammad Yunus
- “The Renaissance from Brunelleschi to Michelangelo: The Representation of Architecture” di Henry A. Millon
- “A Crack in Creation: Gene Editing and the Unthinkable Power to Control Evolution” di Jennifer A. Doudna

Sitografia

- <https://www.sciencehistory.org/education/scientific-biographies/ignaz-semmelweis>
- <https://rbr.business.rutgers.edu/sites/default/files/documents/rbr-090103.pdf>
- <https://forbes.it/2025/09/05/per-google-waymo-potrebbe-essere-unopportunita-da-mille-miliardi-di-dollari>
- https://www.researchgate.net/publication/371862997_Radical_and_Incremental_Innovations_as_Critical_Levers_of_a_Firm's_Financial_Performance_Best_Practices_from_Tesla_and_Toyota
- <https://www.raicultura.it/letteratura/articoli/2019/11/Storia-del-libro-da-Gutenberg-in-poi-1a52470a-60bd-4abb-b550-d723aa6c32e7.html>
- <https://www.apple.com/it/newsroom/2007/01/09Apple-Reinvents-the-Phone-with-iPhone/>
- <https://medium.com/%40snappystrategist/curiosity-and-serendipity-our-edge-in-the-age-of-ai-83c3c8d1b45b>
- <https://www.lexorbis.com/serendipitous-invention-post-it/#>
- <https://www.greeneuropeanjournal.eu/maria-montessori-a-radical-approach-to-learning/>
- https://www.rivista.microcredito.gov.it/content_page/213-n-58/1304-microcredito-ieri%2C-oggi-e-domani-modelli%2C-sfide-e-opportunit%C3%A0-a-confronto.html
- <https://www.britannica.com/video/overview-Renaissance-architecture/-150137>
- <https://www.athensjournals.gr/architecture/2025-02ARC.pdf>
- <https://www.unesco.org/en/articles/jennifer-doudna-and-emmanuelle-charpentier-win-2020-nobel-prize-chemistry>



Consorzio ■ Universitario

Qualità e Innovazione