

**l'Ingegnere Italiano**

**391**

Pubblica tutela



Sfrutta tutta la potenza dell'**Intelligenza Artificiale** in architettura, nell'interior design o nell'outdoor design con

**usBIM.codesign AI**



Inserisci uno schizzo, una foto, un disegno o un modello 3D realizzato con Revit®, SketchUp®, Rhino®, Edificius, AutoCAD® o Archicad® e imposta lo stile di riferimento.

Ottieni velocemente brillanti idee progettuali e rendering fotorealistici di alta qualità. Personalizzi materiali e finiture. Controlli in maniera avanzata l'illuminazione. Prepari virtual staging per presentazioni coinvolgenti.

**Scopri usBIM.codesign AI, il tuo AI architecture designer che trasforma foto, schizzi e modelli 3D in idee progettuali e rendering fotorealistici**

**PROVALO GRATIS**

L'Ingegnere Italiano è la rivista  
dedicata alla ricerca, alla tecnologia  
e ai progetti di ingegneria.

Un magazine che si propone  
di raccontare l'eccellenza italiana  
nel contesto internazionale,  
coniugando il rigore scientifico  
con i nuovi linguaggi e l'innovazione.

**Direttore responsabile**

Angelo Domenico Perrini

**Direttore editoriale**

Alberto Romagnoli

**Curatore del numero**

Alberto Romagnoli

**Ideazione grafica**

Stefano Asili

**Coordinamento editoriale**

Antonio Felici

**Consulenza editoriale e progetto grafico**

Agicom srl – Castelnuovo P. (Roma) | [agicom.it](http://agicom.it)

**Stampa**

PressUP

**Pubblicità**

Agicom srl – Castelnuovo P. (Roma) | [agicom.it](http://agicom.it)

**Editore**

Consiglio Nazionale degli Ingegneri:

Angelo Domenico Perrini, Remo Vaudano, Elio Masciovecchio,

Giuseppe Maria Margiotta, Irene Sassetti, Carla Cappiello, Sandro Catta,

Ippolita Chiarolini, Domenico Condelli, Edoardo Cosenza, Felice Antonio Monaco,

Tiziana Petrillo, Alberto Romagnoli, Deborah Savio, Luca Scappini

[www.cni.it](http://www.cni.it)

**Hanno collaborato a questo numero:**

Biagio Bisignani, Nazzareno Bordi, Mario Calabrese, Vincenzo Calvanese, Paolo Calveri,

Raffaella Chiti, Chiara Crosti, Emanuele Frontoni, Fulvio Giani, Lorenzo Ivaldi, Marco Martellucci,

Paolo Mocellin, Alessandro Onali, Monica Pasca, Maria Rosaria Pecce, Paolo Reale,

Angelo Salducco, Daniele Spizzichino, Francesco Starace, Stefania Tibaldi

L'Ingegnere Italiano



## Blumatica Energy



La suite software completa per l'efficienza energetica e la progettazione degli impianti

Un ecosistema pensato per supportare il tuo lavoro anche alla luce delle ultime novità normative  
**Conto Termico 3.0, D.M. Requisiti Minimi e RED III**

### Un flusso di lavoro completo

dalla verifica iniziale alla redazione degli elaborati tecnici



**APE, AQE e Relazione Tecnica** (ex Legge 10)



**Diagnosi Energetica**



**Pompe di calore**



**Solare Termico e Fotovoltaico**



**Workflow integrato** per pratiche, verifiche e scelte progettuali

**Più efficienza, più controllo** per lavorare in modo lineare, coerente e sicuro anche in un contesto normativo in continua evoluzione



**Prova ora Blumatica Energy**



Scopri di più  
[blumatica.it/enit](https://blumatica.it/enit)

Segui i nostri canali



**blumatica**  
Software Edilizia e Sicurezza



# Un ingegnere formato, competente e certificato a tutela della società

L'ingegneria gioca un ruolo cruciale nella tutela della pubblica incolumità e dei diritti dei cittadini, progettando infrastrutture sicure e sostenibili che proteggono vite e beni comuni. Attraverso competenze tecniche e normative, gli ingegneri prevengono rischi e garantiscono resilienza urbana. Pensiamo agli ingegneri strutturisti che assicurano la stabilità di edifici, ponti e viadotti, applicando norme antisismiche e verifiche prestazionali. In Italia, la Legge 1086/71 impone calcoli per opere in cemento armato, evitando crolli e pericoli per l'incolumità pubblica. Si pensi, poi, agli ingegneri ambientali che progettano sistemi idraulici contro alluvioni, depuratori e reti fognarie, tutelando risorse idriche e salute pubblica. Collaborano con enti per opere che prevengono inquinamenti, in sinergia con amministrazioni per igiene e sicurezza ambientale. Esempi includono dighe e canali che mitigano rischi idrogeologici. Gli ingegneri sono fondamentali anche in ambiti quali la prevenzione degli incendi e la sicurezza sul lavoro. Sviluppano piani antincendio per edifici pubblici e privati, installando sistemi di rilevazione e vie di fuga. Le norme come DPR 151/2011 assegnano agli ingegneri la valutazione rischi nei cantieri, con la finalità di prevenire e ridurre gli infortuni. Come CNI abbiamo spesso enfatizzato la funzione dei tecnici indipendenti, veri e propri "angeli custodi" delle opere. Pensiamo, infine, alle infrastrutture urbane e la necessità di gestire viabilità, trasporti e reti energetiche per fluidità e sicurezza stradale. In contesti di pubblica amministrazione, ingegneri dipendenti elaborano piani urbanistici con banche dati, integrando sicurezza e sostenibilità.

In ogni epoca si è sempre parlato molto di come immaginare il futuro, ma il futuro, per avere un senso di progresso, oltre che immaginato, va anche indirizzato. Idee e concetti come futuro, tecnologia ed orizzonti progettuali: non sono per il mondo dell'ingegneria solo parole chiave, ma rappresentano coordinate essenziali per orientare il nostro ruolo in un tempo di transizione profonda. In un mondo che cambia rapidamente, dove l'AI e le tecnologie digitali ridisegnano le fondamenta della produzione, del lavoro e dell'organizzazione industriale, l'ingegneria non può più essere vista solo come un semplice strumento tecnico, ma assume una nuova funzione. Essere ingegneri, oggi più che mai, deve aprire orizzonti, deve diventare un ponte tra passato, presente e futuro, tra tecnologia e responsabilità etica.

L'ingegnere davanti alle sfide lanciate dalle innovazioni, è chiamato ad essere molto più di un progettista. È un custode del sapere tecnico, un garante della sicurezza dei processi di progettazione, un interprete critico delle innovazioni stesse. In un tempo in cui le macchine apprendono velocemente, gli algoritmi prendono decisioni, ed i processi si automatizzano, chi garantisce che quelle decisioni siano corrette, sicure, applicabili ed eque? La risposta è una sola: il professionista formato, competente e certificato. Per questo motivo, il Consiglio Nazionale si è posto come obiettivo quello di sensibilizzare le istituzioni e la pubblica opinione rispetto alla nostra proposta di rendere obbligatoria l'iscrizione all'Albo per tutti i laureati in ingegneria che operano nei campi delle nuove ingegnerie. Come mi è capitato spesso di ricordare, noi ingegneri non siamo differenti dai medici, che giustamente sono obbligati ad iscriversi all'albo professionale indipendentemente dalla loro specializzazione. Solo così, infatti, si possono garantire standard elevati di prestazioni a beneficio della società.

Purtroppo attualmente, di oltre un milione di laureati in ingegneria in Italia, circa tre quarti esercitano senza obbligo di iscrizione all'Albo, eppure il loro lavoro ha un impatto notevole sulla società. Nel corso del tempo gli ingegneri iscritti e i nostri Ordini professionali hanno svolto un lavoro determinante nella tutela dei cittadini attraverso qualità e formazione continua. Siamo costantemente impegnati a garantire alti livelli di prestazioni e la legalità, grazie al controllo deontologico e all'aggiornamento obbligatorio, unica via per tutelare pienamente i cittadini. Per questo motivo, ad esclusivo interesse della collettività, è tempo che anche gli ingegneri attivi nei settori tradizionalmente distanti dall'Albo professionale facciano ingresso nella grande casa dell'ingegneria italiana rappresentata dal nostro sistema ordinistico.

Angelo Domenico Perrini

*Presidente del Consiglio Nazionale degli Ingegneri*

# YOUR CHALLENGES, OUR SOLUTIONS

## Linea AC/AV Verona-Vicenza ITALIA, 2025

Nel contesto delle infrastrutture per l'Alta Velocità, i ponti ad arco Alpone, Fibbio e Illasi (luce 80 m) rappresentano un esempio di integrazione tra progettazione strutturale e qualità costruttiva. Opere gemelle della tratta AC/AV Verona-Vicenza, garantiscono affidabilità e durabilità nel tempo.

Tensacciai ha contribuito alla realizzazione degli archi curando progettazione, fornitura e assistenza alla posa del sistema di pendini. La soluzione prevede 30 barre in acciaio ( $\varnothing$  160 mm), lunghe fino a 13,9 m, complete di forche fisse e regolabili con snodi sferici a basso attrito e perni di aggancio.

In conformità al Capitolato RFI, il sistema è stato sottoposto a prove sperimentali, tra cui una prova di fatica assiale su 2 milioni di cicli su un pendino in scala reale presso il Politecnico di Milano.

Tensacciai ha inoltre gestito tesatura e ricalibratura in opera con martinetti dedicati, in accordo alla matrice di rigidità del sistema ed assicurando i tiri previsti a progetto secondo le sequenze costruttive.

Un risultato che conferma un approccio focalizzato su: **competenza tecnica, lavoro di squadra e soluzioni affidabili per infrastrutture strategiche.**



STRUCTURAL ENGINEERING

[www.tensacciai.it](http://www.tensacciai.it) - [mail@tensainternational.com](mailto:mail@tensainternational.com)

 TENSACCIAI

# I Dal rischio statico al rischio sistemico: il ruolo dell'ingegnere

Per lungo tempo il concetto di rischio è stato associato a dimensioni circoscritte, misurabili, prevalentemente statiche: la stabilità di una struttura, la resistenza di un materiale, l'affidabilità di un impianto. Era un rischio localizzato, riconducibile a parametri tecnici consolidati e governabile attraverso norme, calcoli e verifiche. In quel contesto, l'ingegneria operava entro confini ben definiti, con responsabilità chiare e strumenti adeguati a garantire la sicurezza delle opere e dei sistemi.

Oggi questo paradigma è profondamente mutato. Il rischio è diventato sistemico: attraverso infrastrutture fisiche e digitali, connette settori diversi, si propaga lungo filiere produttive globali e reti interconnesse. Non è più confinato in un singolo ambito, ma si manifesta come una rete di relazioni complesse, dove un'anomalia può generare effetti a cascata. Un'interruzione energetica può compromettere servizi essenziali, un attacco informatico può bloccare interi sistemi produttivi, un errore progettuale può amplificarsi in contesti ad alta interdipendenza.

Parallelamente, i sistemi produttivi e le infrastrutture hanno conosciuto un'evoluzione altrettanto radicale. La digitalizzazione dei processi, l'integrazione tra componenti fisiche e software, l'automazione avanzata e l'impiego crescente dell'intelligenza artificiale hanno aumentato l'efficienza e la capacità di risposta, ma hanno anche introdotto nuove vulnerabilità. Le minacce non riguardano più soltanto la sicurezza materiale, ma includono la protezione dei dati, la resilienza delle reti, la sicurezza informatica, la continuità operativa e la gestione sostenibile delle risorse energetiche.

Le nuove frontiere della sicurezza – cyber, intelligenza artificiale, energia, mobilità, dati – non possono essere considerate ambiti separati. Sono componenti di un unico ecosistema complesso, in cui ogni elemento influisce sugli altri. In questo scenario, la tutela non può essere affidata a logiche indistinte o a competenze generiche: richiede specializzazione, capacità di integrazione e una visione sistemica.

Diventa allora fondamentale riconoscere che non tutte le attività hanno lo stesso peso. Esiste una vera e propria mappa delle attività tecniche in funzione del loro impatto sociale. Alcune incidono direttamente su salute, sicurezza, ambiente e gestione dei dati: sono attività ad alto impatto, nelle quali anche un errore marginale può produrre conseguenze rilevanti, talvolta irreversibili. Altre attività presentano invece un impatto più contenuto, con effetti limitati e circoscritti.

Questa distinzione non è solo teorica, ma ha implicazioni operative decisive. Nei contesti ad alto impatto, la qualità della progettazione, della verifica e della gestione diventa un fattore determinante. È qui che la differenza tra competenza e improvvisazione emerge in modo netto.

Ogni professionista conosce, anche senza nominarla, la storia tecnica di un progetto complesso. Quando un'opera è affrontata con rigore metodologico, con competenze adeguate e con una visione integrata delle variabili in gioco, il risultato è un sistema che funziona, che garantisce prestazioni nel tempo, che assolve al proprio ruolo senza generare criticità. La qualità si traduce in affidabilità, durabilità, sicurezza.

Quando invece la progettazione è affrontata in modo superficiale, quando le competenze sono frammentarie o non adeguate alla complessità del problema, emergono inevitabilmente disfunzioni: ritardi, inefficienze, aumento dei costi, contenziosi, fino ai casi in cui vengono compromesse la sicurezza e la tutela degli utenti. In questi casi, il costo dell'errore non è solo economico, ma sociale.

La differenza tra questi due esiti non è casuale, ma direttamente proporzionale al livello di competenza impiegato. Per questo motivo, competenza professionale e tutela collettiva costituiscono un binomio inscindibile. Non si tratta di una posizione di principio, ma di un dato oggettivo: nei sistemi complessi, la qualità delle decisioni tecniche incide direttamente sulla sicurezza e sul benessere della collettività.

In tale contesto, appare evidente che alcune attività non possono essere considerate alla stregua di altre, né possono essere lasciate esclusivamente a dinamiche di mercato. Il mercato è uno strumento fondamentale per l'efficienza e l'innovazione, ma non è, da solo, sufficiente a garantire livelli adeguati di sicurezza e tutela nei contesti ad alto impatto. Quando in gioco vi sono salute, ambiente, sicurezza e gestione dei dati, è necessario che intervengano criteri più stringenti: responsabilità, qualificazione, controllo della qualità delle prestazioni.

È in questo quadro che si inserisce anche la responsabilità della politica e delle istituzioni. Il percorso di riforma dell'ordinamento delle professioni, oggi al centro del dibattito, non può prescindere da una piena consapevolezza del ruolo di pubblica tutela esercitato dall'ingegnere. Le scelte regolatorie non sono neutrali: incidono direttamente sulla qualità delle prestazioni tecniche e, quindi, sulla sicurezza dei cittadini. Per questo motivo, è necessario che il legislatore tenga nel dovuto conto la specificità delle attività ad alto impatto, riconoscendo che la qualità delle competenze non è solo un fattore professionale, ma un presidio di interesse generale.

È qui che si definisce il ruolo specifico dell'ingegnere. Non come semplice fornitore di servizi tecnici, ma come garante. Garante della correttezza dei processi, della solidità delle soluzioni progettuali, della coerenza tra innovazione e sicurezza. L'ingegnere è il soggetto che traduce la complessità in scelte consapevoli, che valuta e governa il rischio, che assicura che le tecnologie siano applicate in modo appropriato e responsabile.

Questa funzione si estende oggi ben oltre i confini tradizionali della disciplina. Riguarda la progettazione di infrastrutture resilienti, la gestione di sistemi energetici complessi, la sicurezza delle reti digitali, la protezione dei dati, la mobilità sostenibile. In tutti questi ambiti, la dimensione tecnica si intreccia con quella sociale, economica ed etica.

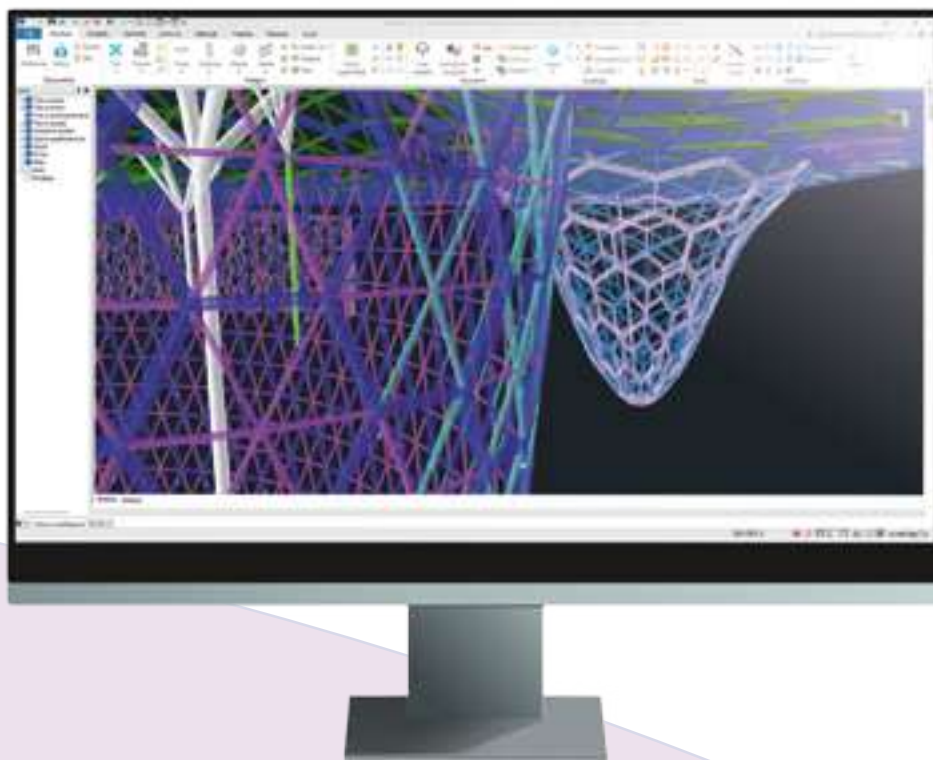
Essere ingegneri, oggi, significa quindi operare in un punto di equilibrio tra innovazione e tutela. Significa saper governare sistemi complessi senza perdere di vista l'obiettivo primario: la protezione della collettività. Significa assumere una responsabilità che non è solo tecnica, ma anche sociale.

“Pubblica tutela” non è uno slogan, ma una funzione concreta e quotidiana. È il risultato di un insieme di attività che, quando esercitate con competenza, rigore e responsabilità, contribuiscono in modo determinante alla sicurezza, alla sostenibilità e allo sviluppo del Paese.

In un tempo in cui i rischi evolvono e si amplificano, la qualità delle competenze rappresenta la prima e più importante infrastruttura della sicurezza. Una infrastruttura immateriale, spesso invisibile, ma essenziale. È su questa infrastruttura che si fonda la fiducia dei cittadini, la solidità delle istituzioni e la capacità del sistema Paese di affrontare le sfide del presente e del futuro.

**Alberto Romagnoli**

*Consigliere CNI, delegato alla comunicazione*



## Guarda i tuoi progetti da una nuova prospettiva

Sismicad si evolve con un pacchetto innovativo importante ed un cambio di major release: **arriva Sismicad 13**. Nuova interfaccia 3D, sistema di gestione delle geometrie, accesso ai comandi e alle licenze. Si aggiungono anche miglioramenti su pareti, rinforzi agli edifici esistenti, BIM e molto altro ancora sta per arrivare.

**Non riusciamo a scrivere tutto qui: provalo!**

 **Sismicad 13**

PAG 3 EDITORIALI

Un ingegnere formato, competente e certificato  
a tutela della società

*di Angelo Domenico Perrini*

Dal rischio statico al rischio sistemico:  
il ruolo dell'ingegnere

*di Alberto Romagnoli*

PAG 13 Sezione scientifica

*Starace*

*Frontoni*

*Ivaldi*

*Martellucci*

*Bordi*

*Reale*

*Onali*

*Calveri, Salducco*

*Tibaldi*

*Spizzichino*

*Pasca*

*Giani*

*Mocellin*

*Crosti*

*Pecce*

*Calvanese*

*Bisignani*

*Calabrese*

*Chiti*

391 SOMMARIO

Sezione scientifica



# Planitop HPC Floor

IL PRODOTTO CERTIFICATO  
PER IL RINFORZO DEL SOLAIO

CVT

SPESSORE DI SOLO  
1,5 - 3 cm



Planitop HPC Floor, l'unica malta dotata di **EPD** e coperta da **Certificato di Valutazione Tecnica** come "micro-calcestruzzo" fibrorinforzato FRC ad elevatissime prestazioni meccaniche. In caso di ristrutturazione, miglioramento o adeguamento sismico, rinforza i solai con solo 1,5-3 cm di spessore in completa assenza di armatura.



SCOPRI IL SOFTWARE DI CALCOLO PER  
I PROGETTI DI RINFORZO STRUTTURALE

[structuraldesign.mapei.com](http://structuraldesign.mapei.com)



# Ingegneria Energetica: il motore invisibile della civiltà

**FRANCESCO STARACE**

Ingegnere, già Amministratore delegato e Direttore generale di Enel

---

**L'**energia non si crea né si distrugge, si trasforma." — e l'ingegneria energetica è l'arte di farlo nel modo migliore possibile.

Se volessimo sintetizzare l'intera storia della civiltà umana in un'unica traiettoria, potremmo farlo attraverso la curva della disponibilità di energia. Ogni grande salto dell'economia mondiale — dall'agricoltura alle città medievali, dalla Rivoluzione Industriale alla digitalizzazione — è stato reso possibile da un aumento nella quantità, nella qualità e nell'efficienza con cui l'umanità ha saputo catturare, trasformare e distribuire energia. L'ingegneria energetica è la disciplina che ha presieduto a questa trasformazione: non una scienza astratta, ma il cuore pulsante del progresso materiale. Oggi, in una fase storica segnata dalla crisi climatica, dalla transizione verso le fonti rinnovabili e dalla digitalizzazione dell'economia globale, l'ingegneria energetica riveste un ruolo strategico senza precedenti. Comprenderne l'evoluzione significa comprendere come siamo arrivati fin qui, e soprattutto dove stiamo andando.

## **Dall'energia animale al vapore: la prima rivoluzione dell'efficienza**

Per millenni, la fonte primaria di energia meccanica fu il muscolo — umano o animale. Il bue, il cavallo, il mulo: questi erano i "motori" dell'agricoltura e del trasporto. Un cavallo da lavoro eroga circa 750 watt in modo continuativo, un limite invalicabile che ha condizionato per secoli la produttività agraria e commerciale. La trazione animale era abbondante ma difficilmente scalabile: richiedeva terra per il foraggio, cure

veterinarie, riposo notturno. Il rendimento energetico complessivo era bassissimo.

La prima grande innovazione arrivò con i mulini ad acqua e a vento, sistemi che sfruttavano fonti naturali continue e gratuite. L'ingegno costruttivo medievale produsse pale, ingranaggi e alberi di trasmissione capaci di moltiplicare la forza disponibile. Era già, in nuce, ingegneria energetica: progettare sistemi per convertire una forma di energia in un'altra con la massima efficienza possibile. I materiali disponibili — legno, pietra, ferro battuto — ne definivano i limiti.

Fu però la macchina a vapore di James Watt (1769) a inaugurare l'era moderna. Il vapore permetteva di concentrare enormi quantità di energia in spazi ridotti, sganciando la produzione dai vincoli geografici imposti dall'acqua o dal vento. Eppure il rendimento termodinamico delle prime macchine era drammaticamente basso: meno del 5%. Ogni miglioramento — dai cilindri in ghisa alle valvole di distribuzione, dall'acciaio temprato alle guarnizioni ermetiche — era una conquista della scienza dei materiali applicata all'ingegneria termica. Il ciclo di Carnot, formulato nel 1824, fornì il quadro teorico entro cui questa ricerca si sarebbe sviluppata per oltre un secolo.

## **La rivoluzione elettrica e la nascita dei sistemi integrati**

La scoperta dell'elettromagnetismo e l'invenzione del generatore elettrico nella seconda metà dell'Ottocento aprirono una nuova frontiera. L'energia poteva ora essere trasmessa a distanza con perdite contenute, distribuita capillarmente, convertita in calore,

luce e moto meccanico con flessibilità inedita. Thomas Edison e Nikola Tesla combatterono la celebre "guerra delle correnti" — continua contro alternata — che si risolse a favore dell'alternata proprio per ragioni di efficienza nella trasmissione a lunga distanza.

Le centrali idroelettriche rappresentarono il primo grande esempio di ingegneria energetica su scala industriale. Dighe, turbine Francis o Pelton, alternatori, trasformatori: un sistema integrato in cui ogni componente era ottimizzato in funzione degli altri. I materiali giocavano un ruolo decisivo: le leghe di acciaio ad alta resistenza, i conduttori in rame purissimo, i dielettri per l'isolamento degli avvolgimenti. L'ingegneria energetica e la metallurgia procedevano di pari passo.

Il Novecento vide l'affermazione delle centrali termoelettriche a carbone e poi a gas naturale. Le turbine a vapore raggiunsero rendimenti del 40-45% grazie a temperature e pressioni sempre più elevate — traguardi resi possibili solo dallo sviluppo di superleghe in nichel e cromo capaci di operare oltre i 600°C. Le turbine a gas, derivate dall'aeronautica militare, introdussero cicli combinati gas-vapore con rendimenti superiori al 60%: un risultato impensabile senza i materiali ceramici e le tecnologie di raffreddamento dei componenti sviluppate nei decenni precedenti.

### **Il digitale come moltiplicatore di efficienza**

La rivoluzione digitale ha introdotto nella gestione dell'energia una dimensione del tutto nuova: l'intelligenza. I sistemi SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) degli anni '70 e '80 furono i precursori di ciò che oggi chiamiamo "smart grid". La capacità di monitorare in tempo reale migliaia di parametri — tensioni, correnti, temperature, flussi — e di intervenire automaticamente per ottimizzare il funzionamento ha trasformato le reti elettriche da infrastrutture passive a sistemi attivi e adattativi.

Oggi, l'Internet of Things energetico, i gemelli digitali degli impianti, l'intelligenza artificiale applicata alla previsione della domanda e alla manutenzione predittiva rappresentano la frontiera più avanzata. Un grande impianto fotovoltaico non è solo una distesa di pannelli: è un sistema cyber-fisico in cui sensori, algoritmi di machine learning e sistemi di accumulo dialogano in tempo reale per massimizzare la resa e garantire la stabilità della rete. Il dato è diventato esso stesso una forma di energia.





### **Fotovoltaico e accumulo: la sintesi di tre rivoluzioni**

I pannelli fotovoltaici al silicio cristallino, con rendimenti commerciali oggi superiori al 22%, sono il prodotto di decenni di ricerca nella fisica dei semiconduttori e nella scienza dei materiali. Dalla cella di Bell Laboratories del 1954 — con un rendimento del 6% — all'odierna tecnologia TOPCon o HJT, ogni passo avanti ha richiesto purezza crescente dei materiali, nuovi processi di deposizione, passivazione delle superfici.

I sistemi di accumulo a batteria su scala di rete (BESS — Battery Energy Storage Systems) chiudono il cerchio: consentono di disaccoppiare la produzione dal consumo, rendendo gestibili le fonti rinnovabili intermittenti. Le batterie agli ioni di litio, con densità energetiche in rapida crescita e costi crollati dell'80% nell'ultimo decennio, rappresentano oggi una componente strategica di qualsiasi piano energetico nazionale. Le tecnologie di prossima generazione — batterie allo stato solido, al sodio, al ferro-aria — promettono ulteriori salti quantici.

### **Il ruolo strategico nell'epoca della transizione**

In questo momento storico, l'ingegneria energetica non è semplicemente una disciplina tecnica: è una leva geopolitica di primaria importanza. La dipendenza dai combustibili fossili ha plasmato le relazioni internazionali del XX secolo. La transizione

verso le rinnovabili ridisegna queste dipendenze, sostituendo i giacimenti di petrolio con le catene di approvvigionamento di litio, cobalto, terre rare e silicio.

L'Europa, con il suo Green Deal e i target di decarbonizzazione al 2050, ha fatto dell'ingegneria energetica il pilastro della propria strategia industriale. La competitività futura di un'economia si misurerà sempre più nella sua capacità di produrre energia pulita, efficiente e sicura. In questo quadro, la formazione di ingegneri energetici con competenze trasversali — termodinamica, elettrotecnica, scienza dei materiali, data science — diventa una priorità strategica assoluta.

### **Conclusione: un'unica, ininterrotta ricerca**

L'ingegneria energetica è, nella sua essenza più profonda, la storia di una ricerca ininterrotta: fare di più con meno. Ogni era ha avuto i propri vincoli — muscoli, legno, ferro, carbone, silicio — e i propri orizzonti tecnologici. Quel che non è mai cambiato è la direzione: verso sistemi più efficienti, più affidabili, più sostenibili.

La sfida di oggi è forse la più ambiziosa di sempre: decarbonizzare un'economia globale che consuma oltre 580 EJ di energia all'anno, senza sacrificare lo sviluppo dei miliardi di persone che ancora non hanno accesso a energia sufficiente. È una sfida tecnica, economica, politica e morale insieme. E l'ingegneria energetica, come sempre, è chiamata a trovare la via.



# Straus7<sup>®</sup> L'eccellenza FEM accessibile.

**Nativo Non-Lineare  
ANCHE IN LICENZA PERPETUA**

[www.hsh.info](http://www.hsh.info)  
[www.straus7.it](http://www.straus7.it)

Calcolo strutturale ad elementi finiti **al vero** secondo NTC 2018, EC2 e EC3  
**Nessun limite pratico al calcolo strutturale**



Foto per gentile concessione Cimolai SpA

STADIO DEL GHIACCIO - CORTINA - [www.straus7.it/cortina.htm](http://www.straus7.it/cortina.htm)

Enjoy  *in 2026!*

Gennaio 2026	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno
L 5 12 19 26	L 2 9 16 23	M 2 9 16 23 30	L 6 13 20 27	L 4 11 18 25	L 1 8 15 22 29
M 6 13 20 27	M 3 10 17 24	M 3 10 17 24 31	M 7 14 21 28	M 5 12 19 26	M 2 9 16 23 30
M 7 14 21 28	M 4 11 18 25	M 4 11 18 25	M 1 8 15 22 29	M 6 13 20 27	M 3 10 17 24
G 1 8 15 22 29	G 5 12 19 26	G 5 12 19 26	G 2 9 16 23 30	G 7 14 21 28	G 4 11 18 25
V 2 9 16 23 30	V 6 13 20 27	V 6 13 20 27	V 3 10 17 24	V 1 8 15 22 29	V 5 12 19 26
S 3 10 17 24 31	S 7 14 21 28	S 7 14 21 28	S 4 11 18 25	S 2 9 16 23 30	S 6 13 20 27
D 4 11 18 25	D 1 8 15 22	D 1 8 15 22 29	D 5 12 19 26	D 3 10 17 24 31	D 7 14 21 28
Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
L 6 13 20 27	L 3 10 17 24 31	L 7 14 21 28	L 5 12 19 26	L 2 9 16 23 30	L 7 14 21 28
M 7 14 21 28	M 4 11 18 25	M 1 8 15 22 29	M 6 13 20 27	M 3 10 17 24	M 1 8 15 22 29
M 1 8 15 22 29	M 5 12 19 26	M 2 9 16 23 30	M 7 14 21 28	M 4 11 18 25	M 2 9 16 23 30
G 2 9 16 23 30	G 6 13 20 27	G 3 10 17 24	G 1 8 15 22 29	G 5 12 19 26	G 3 10 17 24 31
V 3 10 17 24 31	V 7 14 21 28	V 4 11 18 25	V 2 9 16 23 30	V 6 13 20 27	V 4 11 18 25
S 4 11 18 25	S 1 8 15 22 29	S 5 12 19 26	S 3 10 17 24 31	S 7 14 21 28	S 5 12 19 26
D 5 12 19 26	D 2 9 16 23 30	D 6 13 20 27	D 4 11 18 25	D 1 8 15 22 29	D 6 13 20 27

[www.hsh.info](http://www.hsh.info)



Calendario corsi

■ Introduttivo 
 ■ Analisi non-lineare 
 ■ Analisi dinamica 
 ■ Strutturale 
 ■ Analisi termiche 
 ■ Meshatore

Distributore esclusivo per l'Italia del codice di calcolo **Straus7**



HSH srl - Tel. 049 663888  
E-mail [stras7@hsh.info](mailto:stras7@hsh.info)  
[www.hsh.info](http://www.hsh.info) - E-mail [hshsrl@iperv.it](mailto:hshsrl@iperv.it)

# L'Ingegnere dell'Informazione custode dell'Intelligenza Artificiale

EMANUELE FRONTONI

Professore ordinario di Informatica all'Università di Macerata

SEZIONE SCIENTIFICA

**V**iviamo in un'epoca in cui le decisioni più importanti per la vita delle persone vengono sempre più spesso delegate a sistemi automatizzati. Un algoritmo stabilisce se una persona è idonea a ricevere un mutuo, se un paziente deve essere considerato ad alto rischio, se un'automobile deve frenare in una frazione di secondo, se un candidato a un posto di lavoro supera il primo filtro di selezione. Dietro ognuno di questi momenti — apparentemente tecnici, in realtà profondamente umani — c'è un sistema di intelligenza artificiale. E dietro quel sistema, c'è un ingegnere.

La figura dell'ingegnere dell'informazione si trova oggi al centro di una trasformazione epocale. Non si tratta soltanto di progettare sistemi efficienti, veloci, scalabili. Si tratta di progettare sistemi giusti, affidabili, sicuri per la collettività. Il codice non è neutro. Gli algoritmi non sono neutri. E chi li costruisce,

li addestra e li valida porta con sé una responsabilità che va molto oltre la correttezza tecnica: porta una responsabilità sociale, etica, talvolta quasi costituzionale.

Questo articolo intende esplorare proprio quel territorio: il ruolo dell'ingegnere dell'informazione come creatore e valutatore dell'IA del futuro, con uno sguardo specifico alla compliance, alla sicurezza e alla tutela della collettività come principio guida del progetto stesso.

## Progettare la responsabilità delle macchine

Il concetto di responsabilità applicato alle macchine è, a prima vista, paradossale. Le macchine non hanno intenzioni, non hanno coscienza, non possono essere chiamate a rispondere davanti a un tribunale. Eppure, nella pratica quotidiana, i sistemi di intelligenza artificiale prendono decisioni che producono effetti concreti sulle persone: concedono o negano prestazioni, classificano individui, segnalano anomalie, orientano flussi di traffico, gestiscono emergenze sanitarie. Chi risponde, allora, quando qualcosa va storto?

La risposta non può che ricadere sulle persone che hanno progettato, addestrato, validato e distribuito il sistema. E tra queste persone, l'ingegnere dell'informazione occupa una posizione centrale. È lui o lei che definisce l'architettura del modello, che sceglie i dati di addestramento, che imposta le funzioni obiettivo, che decide come gestire i casi limite. Ogni scelta tecnica è, in ultima istanza, una scelta di valore.



Progettare la responsabilità delle macchine significa dunque operare con consapevolezza che ogni linea di codice è potenzialmente una norma di comportamento. Un sistema di scoring creditizio che penalizza sistematicamente le persone residenti in certi quartieri non è soltanto un algoritmo impreciso: è uno strumento di discriminazione. Un sistema di triage ospedaliero che sovrastima la resistenza al dolore di certi gruppi demografici non è soltanto un errore statistico: è una forma di negligenza medica automatizzata.

L'ingegnere dell'informazione deve sviluppare quello che potremmo chiamare un "pensiero a cascata di responsabilità": chiedersi, per ogni decisione progettuale, chi sarà influenzato dal sistema, in quali circostanze, con quali conseguenze possibili, e come garantire che le conseguenze negative siano minimizzate, tracciabili e, quando necessario, reversibili.

La disciplina dell'ingegneria del software e dei sistemi ha già elaborato strumenti potenti in questa direzione — dai requisiti non funzionali, alla verifica formale, ai test di robustezza — ma questi strumenti devono ora essere estesi e integrati con una nuova sensibilità sociotecnica. Non basta che il sistema funzioni. Bisogna che funzioni bene per tutti, e che sia possibile capire perché fa quello che fa.

### **Gli algoritmi influenzano salute, mobilità, servizi, decisioni**

Per comprendere la portata della responsabilità in gioco, è utile passare in rassegna alcuni dei settori in cui i sistemi di IA stanno già producendo effetti profondi sulla vita quotidiana.

I sistemi di supporto alla diagnosi basati su intelligenza artificiale sono oggi in grado di rilevare tumori nelle immagini radiologiche con accuratezza paragonabile o superiore a quella degli specialisti. Algoritmi di analisi predittiva vengono utilizzati per identificare pazienti ad alto rischio di riammissione ospedaliera, di sepsi, di deterioramento cognitivo. Sistemi di NLP (Natural Language Processing) analizzano le cartelle cliniche per estrarre informazioni utili alla clinica. In questo contesto, un errore algoritmico non è un bug fastidioso: può tradursi in una diagnosi mancata, in un trattamento inappropriato, in una vita in pericolo.

I sistemi di guida autonoma e semi-autonoma elaborano in tempo reale flussi di dati provenienti da decine di sensori per prendere decisioni in millesimi di secondo. Chi ha la precedenza? Quando frenare? Come reagire a un ostacolo improvviso? Le scelte compiute dagli ingegneri nel progettare questi sistemi — le regole di priorità, le soglie di attivazione,



i modelli di percezione — si traducono direttamente in politiche di comportamento stradale con implicazioni di sicurezza immediata per conducenti, pedoni e ciclisti.

I sistemi di raccomandazione determinano quali informazioni le persone vedono online, quali prodotti vengono loro proposti, quali opportunità lavorative vengono segnalate. I sistemi di credit scoring determinano l'accesso al credito. I sistemi di profilazione assicurativa influenzano i premi pagati. In tutti questi casi, l'algoritmo agisce come un filtro — o come un amplificatore — di opportunità e vincoli nella vita delle persone.

Sistemi di intelligenza artificiale vengono già impiegati in vari Paesi per supportare decisioni giudiziarie, per allocare risorse assistenziali, per identificare individui in contesti di sorveglianza pubblica. Qui il rischio di errore non è solo individuale: è sistemico, e può colpire intere comunità.

In tutti questi ambiti, l'ingegnere dell'informazione non è un tecnico lontano dalle conseguenze delle proprie scelte. È un attore sociale con impatto diretto sulla qualità della vita delle persone. E deve essere formato — e deve sentirsi investito — di questa responsabilità.

### **L'ingegnere come custode dell'affidabilità**

La parola "affidabilità" — in inglese *trustworthiness* — è diventata il termine-chiave attorno a cui ruota l'intera discussione sull'IA responsabile. Un sistema di IA affidabile è un sistema di cui ci si può ragionevolmente fidare: non perché sia infallibile, ma perché il suo comportamento è comprensibile, prevedibile, corretto rispetto agli obiettivi dichiarati, e controllabile quando devia da essi.

L'ingegnere dell'informazione è il custode primario di questa affidabilità. Lo è in almeno tre sensi distinti.

**In fase di progettazione**, l'ingegnere definisce le specifiche del sistema e le sue proprietà di sicurezza. Deve stabilire quali sono i comportamenti attesi e quelli vietati, quali sono i casi limite critici, come il sistema deve reagire in condizioni di incertezza.

**In fase di validazione**, l'ingegnere deve verificare che il sistema si comporti come previsto non solo nelle condizioni nominali, ma anche nelle condizioni avverse. Questo

richiede metodologie di testing avanzate: test di robustezza contro input adversarial, analisi di sensitività, red teaming, valutazione delle performance su sottogruppi demografici.

**In fase di monitoraggio post-deployment**, l'ingegnere deve garantire che il sistema continui a comportarsi correttamente nel tempo. I sistemi di IA sono soggetti al fenomeno del data drift: la distribuzione dei dati reali può cambiare rispetto a quella di addestramento, degradando progressivamente le performance.

La custodia dell'affidabilità richiede dunque una visione olistica del ciclo di vita del sistema, e una cultura organizzativa in cui la sicurezza non è un requisito da soddisfare una volta sola, ma un impegno continuo.

### **Bias, errori e opacità come rischi sociali**

Tra i rischi più insidiosi associati ai sistemi di intelligenza artificiale, tre meritano particolare attenzione: il bias algoritmico, l'errore sistematico e l'opacità decisionale. Non si tratta di problemi meramente tecnici: sono rischi sociali con impatti potenzialmente su larga scala.

**Il bias algoritmico** emerge quando un sistema produce risultati sistematicamente svantaggiosi per certi gruppi di persone. Le cause possono essere molteplici: dati di addestramento storicamente sbilanciati, scelta di variabili proxy che correlano con caratteristiche protette (come il sesso o l'etnia), funzioni obiettivo che ottimizzano metriche aggregate mascherando disparità di trattamento.

**L'errore sistematico** è diverso dal bias ma altrettanto pericoloso. Un sistema può essere equo nella distribuzione dei suoi errori e tuttavia sbagliare con un'alta frequenza assoluta in certi contesti critici. Un sistema di diagnosi per immagini che ha un tasso di falsi negativi del 5% su un milione di esami l'anno produce cinquantamila diagnosi mancate. La gestione statistica del rischio non può ignorare queste cifre assolute.

**L'opacità**, i cosiddetti black box, è forse il più complesso da affrontare. I modelli di deep learning più potenti, come le reti neurali profonde con miliardi di parametri, producono risultati la cui derivazione è impossibile da tracciare in modo intuitivo. Questo crea un problema serio in tutti i contesti in cui la decisione deve essere spiegabile: in ambito



medico (il paziente ha diritto di sapere perché è stato classificato ad alto rischio), in ambito giudiziario (l'imputato ha diritto di contestare le prove a suo carico), in ambito lavorativo (il candidato ha diritto di capire perché è stato escluso).

L'ingegnere dell'informazione ha il compito di lavorare su tutti e tre questi fronti: progettare sistemi equi, sviluppare metodologie di test per rilevare errori sistematici, adottare tecniche di Explainable AI (XAI) per rendere le decisioni interpretabili. Non si tratta di scegliere tra potenza e trasparenza: si tratta di sviluppare nuovi strumenti che offrano entrambe.

Progettare bene, in definitiva, significa non limitarsi a rispondere alla domanda "funziona?" ma porsi sistematicamente anche le domande "per chi funziona?", "in quali condizioni smette di funzionare?", "quali danni può fare quando sbaglia?" e "come mi accorgo che sta sbagliando?".

#### **L'ingegnere come valutatore: il ruolo della compliance e della certificazione**

Accanto al ruolo di creatore, l'ingegnere dell'informazione ricopre un ruolo crescentemente importante come valutatore indipendente dei sistemi di IA. La compliance — la conformità di un sistema ai requisiti normativi, etici e tecnici applicabili — non può essere autocertificata dai soli

sviluppatori: richiede processi di verifica indipendente condotti da professionisti con competenze specifiche.

L'AI Act europeo introduce, per i sistemi di IA ad alto rischio, l'obbligo di una valutazione della conformità prima dell'immissione sul mercato. Questa valutazione deve coprire la qualità dei dati, la documentazione tecnica, la trasparenza e la fornitura di informazioni agli utenti, la sorveglianza umana, la robustezza, la precisione e la sicurezza informatica. In molti casi, questa valutazione dovrà essere condotta da organismi notificati indipendenti — un mercato professionale in rapida espansione che richiederà ingegneri con competenze specializzate.

L'ingegnere valutatore deve possedere un profilo ibrido: competenze tecniche profonde (per comprendere e verificare il funzionamento dei sistemi), competenze normative (per applicare correttamente il quadro regolatorio), e competenze etiche (per valutare le implicazioni più difficilmente formalizzabili). È una figura nuova, che il sistema formativo universitario e post-universitario deve imparare a costruire in modo sistematico.

Organismi come l'IEEE, l'ISO e il NIST stanno sviluppando standard tecnici specifici per la valutazione dei sistemi di IA. Queste iniziative convergono su un punto fondamentale: la

valutazione dell'affidabilità di un sistema di IA non è un giudizio soggettivo, ma un processo strutturato che può e deve essere standardizzato, documentato e verificato. L'ingegnere dell'informazione è il professionista naturalmente deputato a condurre e a garantire questo processo.

**Formare gli ingegneri del futuro: competenze tecniche ed etiche integrate**

La formazione degli ingegneri dell'informazione deve evolvere in risposta a questa nuova realtà. Non si tratta di aggiungere un corso di etica a un curriculum altrimenti immutato: si tratta di integrare la dimensione etica e sociale in tutta la formazione tecnica, in modo che ogni ingegnere sviluppi una sensibilità sistemica nei confronti delle implicazioni sociali del proprio lavoro.

Questo richiede, sul piano dei contenuti, l'introduzione di insegnamenti specifici su argomenti come: fairness e bias nei sistemi di machine learning, privacy differenziale e protezione dei dati, tecniche di Explainable AI, AI security, valutazione dell'impatto algoritmico, quadri normativi sull'IA. Ma richiede anche, sul piano del metodo, l'uso di casi di studio reali — inclusi i casi di fallimento — per sviluppare la capacità di ragionamento critico sulle conseguenze delle scelte progettuali.

L'Ordine degli Ingegneri ha un ruolo cruciale in questa transizione: può promuovere standard etici professionali, sviluppare linee guida specifiche per l'IA, offrire percorsi di formazione e aggiornamento, e costruire ponti con il mondo regolatorio e con le istituzioni pubbliche per contribuire alla definizione di politiche sull'IA che siano tecnicamente fondate e socialmente responsabili.

**Il codice come patto sociale**

Chi scrive il codice di questi sistemi non scrive soltanto istruzioni per macchine. Scrive, in un senso profondo, norme di comportamento sociale. Scrive regole che determineranno chi ottiene cosa, chi viene aiutato, chi viene sorvegliato, chi viene escluso. Scrive, in ultima istanza, un frammento del patto sociale del nostro tempo.

L'ingegnere dell'informazione del XXI secolo è chiamato a essere molto più di un

esperto tecnico. È chiamato a essere un professionista consapevole, responsabile, capace di tenere insieme la potenza degli strumenti che costruisce e la fragilità delle persone che ne saranno influenzate. È chiamato a essere un custode: non soltanto dell'affidabilità dei sistemi, ma della fiducia che la collettività ripone in chi ha la responsabilità di progettare il futuro.

Questa non è una responsabilità che può essere scaricata su altri: su chi commissiona il sistema, su chi lo usa, su chi lo regola. È una responsabilità intrinseca alla professione, radicata nella competenza tecnica stessa, perché solo chi capisce davvero come funzionano questi sistemi può capire come possono fallire e cosa bisogna fare perché non falliscano nel momento in cui contano di più.

La sicurezza della collettività nasce anche nel codice. E il codice è nelle mani degli ingegneri.

# Pucci & il Bagno una sola anima



Un'anima tecnologica, funzionale, eco-sostenibile, al centro del bagno italiano, pensata per soddisfare le esigenze di tutti i diversi utenti, e per interpretare e concretizzare le idee di progettisti, installatori e arredatori.

Programmabile da smartphone tramite App, Tronic è la cassetta di cui puoi decidere i litri di scarico, 9, 6 o 4 e la distanza a cui entra in azione, da m.0,50 a 1,50.



Cassetta Sara Tronic a impulso elettrico fornita di placca 280x180 mm in acciaio inox antivandalo



CASSETTE  
**PUCCI**

stile e tecnologia italiani

# La progettazione e gestione NIS2 in azienda

LORENZOIVALDI

Ingegnere elettronico, dottore di ricerca in cybersecurity

**L**e infrastrutture digitali hanno pian piano integrato le preesistenti infrastrutture civili ed ora ne sono totalmente integrate. Ospedali, trasporti, servizi pubblici, sistemi energetici e attività produttive dipendono da reti informatiche sempre più complesse e interconnesse per ogni procedura. Un incidente informatico non colpisce soltanto un'azienda o un sistema tecnologico, ma può interrompere servizi essenziali e incidere direttamente sulla vita dei cittadini. La sicurezza digitale rappresenta quindi un elemento fondamentale per la tutela della collettività, anche se spesso invisibile oppure quando notata viene ritenuta un fastidio.

In questo contesto l'Ingegnere dell'Informazione svolge un ruolo strategico: progettare la sicurezza digitale significa proteggere dati, servizi e fiducia sociale. La cybersecurity non riguarda soltanto la protezione delle informazioni, ma la continuità operativa delle organizzazioni e la resilienza dei sistemi su cui si basa la vita economica e sociale della nazione.

Con il recepimento della Direttiva (UE) 2022/2555 – NIS2 – attraverso il D.lgs. 4 settembre 2024, n. 138, la sicurezza informatica entra definitivamente nell'area della responsabilità strategica d'impresa. La normativa non si limita a prescrivere misure tecniche: introduce un sistema di responsabilità diretta in capo agli organi di amministrazione e direzione, prevede obblighi stringenti di gestione del rischio e notifica degli incidenti e contempla un apparato sanzionatorio significativo in caso di inadempienza. La cybersecurity, dunque, non è più una funzione tecnica delegabile in modo generico all'IT, ma un elemento strutturale della governance aziendale. In questo scenario, l'Ingegnere dell'Informazione assume un ruolo chiave: è il professionista in grado di integrare dimensione normativa, architettura tecnologica e assetto organizzativo, trasformando l'obbligo giuridico in sistema operativo efficace e verificabile. Per gli iscritti all'Ordine professionale, tale funzione è ulteriormente qualificata dalla responsabilità deontologica, che impone competenza, autonomia di giudizio e tutela dell'interesse pubblico sotteso alla norma.



Uno degli elementi di maggiore innovazione della NIS2 è l'esplicito coinvolgimento degli organi di gestione: il decreto di recepimento stabilisce che il management approvi le misure di gestione del rischio, sovrintenda alla loro attuazione, sia adeguatamente formato in materia di cybersecurity e infine possa essere ritenuto responsabile in caso di grave inosservanza. Si afferma così un principio di **accountability**: la sicurezza digitale è parte integrante del dovere di diligente amministrazione.

Le organizzazioni soggette alla normativa devono infatti:

- adottare misure tecniche e organizzative **adeguate e proporzionate**;
- implementare politiche strutturate di analisi e trattamento del rischio;
- garantire la continuità operativa e la resilienza dei sistemi;
- notificare gli incidenti significativi entro termini stringenti;
- presidiare la sicurezza della supply chain;
- definire ruoli, responsabilità e meccanismi di controllo interni.

E bene evidenziare come non si tratti di adeguarsi formalmente a un elenco di adempimenti (paper compliance), ma di strutturare un modello permanente ed efficace di gestione del rischio cyber. Non ci si può quindi limitare semplicemente a “mettere

un firewall” o ad acquistare un software di sicurezza: NIS2 impone un approccio sistemico, basato sulla gestione del rischio e sulla resilienza organizzativa e tecnica.

È qui che entra in gioco l'Ingegnere dell'Informazione: una figura con una visione integrata, particolarmente adatta a coordinare e supportare l'adeguamento aziendale alla NIS2. Infatti, tutti i passi previsti dalla norma possono essere progettati, supervisionati ed implementati direttamente da un ingegnere dell'informazione, sia durante la progettazione del sistema di gestione della cybersecurity, sia durante l'operatività quotidiana dello stesso. Si tratta di un compito complesso ed articolato che solo una figura professionale con una forte connotazione tecnica ed un'etica solida può affrontare al meglio.

Il primo passo che in linea generale si deve seguire durante la progettazione è la mappatura delle risorse aziendali presenti su cui basare l'analisi del rischio, che può essere fatta seguendo sia la famiglia di norme ISO/IEC 27001 (se non si è in ambito prettamente industriale) sia aggiungendo la ISO/IEC 62443 (nelle realtà che hanno anche una parte industriale) e deve infine mapparsi sui requisiti del cyber security framework nazionale come prescritto da ACN.

Fatta l'analisi delle vulnerabilità e valutato l'impatto delle possibili minacce, l'ingegnere propone o supporta la definizione di un piano di gestione del rischio di concerto con la governance aziendale che le deve sottoscrivere.



#### Misure di sicurezza di base per i soggetti NIS importanti

FUNZIONE	CATEGORIA	CODICE	DESCRIZIONE	PUNTO	REQUISITO	AMBITI POLITICHE
PR	PR.AT	PR.AT-01	Il personale è sensibilizzato e formato in modo da possedere le conoscenze e le competenze per svolgere compiti di carattere generale tenendo conto dei rischi di cybersecurity.	1	È definito, attuato, aggiornato e documentato un piano di formazione in materia di sicurezza informatica del personale, ivi inclusi gli organi di amministrazione e direttivi, che comprende almeno: a) la pianificazione delle attività di formazione previste con l'indicazione dei contenuti della formazione fornita; b) le eventuali modalità di verifica dell'acquisizione dei contenuti.	k) Formazione del personale e consapevolezza
PR	PR.AT	PR.AT-01	Il personale è sensibilizzato e formato in modo da possedere le conoscenze e le competenze per svolgere compiti di carattere generale tenendo conto dei rischi di cybersecurity.	2	Il piano di formazione di cui al punto 1 è approvato dagli organi di amministrazione e direttivi.	k) Formazione del personale e consapevolezza
PR	PR.AT	PR.AT-01	Il personale è sensibilizzato e formato in modo da possedere le conoscenze e le competenze per svolgere compiti di carattere generale tenendo conto dei rischi di cybersecurity.	1	È mantenuto un registro aggiornato recante l'elenco dei dipendenti che hanno ricevuto la formazione di cui al punto 1, i relativi contenuti e l'elenco delle verifiche svolte laddove previste.	k) Formazione del personale e consapevolezza
PR	PR.DS	PR.DS-01	La riservatezza, l'integrità e la disponibilità dei dati a riposo (data-at-rest) sono protette.	1	Per almeno i sistemi informativi e di rete rilevanti, in accordo agli esiti della valutazione del rischio di cui alla misura ID.RA-05, fatte salve motivate e documentate ragioni normative o tecniche, i dati memorizzati sui dispositivi portatili, ivi inclusi laptop, smartphone e tablet, e sui supporti removibili, sono cifrati con protocolli e algoritmi allo stato dell'arte e considerati sicuri.	l) Sicurezza dei dati
PR	PR.DS	PR.DS-01	La riservatezza, l'integrità e la disponibilità dei dati a riposo (data-at-rest) sono protette.	2	Fatte salve motivate e documentate ragioni normative o tecniche, è disabilitata l'auto esecuzione dei supporti removibili ed è effettuata la loro scansione al fine di rilevare codici malevoli prima che siano utilizzati nei sistemi informativi e di rete.	l) Sicurezza dei dati
PR	PR.DS	PR.DS-01	La riservatezza, l'integrità e la disponibilità dei dati a riposo (data-at-rest) sono protette.	3	Nel rispetto delle politiche di cui alla misura GVPO-01, sono adottate e documentate le procedure in relazione ai punti 1 e 2.	l) Sicurezza dei dati

Il passo successivo è proporre e/o progettare l'adeguamento dell'architettura di sicurezza necessaria, anche come roadmap basata sull'allocazione dei capitali disponibili, dando contezza alla governance delle **priorità di intervento**. L'obiettivo non è solo "proteggere", ma è la "resilienza misurabile": rendere l'infrastruttura più efficace e monitorabile utilizzando al meglio le risorse economiche necessarie. Gli ambiti di intervento, infatti, spaziano dal definire o migliorare l'architettura della cybersecurity aziendale (segmentazione di rete, autenticazione forte, sistemi di monitoraggio), alla progettazione e/o miglioramento delle soluzioni di backup e disaster recovery, alla gestione dei periodi di supporto di macchine e software, alla predisposizione di sistemi di logging e gestione degli eventi di sicurezza (SIEM<sup>[1]</sup> ed XDR<sup>[2]</sup>) al miglioramento della gestione delle soluzioni cloud e/o IoT in ottica di sicurezza e compliance. In fatto di cybersecurity il panorama può poi essere ancora esteso, a seconda delle dimensioni aziendali e del fatturato, includendo anche soluzioni di Threat Intelligence, Data Loss Prevention, predisposizione di analisi forensi e così via.

La complessa macchina organizzativa e tecnica, dopo esser stata progettata ed implementata, va anche manovrata: il ruolo dell'ingegnere dell'informazione nella gestione operativa NIS2 può essere fondamentale. I tempi di risposta durante gli incidenti sono uno degli aspetti cardine della normativa, perché reagire rapidamente a un incidente è imprescindibile. Il personale addetto, quindi, deve esserne capace. Da qui la necessità di progettare, implementare



e tener traccia di un **sistema di formazione continua cyber** per l'intera azienda, diversificato a seconda dei ruoli. Si ricorda in particolar modo che le strutture apicali delle imprese, compresi eventuali collegi sindacali e/o revisori dei conti, devono prendere decisioni in modo consapevole.

Diventa inoltre necessario (per analogia con il D.lgs. 9 aprile 2008, n. 81) progettare e far eseguire esercitazioni cyber periodiche diversificate a seconda della realtà aziendale e dei tipi di minaccia possibili. Compresa la formazione alla comunicazione di crisi: così come molte persone si fanno prendere dal panico durante un incendio, allo stesso modo è necessario essere lucidi durante una crisi cyber e sapere esattamente cosa si deve fare o non fare, dire o non dire.

## Specifiche di base: documentazione

Elaborazione di documenti ai fini

- dell'**attuazione**
- dell'**attestazione**

dell'effettiva implementazione delle misure di sicurezza (*evidenze documentali*)

Piani (Nr. 10)	Requisito
gestione del rischio	GVRM-03 punto 1
trattamento del rischio	ID.RA-06 punto 1
gestione vulnerabilità	ID.RA-08 punto 1
adeguamento	ID.IM-01 punto 1
valutazione dell'efficacia*	ID.IM-01 punto 3
continuità operativa	ID.IM-04 punto 1
ripristino in caso di disastro	ID.IM-04 punto 2
per la gestione delle crisi	ID.IM-04 punto 3
formazione tutti i dipendenti	PR.AT-01 punto 1
gestione degli incidenti	RS.MA-01 punto 1

\* Richiesti solo ai soggetti essenziali

ELENCHI (Nr. 5)	Requisito
sistemi informativi e di rete rilevanti	GI.DC-04 punto 1
personale dell'organizzazione di sicurezza informatica	GI.RR-02 punto 2
personale dell'organizzazione di sicurezza informatica fornitori	GI.SC-03 punto 2
configuratori di riferimento sicure*	PR.PS-01 punto 1
sistemi informativi e di rete accessibili da remoto	PR.IR-01 punto 2

REGISTRI (Nr.5)	Requisito
esiti del riesame politico di sicurezza	GI.PG-02 punto 3
formazione tutti i dipendenti	PR.AT-01 punto 3
formazione amministratori*	PR.AT-02 punto 2
manutenzioni effettuate sull'hardware*	PR.PS-03 punto 2
accessi eseguiti da remoto e quelli privilegiati	PR.PS-04 punto 1

INVENTARI (Nr.5)	Requisito
inventario fornitori	GI.SC-04 punto 1
apparati fisici (hardware)	ID.AN-01 punto 1
servizi, sistemi e applicazioni software	ID.AN-02 punto 1
flussi di rete tra i sistemi informativi e di rete*	ID.AN-03 punto 1
servizi informatici erogati dai fornitori (inclusi i servizi cloud)	ID.AN-04 punto 1

Oltre a questo, l'ingegnere è un ponte tra area tecnica e board aziendale: può ottimizzare la comprensione dei problemi per la governance, creando report tecnici comprensibili, decidere quale enfasi dare ai parametri fondamentali (KPI e KRI)<sup>[3]</sup> dei processi produttivi, redigere le valutazioni sull'efficacia delle misure adottate per il miglioramento continuo ed integrare le stesse, facendo proposte di ulteriore sviluppo in aree non ancora del tutto mature. Tutto questo nell'ottica della tracciabilità delle decisioni e delle azioni intraprese davanti al mercato o controllori esterni ove presenti.

Un ulteriore aspetto in cui una figura incardinata nel sistema ordinistico può fare la differenza è la gestione della supply chain digitale: in affiancamento alla parte amministrativa per lo sviluppo dei requisiti dei prodotti da acquistare, un ingegnere dell'informazione può valutare la compliance normativa, le esigenze di sicurezza e la complessità tecnica per dare ad amministrazione e CFO gli elementi per fare capitolati comprensivi di clausole tecniche puntuali ed effettuare una scelta oculata delle soluzioni implementative presenti nelle varie offerte dei vendor.

In quest'ottica l'ingegnere dell'informazione, soprattutto se incardinato nel sistema ordinistico, non è più solo tecnico, ma figura di governo del rischio e figura centrale nella resilienza digitale dell'impresa. Soprattutto in un sistema economico come quello italiano, in cui la maggior parte delle aziende è di modeste dimensioni, anche se spesso ricche di proprietà intellettuali e di capitali.

L'ingegnere dell'informazione in pratica deve diventare il **progettista della resilienza digitale dell'azienda ed il gestore del miglioramento continuo della cybersecurity aziendale**, soprattutto per le aziende in perimetro NIS2: il panorama italiano spesso non ha un IT interno perché valutato troppo costoso rispetto alle presunte necessità di governo del digitale. Questo genera di solito una grossa incertezza sui funzionamenti dei processi informatici in molte aziende, a partire dal banale inventario degli asset, a come sono configurati, mantenuti e backuppati. Le ditte esterne, infatti, non scrivono report o quando li scrivono omettono particolari fondamentali, lasciano le password di default dei devices, mantengono una infrastruttura orizzontale di rete perché più semplice. La NIS 2 richiede giustamente un modello di gestione meno pronò a malfunzionamenti ed attacchi,

ma più complesso. Una figura che sappia affrontare questa complessità ed armonizzare le interazioni sia con le varie funzioni aziendali, sia con i fornitori di prodotti digitali (dal pc alla linea di produzione industriale) sia con le ditte che effettuano le manutenzioni, è ormai imprescindibile.

Da ultimo, nella specifica ottica legale, l'ingegnere dell'informazione è la figura più indicata per interfacciarsi con gli adempimenti specifici previsti dalla normativa, in primis come punto di contatto NIS2 (la persona fisica designata dai soggetti essenziali o importanti per gestire le comunicazioni ufficiali con l'Agenzia per la Cybersicurezza Nazionale).

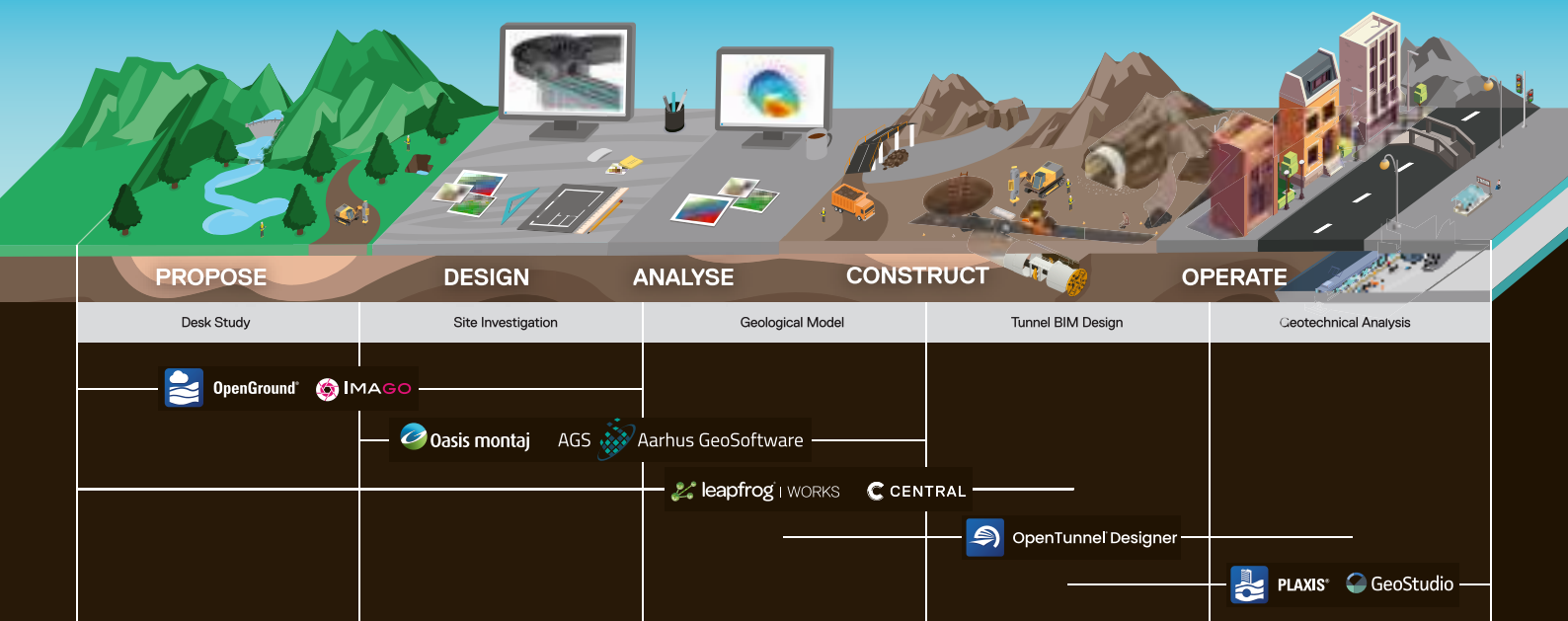
Supportando in modo concreto le aziende nei loro obblighi di cybersecurity legali e tecnici gli ingegneri dell'informazione svolgono il loro dovere nei confronti dell'ecosistema nazionale. Le infrastrutture informatiche, sia pubbliche, sia private, sostengono servizi essenziali per cittadini e imprese e la loro protezione rappresenta una condizione indispensabile per il funzionamento della società moderna. In questo senso l'ingegnere della sicurezza digitale contribuisce direttamente alla tutela della collettività: difendere i sistemi informativi significa proteggere le persone e garantire la continuità della vita economica e sociale.

[1] SIEM: Aggrega e normalizza log da svariate fonti (firewall, server, endpoint) per l'analisi storica dei dati che correla, fornisce una vista d'insieme per la gestione degli incidenti.

[2] XDR: Integra dati da endpoint (EDR), rete, cloud e altre fonti per rilevare minacce complesse, utilizzando IA e machine learning. Può produrre una risposta automatizzata alle minacce e riduce sensibilmente i falsi positivi.

[3] KPI (Key Performance Indicators) sono indicatori chiave di prestazione, ovvero metriche quantitative essenziali utilizzate per misurare l'efficacia e il successo di un'attività, progetto o strategia aziendale. I KRI (Key Risk Indicators o indici di rischio) aiutano le aziende a identificare e classificare pericoli e debolezze.

# Affronta i progetti geotecnici con competenza utilizzando le soluzioni software Bentley|Seequent



Quando collabori per una comprensione condivisa delle condizioni del terreno, puoi consegnare progetti più precisi e più velocemente e puoi ottenere così risultati migliori.

Ingegneri, Geotecnici, Geologi e Geofisici utilizzano i software Bentley e Seequent nei progetti di infrastrutture per pianificare, creare e costruire strade, ferrovie, ponti, tunnel, edifici, dighe e argini.

## OpenGround®

Piattaforma software cloud base che offre una gestione e una reportistica sicura e affidabile dei dati geotecnici.

## leapfrog®

Esplora le condizioni del sottosuolo con la modellazione geologica dinamica 3D.

## GeoStudio

Riduci i rischi e sviluppa sofisticate analisi di stabilità all'equilibrio limite 2D e 3D di terreni e pendii rocciosi.

## Oasis montaj

Potente suite software per la modellazione e l'analisi dati che permette una comprensione avanzata della superficie sotterranea della terra e dell'ambiente marino.

## OpenTunnel Designer

Potente software per la progettazione di tunnel. È l'unico tool con queste funzionalità specifiche di analisi che lavora all'interno di un ambiente di lavoro condiviso.

## PLAXIS®

Potente software ad elementi finiti che sviluppa analisi 2D o 3D di deformazione e di stabilità nell'ingegneria geotecnica e nella meccanica delle rocce.

► [www.adalta.it/adalta-soluzioni-problemi-geotecnici](http://www.adalta.it/adalta-soluzioni-problemi-geotecnici)

**ADALTA**  
SOFTWARE PER L'INNOVAZIONE  
Bentley Systems e Seequent  
Channel Partner autorizzato per l'Italia

**Bentley®**  
**SEEQUENT**

Per saperne di più



# Ingegneria e sanità un binomio oggi inscindibile

## MARCO MARTELLUCCI

Ingegnere Biomedico, Esperto di Radioprotezione di III grado presso l'Università e il Policlinico Campus Bio-Medico di Roma

---

**N**el sistema sanitario contemporaneo, la crescente pervasività delle tecnologie elettromedicali ha trasformato radicalmente i processi di diagnosi e cura dei pazienti, ma anche della sicurezza degli operatori. In questo contesto si innesta la figura dell'**Ingegnere Clinico e Biomedico** che ormai stabilmente non rappresenta più una funzione di mero supporto tecnico, ma si configura come un vero e proprio presidio strategico per la sicurezza dei pazienti e anche dei lavoratori, volto a garantire l'affidabilità e l'appropriatezza dell'intero ecosistema tecnologico sanitario.

Nata negli anni '70 con le prime sperimentazioni destinate alla gestione della crescente complessità tecnologica

negli ospedali, il termine relativo fu coniato dal medico cardiologo C.A. Caceres negli Stati Uniti nel 1969 per descrivere l'integrazione di ingegneri e ambienti sanitari per la manutenzione delle apparecchiature biomediche, come pure per valutare l'impatto clinico/economico delle nuove tecnologie in processi di *Health Technology Assessment* (HTA).

L'Ingegneria Biomedica, presente oggi in 31 università Italiane con corsi di laurea e laurea magistrale vede anche la presenza di sperimentazioni e innovazioni come i corsi congiunti della durata di 6 anni con doppia laurea in medicina e ingegneria biomedica. In un confronto rapido con gli altri rami dell'ingegneria, l'ingegneria biomedica è probabilmente quella che ha registrato il maggiore sviluppo negli ultimi vent'anni.



Oggi continua ad attrarre un numero costante di nuovi professionisti, grazie alla capacità del settore di assorbire le giovani competenze e all'ampliarsi continuo dei suoi ambiti di applicazione.

Ai sensi del D.M. 27 febbraio 2020 n. 60 - GU n. 155 del 20/06/2020, l'Ingegnere Biomedico e Clinico è colui che possiede le competenze per: **“la pianificazione, la progettazione, lo sviluppo, la direzione lavori, la stima, l'attività di installazione, il collaudo, la gestione, il controllo, la manutenzione, le verifiche e la valutazione di appropriatezza tecnologica di progetti-prodotti-processi, la formazione e l'assistenza all'uso di dispositivi, dispositivi medici e diagnostici in vitro, materiali, processi, macchine ed impianti per la salute”** e nello svolgimento delle attività su indicate, l'Ingegnere Biomedico e Clinico rappresenta la figura che **“è legittimata a operare su dispositivi, materiali, processi, macchine, apparati ed impianti, tecnologie biomediche e a coadiuvare il personale medico, odontoiatrico e sanitario nell'applicazione delle tecnologie a favore del paziente senza compiere specificatamente atti diagnostici, terapeutici o di riabilitazione.”**

Alla luce di ciò risulta in particolar modo evidente come tale figura non sia solo coinvolta nelle fasi di progettazione di nuovi macchinari o protesi, ma rientri appieno nella tutela della salute pubblica, affiancando gli altri operatori sanitari, tanto più se certificata ai sensi del CERTing: riconoscimento volontario rilasciato dal Consiglio Nazionale degli Ingegneri e accreditato Accredia, che attesta il mantenimento del tempo delle competenze, e dell'aggiornamento professionale.

Proprio in ragione della complessità degli apparati oggi presenti all'interno delle strutture ospedaliere assume un ruolo significativo la gestione consapevole, strategica e strutturata del parco tecnologico ospedaliero in particolar modo se osservata sotto il profilo della tutela della salute pubblica.

Ogni dispositivo medico, dalla semplice pompa infusione ai sistemi complessi di diagnostica per immagini o radioterapia o robotica chirurgica, è potenzialmente associato a rischi che devono essere governati lungo tutto il ciclo di vita.

In tale prospettiva, l'Ingegnere Biomedico e Clinico assume un ruolo centrale nella:

- **valutazione tecnologica (Health Technology Assessment)**, orientata non solo all'efficacia clinica ma anche alla sicurezza e sostenibilità;
- **gestione e manutenzione del parco macchine (Health Technology Management)**, elemento chiave per la gestione del rischio clinico;
- **monitoraggio delle prestazioni e dell'obsolescenza tecnologica**;
- **programmazione degli acquisti**, finalizzata a garantire equità di accesso e adeguatezza tecnologica;
- **implementazione di flussi operativi coinvolgenti le tecnologie elettromedicali e IT**, finalizzati all'ottimizzazione dei percorsi dei pazienti per semplificarne l'accesso alle cure e la presa in carico del paziente (il cosiddetto **Operation**);
- **controlli di qualità e verifiche di sicurezza** per la salute degli operatori e dei pazienti.
- **governo strategico** delle Strutture Sanitarie nell'ottica di una maggiore efficienza e performance per una presa in carico olistica del paziente.

In tal senso risulta evidente come la figura dell'Ingegnere Clinico e Biomedico sia una figura che concorre in maniera attiva alla pubblica tutela che – di fatto – si concretizza nella capacità di assicurare che ogni tecnologia impiegata sia sicura per pazienti e operatori, disponibile e funzionante nei momenti critici, utilizzata in modo appropriato. Un parco tecnologico non adeguatamente gestito espone infatti il sistema sanitario a rischi rilevanti: malfunzionamenti, errori operativi, interruzioni di servizio, fino a eventi avversi gravi. L'azione dell'Ingegneria Clinico e Biomedico si configura pertanto anche come una barriera preventiva, spesso invisibile ma essenziale, a tutela della collettività.

In particolare, tre sono probabilmente gli ambiti in cui l'azione dell'Ingegnere Biomedico e Clinico trova maggiore impatto nella pubblica tutela:

### Gestione del “parco macchine”: dalla manutenzione alla governance del rischio

La gestione del parco tecnologico non può essere ridotta a una dimensione manutentiva, la stessa, infatti, richiede una visione integrata e omnicomprensiva che coniughi aspetti tecnici, organizzativi e sanitari.

In tal senso si innesta l'attività che svolge l'Ingegnere Clinico che opera in un'ottica di **risk management sistemico**, attraverso: la definizione di piani di manutenzione preventiva e correttiva; la tracciabilità completa delle apparecchiature; l'analisi degli eventi avversi e dei *near-miss*; la formazione del personale sanitario all'uso corretto delle tecnologie.

Queste attività contribuiscono in modo diretto alla Pubblica Tutela, riducendo la probabilità di errore e garantendo standard elevati di sicurezza.

Un esempio emblematico è rappresentato dalla gestione delle apparecchiature di supporto vitale (ventilatori, monitor multiparametrici, defibrillatori). In tali contesti, anche un breve malfunzionamento può avere conseguenze critiche. La presenza di protocolli strutturati di verifica, manutenzione e sostituzione programmata consente di anticipare il rischio, trasformando l'azione tecnica in un intervento di tutela collettiva. Inoltre, la gestione del parco macchine incide sulla sostenibilità del sistema sanitario, evitando sprechi, duplicazioni e acquisti non appropriati.

### L'Ingegnere Clinico in sala operatoria: sicurezza in tempo reale

Se la gestione del parco tecnologico rappresenta una tutela “strutturale”, l'attività dell'Ingegnere Clinico in sala operatoria si configura come una forma di tutela dinamica e immediata, esercitata in uno degli ambienti a più alta complessità e rischio.

La moderna sala operatoria è un sistema altamente tecnologico, in cui convergono:

- dispositivi elettromedicali avanzati;
- sistemi di imaging intraoperatorio;
- piattaforme di chirurgia robotica;
- sistemi informativi e di integrazione digitale.

In questo contesto, l'Ingegnere Clinico svolge un ruolo fondamentale di: supporto tecnico specialistico durante le procedure chirurgiche, la verifica del corretto funzionamento delle apparecchiature, la gestione delle criticità in tempo reale, interfaccia tra personale clinico e tecnologia. La Pubblica Tutela si manifesta qui nella **capacità di garantire che l'intero sistema tecnologico operi in condizioni di sicurezza durante l'atto chirurgico**, riducendo il rischio di interruzioni, errori o malfunzionamenti.

Inoltre, l'introduzione di tecnologie sempre più sofisticate ha reso indispensabile una presenza qualificata in sala operatoria. Sistemi come la chirurgia robotica, la navigazione chirurgica o le piattaforme



A CURA DELLA REDAZIONE

## INGEGNERIA BIOMEDICA E SICUREZZA NELLE SALE OPERATORIE

Rendering 3D di una sala operatoria assistita da strumentazione robotica. La crescente integrazione tra tecnologie avanzate e pratica clinica sta trasformando profondamente il sistema sanitario, imponendo nuovi standard di sicurezza, affidabilità e gestione del rischio. Dalla **robotica chirurgica** ai sistemi di imaging intraoperatorio, ogni dispositivo richiede competenze specialistiche per garantirne il corretto funzionamento e l'uso appropriato.

In questo contesto, l'**ingegnere biomedico e clinico** assume un ruolo centrale nella gestione del parco tecnologico, nel supporto alle attività in sala operatoria e nella tutela della **sicurezza di pazienti e operatori**, contribuendo alla qualità e alla continuità delle cure.





integrate richiedono competenze tecniche avanzate che vanno oltre la formazione clinica tradizionale.

L'Ingegnere Clinico interviene, ad esempio:

- nella configurazione e verifica dei sistemi robotici prima dell'intervento;
- nella gestione dei sistemi di imaging intraoperatorio;
- nel controllo dell'integrazione tra dispositivi (monitor, torri laparoscopiche, sistemi di registrazione);
- nella risoluzione immediata di anomalie tecniche.

L'Ingegnere Clinico agisce quindi come **garante della corretta integrazione tecnologica**, riducendo il rischio sistemico.

#### **L'Ingegnere Biomedico nell'ambito della sicurezza sul lavoro e della radioprotezione**

Non da ultimo assume carattere di rilievo il ruolo che l'Ingegnere Biomedico può assumere nell'ambito della sicurezza sul lavoro con riferimento alla possibilità di conseguire ulteriori titoli specifici per lo svolgimento di più figure professionali, che concorrono in ambito sanitario a tale scopo tra cui:

- Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione
- Esperto di Radioprotezione (fino al III Grado)
- Esperto Responsabile della Sicurezza in Risonanza Magnetica
- Addetto e Sicurezza Laser
- Esperto Radiazioni Ottiche Artificiali
- Esperto Campi Elettromagnetici
- Esperto Interventi di Risanamento Radon

Ruoli questi propri della professione dell'Ingegnere Biomedico al pari dei colleghi Ingegneri della Sicurezza e Prevenzione o degli Specialisti in Fisica Medica. Difatti l'Ingegnere Biomedico per sua insita natura, a partire dal proprio percorso di studi universitario affronta sia le tematiche proprie del mondo sanitario (la biologia, l'anatomia, la fisiologia e la fisiopatologia creando addirittura percorsi di laurea con doppio titolo anche in medicina come abbiamo richiamato), nonché tutte le nozioni tecniche necessarie al conseguimento dei titoli sopra richiamati (dallo studio dei dispositivi e degli apparati diagnostici e terapeutici e dei sistemi informatici ospedalieri, allo studio della fisica e dell'interazione della materia).



Proprio a tal riguardo si richiama l'importantissima azione che il **Consiglio Nazionale degli Ingegneri** sta portando avanti per **l'apertura delle Scuole di Specializzazione in Fisica Medica anche agli Ingegneri Biomedici**, così da superare la disparità che oggi gli stessi vivono rispetto ai colleghi europei, anche tenendo conto che la stessa EFOMP - *European Federation of Organizations for Medical Physics*, nel suo *Policy Statement* n. 12, relativo al percorso formativo del Fisico Medico, raccomanda che il percorso universitario di base sia "nelle discipline di fisica, ingegneria o discipline equivalenti"; così come ribadito dalla Direttiva 2013/59/EURATOM che definisce: tale figura come colui che *"possiede le cognizioni, la formazione e l'esperienza necessarie a operare o a esprimere pareri su questioni riguardanti la fisica delle radiazioni applicata alle esposizioni mediche e la cui competenza al riguardo è riconosciuta dall'autorità competente"*.

In ultima analisi risulta evidente come l'Ingegnere Biomedico e Clinico rappresenta un pilastro fondamentale della **Pubblica Tutela all'interno del sistema sanitario moderno**. Attraverso attività spesso poco visibili ma ad altissimo impatto, questa figura contribuisce in maniera determinante nella:

- Prevenzione del rischio di natura tecnologica
- Garanzia della continuità operativa
- Supporto alla qualità delle cure
- Ottimizzazione nell'uso delle risorse pubbliche

In un contesto in cui la sanità è sempre più tecnologica, la tutela della salute dei cittadini non può prescindere da una **governance ingegneristica delle tecnologie**. Per questo motivo, riconoscere e valorizzare il ruolo chiave dell'Ingegnere Biomedico e Clinico all'interno del SSN significa di fatto **rafforzare la capacità del sistema sanitario di rispondere in modo sicuro, efficiente e sostenibile ai bisogni della collettività**.



the open  
way

## Ambiente di condivisione dati (ACDat)

L'unico software nativo  
openBIM per la gestione e la  
collaborazione delle tue opere



## Catenda Hub

Rivoluziona la gestione del tuo  
progetto.

## Catenda Duo

Potenzia la gestione dei tuoi  
asset rendendoli dei digital twin.

## Catenda Site

Collabora e accedi ai  
documenti anche in cantiere.

## Catenda Boost

Potenzia il tuo flusso di lavoro BIM con  
con le API basate su standard aperti.



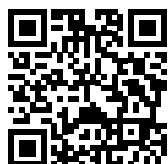
Strutture



Infrastrutture



Grandi Opere



Vieni a scoprire  
 **Catenda**

Distribuito da

**CSPFEA**  
ENGINEERING SOLUTIONS

Via Zuccherificio, 5/d - 35042 Este (Pd) - Italy  
Ph. +39 0429 602404 - info@cspfea.net

[www.cspfea.net](http://www.cspfea.net)



# Sicurezza e automatizzazione nell'industria

**NAZZARENO BORDI**

Consulente nei settori ICT/Gestione Aziendale/Automazione Industriale

---

**L'**automazione industriale moderna ed i prodotti da questa realizzati rappresenta un ecosistema complesso in cui oramai vi è una applicazione diffusa di tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT), che svolgono un ruolo cruciale non solo per l'efficienza produttiva, ma anche per la tutela della sicurezza delle persone, oltreché dell'ambiente circostante. L'ingegnere dell'informazione emerge sempre più come figura chiave in questo contesto, responsabile della progettazione, implementazione e gestione di sistemi operanti a più livelli che devono garantire standard di sicurezza sempre più elevati sia per gli operatori di fabbrica, sia per i prodotti realizzati rivolti ai consumatori.

Nelle fabbriche, la convergenza tra tecnologie operative (OT) e tecnologie dell'informazione (IT) ha trasformato radicalmente negli ultimi anni i settori produttivi introducendo opportunità senza precedenti, ma anche nuove sfide in termini di sicurezza funzionale e di cybersecurity. Gli impianti industriali contemporanei integrano un numero sempre maggiore di sensori intelligenti, oltre a controllori logici programmabili (PLC), a sistemi SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), a software di gestione e supervisione, a dispositivi di protezione individuale (smart-DPI), a reti di comunicazione industriale e piattaforme cloud, creando un tessuto digitale che richiede competenze specialistiche per essere gestito in sicurezza.

La sicurezza dei prodotti destinati ai consumatori, inoltre, rappresenta un imperativo normativo fondamentale nell'era dell'automazione industriale. La legislazione

europea, attraverso la Direttiva Macchine 2006/42/CE (aggiornata dal Regolamento UE 2023/1230) e il Regolamento Generale sulla Sicurezza dei Prodotti (GPSR), impone rigorosi standard di sicurezza per tutti i beni realizzati, anche mediante sistemi automatizzati. Queste normative richiedono che i produttori garantiscano l'assenza di rischi durante l'intero ciclo di vita del prodotto, dalla progettazione all'utilizzo finale. Gli impianti di automazione moderni devono integrare sistemi di tracciabilità digitale e controllo qualità in tempo reale: attraverso sensori IoT, piattaforme di Industry 4.0 e sistemi di intelligenza artificiale è possibile monitorare continuamente i parametri di produzione, identificare anomalie e prevenire difetti che potrebbero compromettere la sicurezza del consumatore finale.

L'adozione diffusa di tecnologie ICT consente inoltre la creazione di "gemelli digitali" degli impianti produttivi, facilitando simulazioni predittive e manutenzione preventiva. La blockchain garantisce tracciabilità immutabile, mentre i big data analytics consentono di analizzare pattern e migliorare costantemente i processi.



Risulta evidente quindi come questa convergenza tra automazione e ICT non sia più un'opzione, ma una necessità per garantire conformità normativa e tutela dei consumatori, oltretutto competitività sul mercato globale.

Al fine di circoscrivere i concetti sopra espressi, di seguito si riportano cenni di applicazione sulla tematica della sicurezza in alcuni settori merceologici.



Un'applicazione particolarmente rilevante di soluzioni ICT è nel settore automotive ove vi è utilizzo diffuso di sistemi robotici, anche collaborativi (cobot), utilizzati nelle linee di produzione ed assemblaggio, e di applicazioni complesse nel prodotto. Nel caso dei cobot, rispetto ai robot industriali tradizionali che operano in gabbie di sicurezza isolate, vi è una complessità in più dato che questi lavorano insieme ad operatori umani condividendo lo stesso spazio di lavoro; in questo caso si devono implementare le modalità operative collaborative definite dagli standard: arresto monitorato di sicurezza (safety-rated monitored stop), guida manuale (hand guiding), monitoraggio di velocità e separazione (speed and separation monitoring), e limitazione di potenza e forza (power and force limiting). Nelle moderne linee di assemblaggio automobilistico, i cobot vengono utilizzati per operazioni come l'installazione di componenti pesanti, l'applicazione di sigillanti, e operazioni di

picking and placing operanti grazie a sistemi di visione artificiale 3D che monitorano continuamente la presenza e la postura degli operatori, modulando dinamicamente la velocità e la forza del robot in base alla distanza rilevata. Questi sistemi utilizzano tecnologie di edge computing per garantire tempi di risposta nell'ordine dei millisecondi, essenziali per la sicurezza in applicazioni collaborative.

Il prodotto realizzato, le automobili, oggi rappresenta uno degli ambiti più sfidanti per l'ingegnere dell'informazione, dove la crescente elettrificazione e automazione dei veicoli, fino ad arrivare ai sistemi di guida autonoma, ha portato ad un incremento esponenziale della complessità dei sistemi di sicurezza, come i sistemi di frenata automatica d'emergenza o i sistemi di controllo dello sterzo degli Advanced Driver Assistance Systems (ADAS), e dell'infotainment, tra loro sempre più interconnessi. Vi sono infatti applicazioni diffuse sempre più complesse di soluzioni ICT, con normative e standard che coprono l'intero ciclo di vita del veicolo, dalla fase di concept fino alla dismissione. Un esempio concreto è rappresentato dai sistemi ADAS, che includono funzionalità come il mantenimento di corsia, l'adattamento automatico della velocità di crociera e il rilevamento di pedoni. Per questi sistemi, si devono progettare architetture ridondanti che garantiscano il funzionamento sicuro anche in caso di guasto di componenti critici; le implementazioni moderne utilizzano processori dedicati con capacità di elaborazione in tempo reale, algoritmi di visione artificiale basati su reti neurali convoluzionali, e sensori multipli (telecamere, radar, lidar) con fusione dei dati per aumentare l'affidabilità. Indice dell'aumento di complessità è anche l'aumento dei costi dell'elettronica automobilistica, che sono passati dal 5% del costo totale del veicolo negli anni '70 al 35% nel 2010, con alcune proiezioni di mercato che indicano addirittura il raggiungimento del 50% entro il 2030.

Nel settore alimentare, l'ingegnere dell'informazione affronta sfide uniche, ancor più complesse del settore automotive, legate alla necessità di garantire simultaneamente la sicurezza del prodotto, la sicurezza degli operatori e la conformità a normative rigorose come il sistema HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points), il Food Safety Modernization Act (FSMA) negli Stati Uniti, e gli standard GFSI (Global Food Safety Initiative).



I sistemi di controllo (PLC) utilizzati nell'industria alimentare devono essere progettati per operare in ambienti con requisiti igienici estremi, resistendo a lavaggi ad alta pressione e temperature, agenti chimici aggressivi e condizioni di umidità elevata. Devono essere utilizzate componenti informatiche con certificazioni appropriate, come pannelli di controllo ad esempio con grado di protezione NEMA 4X e certificazioni UL508A, progettati specificamente per applicazioni in ambienti "washdown". Un aspetto fondamentale è l'automazione dei Punti Critici di Controllo (CCP) definiti nei piani HACCP. Il sistema di controllo deve monitorare continuamente parametri critici come, ad esempio, temperature di pastorizzazione, pH, concentrazioni di sostanze chimiche nei processi di sanificazione, e tempi di esposizione termica. Devono essere progettate logiche di controllo che valutano in tempo reale questi parametri rispetto ai limiti critici definiti nel piano HACCP, generando allarmi immediati per le deviazioni e attivando automaticamente azioni correttive. Per esempio, in un impianto di pastorizzazione del latte, il sistema monitora continuamente la temperatura del prodotto; se la temperatura scende al di sotto della soglia critica (tipicamente 72°C per la pastorizzazione HTST - High Temperature Short Time), il sistema deve immediatamente deviare il prodotto verso un circuito di ricircolo, impedendo che latte non pastorizzato adeguatamente raggiunga la fase di confezionamento.

Contemporaneamente, si deve registrare l'evento con timestamp preciso, identificare il lotto di prodotto interessato, e documentare le azioni correttive intraprese, creando automaticamente la tracciabilità richiesta dalle normative.

L'integrazione di sistemi SCADA nell'industria alimentare fornisce uno strumento potente per garantire la sicurezza attraverso la supervisione centralizzata e il controllo in tempo reale. I sistemi SCADA aggregano dati da numerosi PLC distribuiti lungo le linee di produzione, fornendo agli operatori dashboard intuitive che visualizzano lo stato di tutti i parametri critici di sicurezza alimentare. Un'applicazione tipica è il monitoraggio delle temperature nelle celle frigorifere e nei processi di raffreddamento rapido. Il sistema raccoglie dati da sensori di temperatura distribuiti, confronta i valori con le soglie definite dalle normative (per esempio, la "danger zone" di 4-60°C dove i batteri possono proliferare rapidamente), e genera allarmi istantanei per deviazioni che potrebbero compromettere la sicurezza del prodotto. Il sistema mantiene registri automatici completi di tutte le misurazioni, essenziali per dimostrare la conformità durante gli audit.

Inoltre, l'ingegnere dell'informazione progetta anche l'automazione completa dei sistemi CIP (Clean-in-Place), che garantiscono la pulizia e sanificazione delle apparecchiature

senza smontaggio. Le sequenze CIP devono essere eseguite con precisione rigorosa: concentrazioni specifiche di detergenti e disinfettanti, temperature controllate, tempi di contatto definiti e velocità di flusso appropriate. Il sistema di controllo automatizza questi parametri, eliminando la variabilità associata alle operazioni manuali e garantendo standard di igiene consistenti.

identificazione automatica come codici QR, codici a barre DataMatrix, e tag RFID per associare univocamente ogni unità di prodotto o lotto ai dati di processo. Il sistema di controllo registra automaticamente informazioni come l'origine delle materie prime, i parametri di processo a cui il prodotto è stato sottoposto, i risultati dei test di qualità, e i dettagli di confezionamento e



Figura 3

Un aspetto innovativo è l'integrazione di sistemi di intelligenza artificiale per il monitoraggio della qualità in tempo reale. Utilizzando visione artificiale e algoritmi di machine learning, i sistemi possono ispezionare automaticamente caratteristiche come il livello di riempimento dei contenitori, l'integrità delle sigillature, la corretta applicazione delle etichette e la presenza di contaminanti fisici. Questi sistemi operano a velocità di produzione completa, ispezionando ogni singolo prodotto con accuratezza superiore agli operatori umani, e possono essere integrati con sistemi di reject automatici che scartano i prodotti non conformi. Vi sono poi requisiti aggiuntivi di tracciabilità per alimenti ad alto rischio, imponendo la registrazione di Key Data Elements (KDE) in ogni Critical Tracking Event (CTE) lungo la supply chain; devono quindi essere progettati sistemi che catturino e gestiscano automaticamente questi dati, implementando tracciabilità bidirezionale completa dal campo al consumatore finale. I sistemi moderni utilizzano tecnologie di

spedizione. In caso di richiamo di prodotto, questa tracciabilità digitale permette di identificare con precisione tutti i lotti interessati in pochi minuti, minimizzando l'estensione del richiamo e i costi associati. L'implementazione di queste soluzioni richiede all'ingegnere dell'informazione di integrare sistemi MES (Manufacturing Execution System) con i livelli inferiori di controllo PLC/SCADA ed i sistemi ERP (Enterprise Resource Planning) aziendali, creando un flusso di informazioni continuo e bidirezionale che supporta decisioni basate su dati in tempo reale.

Il settore degli elettrodomestici rappresenta un ulteriore ambito dove l'ingegnere dell'informazione gioca un ruolo cruciale nella garanzia della sicurezza, sia per quanto riguarda la sicurezza degli operatori durante la produzione, sia per la sicurezza funzionale dei prodotti finali che entreranno nelle case dei consumatori. Come per gli altri settori, anche la produzione di elettrodomestici ha visto una trasformazione significativa con

L'adozione di tecnologie Industry 4.0. Le moderne linee di assemblaggio integrano robot industriali, sistemi di visione artificiale, sensori IoT distribuiti e piattaforme di analisi dati, creando "smart factory" dove ogni fase produttiva è digitalizzata e monitorata. La flessibilità poi è ormai diventata un imperativo; vengono progettati sistemi di automazione flessibili che possono rapidamente adattarsi a cambiamenti nel mix di prodotti come, per esempio, una linea di assemblaggio di lavatrici che deve poter gestire varianti multiple (diversi modelli, capacità, caratteristiche) con tempi di changeover minimi. Questo richiede sistemi di controllo altamente configurabili, con ricette di produzione digitali che definiscono tutti i parametri operativi per ciascuna variante di prodotto, e sistemi di identificazione automatica che riconoscono il modello specifico in lavorazione per applicare la ricetta corretta.

Un aspetto critico è la sicurezza funzionale dei sistemi di controllo che supervisionano operazioni potenzialmente pericolose. Per esempio, nella produzione di forni si devono progettare interlock di sicurezza che impediscano l'apertura delle porte durante i test ad alta temperatura, sensori di presenza che arrestino i movimenti pericolosi quando gli operatori entrano in zone protette, e sistemi di ventilazione d'emergenza che si attivino automaticamente in caso di rilevamento di fumi o gas.

Nelle linee di assemblaggio di elettrodomestici, l'utilizzo di robot industriali per operazioni come saldatura, verniciatura, movimentazione di componenti pesanti e assembly è ormai consolidato. L'ingegnere dell'informazione deve garantire che questi sistemi robotici operino in modo sicuro, implementando molteplici livelli di protezione conformi agli standard internazionali; i sistemi di sicurezza moderni utilizzano un approccio basato su calcoli di stop-time, determinando quanto rapidamente il robot può rilevare la presenza di una persona e arrestarsi completamente prima che possa verificarsi un contatto pericoloso. Questi calcoli considerano la massa e la velocità del robot, le caratteristiche dei sistemi di frenata, i tempi di risposta dei sensori e dei sistemi di controllo, e i margini di sicurezza richiesti dalle normative. L'implementazione pratica prevede l'utilizzo di sensori multipli e ridondanti. Scanner laser di sicurezza creano zone di protezione configurabili intorno al robot, mentre barriere fotoelettriche

certificate per applicazioni safety-critical (tipicamente SIL 2 o SIL 3) proteggono i punti di accesso alle celle robotizzate. I PLC di sicurezza elaborano i segnali da questi sensori e possono comandare l'arresto del robot con latenze certificate inferiori a pochi millisecondi. Un'innovazione recente è l'integrazione di sistemi di visione artificiale 3D per il monitoraggio comportamentale degli operatori. Questi sistemi, basati su tecnologie come Time-of-Flight cameras o stereo vision, possono distinguere tra movimenti normali e comportamenti potenzialmente pericolosi, adattando dinamicamente le zone di protezione e fornendo avvisi preventivi prima che l'operatore raggiunga effettivamente una zona pericolosa.

Un aspetto spesso sottovalutato, ma fondamentale, è il ruolo dell'automazione nella prevenzione degli infortuni legati all'ergonomia. Nella produzione di elettrodomestici molte operazioni richiedono la movimentazione di componenti pesanti o l'esecuzione di compiti ripetitivi che possono causare disturbi muscoloscheletrici; per prevenire ciò vi sono ormai le prime applicazioni di sistemi che automatizzano le operazioni più gravose o ergonomicamente problematiche. Per esempio, sistemi di avvitatura automatica con controllo elettronico della coppia eliminano lo sforzo ripetitivo degli operatori e garantiscono simultaneamente la corretta applicazione delle coppie specificate, critica per la sicurezza del prodotto finale; sistemi di *screw feeding* automatici posizionano le viti nella posizione esatta senza che l'operatore debba manipolarle manualmente, mentre i sistemi di sollevamento assistito, controllati da PLC e dotati di sensori di forza, permettono agli operatori di movimentare componenti pesanti come pannelli laterali di frigoriferi o cestelli di lavatrici con sforzo minimo, riducendo drasticamente il rischio di infortuni da sollevamento.

In generale, in tutti i settori la crescente connettività degli impianti di produzione, con l'integrazione di sistemi MES, collegamenti a sistemi cloud per manutenzione predittiva e monitoraggio remoto, e l'utilizzo di dispositivi IoT, ha amplificato l'importanza della cybersecurity industriale.

L'ingegnere dell'informazione deve implementare architetture di rete segmentate conformi allo standard IEC 62443, che stabilisce requisiti specifici per la sicurezza dei sistemi di automazione e controllo

industriale. L'approccio prevede la creazione di zone di sicurezza con livelli di protezione differenziati: i sistemi critici di controllo operano in zone altamente protette con accesso estremamente limitato, mentre i sistemi di livello superiore (MES, SCADA, server) operano in zone intermedie con controlli appropriati, e i collegamenti alle reti aziendali o a internet avvengono attraverso DMZ (Demilitarized Zones) con firewall industriali e sistemi di ispezione del traffico.

Ma oltre ciò, è la gestione sicura degli aggiornamenti firmware dei dispositivi embedded che rappresenta una sfida particolare in quanto si devono implementare meccanismi di secure boot che verificano la firma digitale del firmware prima dell'esecuzione, impedendo l'installazione di codice non autorizzato o modificato da attaccanti. Inoltre, sistemi di distribuzione automatica degli aggiornamenti devono bilanciare la necessità di mantenere i dispositivi aggiornati contro le vulnerabilità emergenti con i requisiti di continuità operativa, tipicamente implementando finestre di manutenzione programmate e procedure di rollback automatico in caso di problemi. Altrettanto importante è implementare pratiche di sviluppo sicuro, gestione rigorosa delle chiavi crittografiche, e infrastrutture a chiave pubblica (PKI) per garantire l'autenticità del software lungo l'intera supply chain.

La sicurezza è oramai imprescindibile anche in conseguenza della necessità di rispetto della normativa NIS2, che obbliga alla resilienza cibernetica delle infrastrutture e dei servizi essenziali.

Da ultimo si deve anche tenere conto del regolamento generale sulla protezione dei dati (GDPR), che impone vincoli sulla raccolta e gestione di informazioni quando i sistemi di automazione includono monitoraggio degli operatori o raccolta di dati che potrebbero essere ricondotti a persone specifiche: si deve implementare il principio di privacy by design, minimizzando la raccolta di dati personali ed eventualmente implementando tecniche di anonimizzazione e pseudonimizzazione quando appropriato.

In conclusione, il ruolo dell'ingegnere dell'informazione nell'automatizzazione delle industrie e dei prodotti è evoluto da quello di semplice implementatore di sistemi software applicativi e di controllo a quello di garante multidimensionale della sicurezza collettiva. Attraverso l'applicazione di standard internazionali e tecnologie diffuse, questi professionisti garantiscono che i processi produttivi siano efficienti e, come per i prodotti realizzati, siano sicuri e conformi alle normative.

Gli esempi concreti riportati in sintesi in questo articolo dimostrano come l'ingegneria



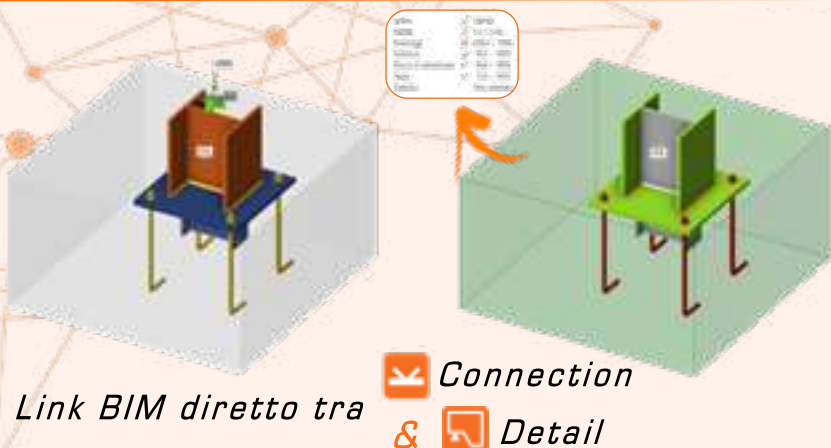
Figura 4

dell'informazione sia fondamentale per la tutela della sicurezza delle persone, sia degli operatori negli impianti di produzione, sia dei consumatori finali dei prodotti realizzati.

Le tendenze emergenti come l'intelligenza artificiale applicata alla manutenzione predittiva e al controllo qualità, il 5G industriale per comunicazioni ultra-affidabili a bassa latenza, i digital twin per la validazione virtuale dei sistemi di sicurezza e di produzione e la computazione quantistica per la crittografia promettono ulteriori rivoluzioni. Per questo è necessario un continuo aggiornamento sviluppando sempre più nuove competenze, come ad esempio in aree quali l'explainable AI per sistemi safety-critical, la sicurezza delle reti wireless di nuova generazione e la resilienza di sistemi cyber-fisici complessi. Ciò in quanto la sicurezza non è un obiettivo statico, ma un processo continuo di miglioramento, dove l'ingegnere dell'informazione gioca un ruolo insostituibile nel proteggere vite umane, ambiente e infrastrutture critiche attraverso l'applicazione rigorosa di metodologie scientifiche, standard internazionali e innovazione tecnologica responsabile. La collettività dipende sempre più da questi professionisti che garantiscono che i sistemi complessi che alimentano la nostra società industriale operino in modo sicuro, affidabile e resiliente.

## Il nuovo strumento rivoluzionario per la progettazione 3D

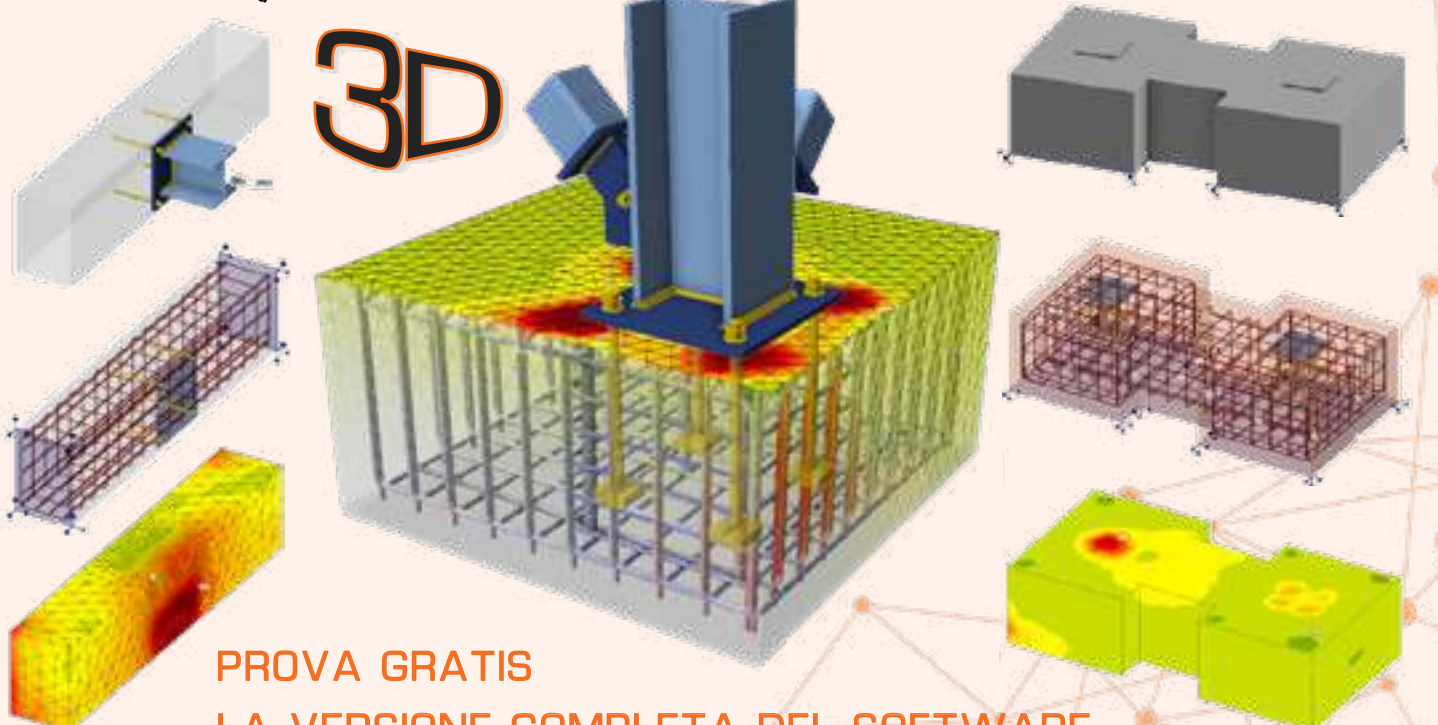
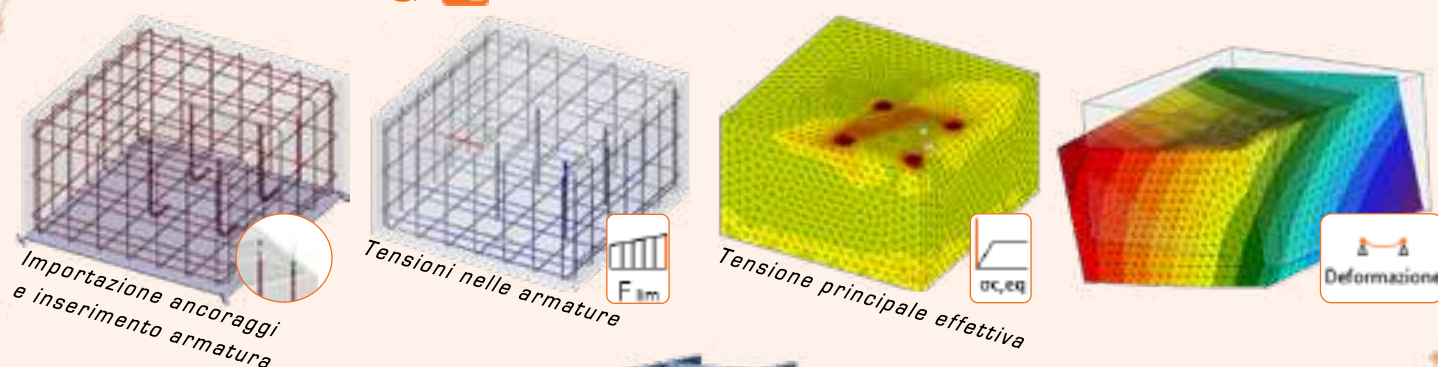
Metodo di calcolo validato: *Compatible stress field method (CSFM)*



### Verifiche complete del blocco di fondazione con IDEA Detail

È possibile completare la **verifica della fondazione** grazie all'**esportazione del blocco di calcestruzzo in IDEA StatiCa Detail**, applicazione dedicata al progetto e alla verifica delle zone di discontinuità del calcestruzzo.

Gli ancoraggi che potrebbero non risultare verificati in **IDEA Connection** a causa della non considerazione dell'armatura del blocco di calcestruzzo non saranno più un problema.



**EISEKO**

[www.eiseko.it](http://www.eiseko.it)



**INQUADRA IL QR CODE E SCOPRI  
L'OFFERTA RISERVATA AI LETTORI**

EISEKO COMPUTERS S.r.l.

Viale del Lavoro 22/D, 37036 San Martino B. A. (VR)

+39 045 80 31 894

[idea@eiseko.it](mailto:idea@eiseko.it)

# L'Ingegnere Forense e la prova tecnica nei processi

**PAOLO REALE**

Ingegnere elettronico e consulente tecnico informatico forense

---

**N**ell'ambito di un procedimento giudiziario l'accertamento dei fatti oggetto di contenzioso, o correlati alla commissione di un reato, rappresenta uno degli elementi fondamentali per garantire decisioni giuste e fondate. Nella società contemporanea la ricostruzione degli eventi richiede sempre più spesso la comprensione di fenomeni tecnici complessi: il comportamento di una struttura, il funzionamento di un impianto industriale, la dinamica di un incidente, l'origine di un incendio o l'analisi di dati generati da sistemi informatici e reti di telecomunicazioni. In questi contesti il sistema giudiziario si avvale del contributo di figure professionali altamente specializzate, tra le quali

l'ingegnere forense svolge un ruolo la cui rilevanza appare cruciale.

L'ingegneria forense rappresenta infatti l'applicazione delle competenze tecniche e del metodo scientifico all'analisi di eventi oggetto di accertamento giudiziario. L'ingegnere forense è chiamato a ricostruire fenomeni, individuare cause, valutare eventuali responsabilità tecniche e fornire interpretazioni fondate su dati oggettivi e su metodologie verificabili. Il suo compito non consiste nel sostenere una tesi preconstituita, ma nel contribuire alla comprensione tecnica dei fatti, traducendo fenomeni complessi in valutazioni comprensibili e controllabili nel contesto processuale.



Si tratta di un'attività che richiede non solo competenze tecniche approfondite, ma anche una forte attenzione al metodo, alla documentazione delle analisi e alla possibilità di verifica da parte di altri esperti. In ambito giudiziario, infatti, ogni valutazione tecnica deve poter essere discussa e analizzata nel contraddittorio tra le parti, nel rispetto dei principi di trasparenza e ripetibilità che caratterizzano l'approccio scientifico.

L'ingegneria forense si articola in numerosi ambiti disciplinari, che riflettono la varietà delle applicazioni dell'ingegneria nella società moderna. Nel settore dell'ingegneria civile e strutturale, ad esempio, gli esperti possono essere chiamati a indagare le cause di crolli o dissesti di edifici e infrastrutture, a valutare il comportamento di strutture sottoposte a sollecitazioni eccezionali oppure a verificare la conformità di opere e progetti alle normative tecniche.

Un altro ambito tradizionale riguarda l'analisi di incidenti e malfunzionamenti di macchinari o impianti industriali. In questi casi l'ingegnere forense può essere chiamato a ricostruire la sequenza degli eventi che ha portato ad un guasto o ad un incidente sul lavoro, valutando il funzionamento delle apparecchiature, le condizioni operative e il rispetto delle norme di sicurezza.



Nel sistema giudiziario italiano il contributo degli ingegneri si concretizza attraverso diverse figure previste dall'ordinamento: il consulente tecnico d'ufficio nominato dal giudice, il consulente tecnico di parte e il perito nominato nel procedimento penale.

In tutti questi casi l'ingegnere è chiamato non soltanto a svolgere analisi tecniche complesse, ma anche a tradurne i risultati in un linguaggio comprensibile per i soggetti coinvolti nel processo. La chiarezza espositiva rappresenta infatti un elemento essenziale del lavoro del consulente tecnico: le conclusioni dell'analisi devono essere illustrate in modo tale da consentire al giudice di comprendere il significato dei dati tecnici e di valutarne correttamente la portata ai fini della decisione.

Negli ultimi decenni, accanto a questi ambiti consolidati, si è sviluppata con grande rapidità una nuova area dell'ingegneria forense legata alle tecnologie dell'informazione e delle comunicazioni: la *digital forensics*, o informatica forense. La diffusione capillare di dispositivi digitali ha infatti trasformato profondamente non solo il modo in cui vengono prodotte, conservate e scambiate le informazioni, ma anche la tipologia stessa di informazione che può essere recuperata, anche "in eccesso", in quanto tramite i dati presenti nei dispositivi personali è possibile la ricostruzione di moltissimi aspetti legati proprio alla vita delle persone.

Questa trasformazione ha avuto un impatto diretto anche sull'attività investigativa e giudiziaria. In un numero crescente di procedimenti, le informazioni digitali rappresentano una componente centrale della ricostruzione dei fatti. Messaggi scambiati attraverso applicazioni di comunicazione, registri di accesso ai sistemi informatici, dati di localizzazione dei dispositivi, cronologie di utilizzo e metadati dei file possono fornire indicazioni preziose sugli eventi oggetto di indagine.

La presenza di queste informazioni, tuttavia, non coincide automaticamente con la loro corretta interpretazione. I dati digitali presentano caratteristiche peculiari che richiedono competenze tecniche specifiche per essere analizzati in modo affidabile.

A differenza di molte evidenze tradizionali (DNA, residui di materiale, etc.), i dati informatici possono essere duplicati in modo identico all'originale, ma allo stesso tempo possono essere alterati con estrema facilità



se non vengono adottate procedure corrette di acquisizione e conservazione. Per questo motivo l'informatica forense ha sviluppato nel tempo metodologie specifiche che consentono di acquisire copie forensi dei dati, preservandone l'integrità attraverso l'utilizzo di strumenti certificati e procedure documentate.

Un altro settore di grande rilevanza è quello delle comunicazioni telefoniche e delle reti mobili. I dati generati dalle infrastrutture di telecomunicazione, come i tabulati di traffico telefonico e telematico, e le informazioni relative alle celle radio utilizzate dai dispositivi, possono fornire indicazioni utili sulla presenza di un telefono in una determinata area geografica in un certo momento.

L'analisi di tali informazioni consente inoltre di ricostruire i contatti intercorsi tra diverse utenze telefoniche, individuare le relazioni tra soggetti e, in molti casi, identificare i terminali utilizzati per effettuare determinate comunicazioni. Attraverso l'esame combinato dei dati di traffico, degli identificativi dei dispositivi e delle informazioni di rete è infatti possibile delineare nel tempo le modalità di utilizzo delle utenze telefoniche, evidenziando eventuali schemi ricorrenti di comunicazione o collegamenti tra diversi dispositivi, oltre agli stessi spostamenti fisici.

L'integrazione di questi dati con le informazioni temporali associate agli eventi consente inoltre di ricostruire la sequenza cronologica delle comunicazioni e di collocare nel tempo determinate attività, contribuendo alla ricostruzione complessiva degli eventi oggetto di indagine.

Tuttavia, tali informazioni devono essere interpretate con cautela, tenendo conto delle modalità di funzionamento delle reti di telecomunicazione. La connessione di un dispositivo ad una determinata cella radio non dipende esclusivamente dalla distanza geografica, ma anche da numerosi fattori tecnici quali la configurazione della rete, le condizioni di propagazione del segnale e la gestione del traffico da parte dell'operatore. Per questa ragione l'analisi dei dati di traffico telefonico richiede competenze ingegneristiche specifiche nel campo delle telecomunicazioni.

Analogamente, nei sistemi informatici aziendali o nei servizi online, i cosiddetti log di sistema registrano eventi quali accessi, operazioni effettuate dagli utenti o comunicazioni tra dispositivi. L'analisi di queste registrazioni può consentire di ricostruire attività svolte su un sistema informatico, individuando eventuali accessi non autorizzati.

Tali informazioni risultano spesso fondamentali nell'ambito delle indagini relative a reati informatici, quali accesso abusivo a sistemi informatici, frodi informatiche, sottrazione o diffusione illecita di dati, danneggiamento di sistemi o interruzione di servizi digitali. Allo stesso tempo, l'analisi dei log rappresenta uno strumento importante anche nelle attività di sicurezza informatica svolte in ambito aziendale, ad esempio per individuare incidenti di sicurezza, ricostruire la dinamica di attacchi informatici o verificare l'eventuale compromissione di sistemi e reti.

Anche in questi contesti il contributo dell'ingegnere forense risulta determinante, poiché l'interpretazione corretta dei dati registrati nei sistemi richiede la conoscenza delle architetture informatiche, delle modalità di funzionamento delle reti e delle tecniche utilizzate negli attacchi informatici.

Il contributo dell'ingegnere forense in questo ambito deve affrontare quindi due sfide importanti, in un contesto di rapidissimo cambiamento dei dispositivi ed evoluzione delle tecnologie dell'ICT:

- l'estrazione o acquisizione del dato informatico presente sui dispositivi, o in rete, per sua natura immateriale e fragile, rendendolo immodificabile in modo da cristallizzarlo ai fini della sua analisi;
- la sua interpretazione, attraverso l'applicazione del metodo scientifico e l'analisi critica, in modo da trasformare dati complessi in elementi di conoscenza utilizzabili nel processo.

Un ulteriore aspetto centrale nell'attività dell'ingegnere forense riguarda la documentazione delle operazioni svolte. Ogni fase dell'analisi tecnica – dall'acquisizione dei dati alla loro elaborazione e interpretazione – deve essere accuratamente registrata e descritta, in modo da consentire la ricostruzione delle procedure adottate e la verifica dei risultati ottenuti. Questa tracciabilità delle operazioni rappresenta uno degli elementi che distinguono l'analisi forense da una generica attività tecnica, poiché garantisce la trasparenza del processo di analisi e la possibilità di controllo da parte degli altri soggetti coinvolti nel procedimento.



La crescente disponibilità di dati digitali rappresenta una delle trasformazioni più profonde delle modalità di accertamento dei fatti nel sistema giudiziario contemporaneo. In questo contesto l'ingegnere forense assume un ruolo di particolare responsabilità: applicare il metodo scientifico all'analisi dei dati e dei sistemi tecnologici, trasformando informazioni complesse in elementi di conoscenza verificabili.

Attraverso questo lavoro di interpretazione tecnica e di rigore metodologico, l'ingegnere forense, con il proprio apporto professionale, contribuisce al più ampio sistema di garanzie che presiede al corretto svolgimento del processo.



# Oltre l'accessibilità: l'ingegnere come garante di autonomia e libertà

**ALESSANDRO ONALI**

Consigliere dell'Ordine di Cagliari e membro del Gruppo di lavoro del CNI  
"Ingegneria dell'inclusione e delle disabilità"

---

**C'**è un momento preciso in cui l'ingegneria smette di essere soltanto calcolo, norma tecnica, disegno esecutivo, garanzia di sicurezza, innovazione tecnologica. È il momento in cui ci si accorge che dietro ogni progetto c'è una persona. Non un utente astratto, non una categoria statistica, ma una vita concreta, con desideri, fragilità, aspirazioni, diritti. Immaginiamo una casa appena ultimata e pronta per essere acquistata. Gli spazi sono stati progettati con rigore, le dimensioni rispettano i parametri, gli impianti funzionano perfettamente. Eppure, per chi si muove

su una sedia a ruote, quella stessa casa può trasformarsi in un percorso ad ostacoli invisibili: una soglia di pochi centimetri, una porta troppo pesante, un interruttore collocato fuori portata. Nulla di macroscopico, nulla che violi formalmente una prescrizione. Ma abbastanza per sottrarre autonomia, abbastanza per non poterla acquistare senza dover intervenire, abbastanza per deludere aspettative. È in questi dettagli che si misura la differenza tra un ambiente semplicemente costruito e un ambiente realmente abitabile da tutti. E questo è soltanto uno degli innumerevoli esempi che fotografano scene di vita reale.



«La libertà è come l'aria: ci si accorge di quanto vale quando comincia a mancare». Con queste parole, Piero Calamandrei ricordava che i diritti non sono conquiste statiche, ma condizioni vitali che spesso diamo per scontate finché un ostacolo non ne impedisce l'esercizio. Per milioni di persone, tuttavia, quell'"aria" è resa rarefatta da barriere fisiche, digitali e sistemiche che limitano la capacità di agire, scegliere e partecipare. Per troppo tempo la disabilità è stata letta esclusivamente attraverso la lente della patologia, come se fosse una caratteristica intrinseca e immutabile della persona. Oggi sappiamo che non è così. È l'ambiente, quando non è pensato per includere, a generare la condizione di svantaggio. Una scala senza alternativa non è neutra: è una barriera. Un sito web non navigabile con tecnologie assistive non è soltanto mal progettato: è una porta chiusa. Progettare un ambiente inaccessibile, un prodotto "non usabile", un servizio "non fruibile", non è solo un errore tecnico, è una forma di "asfissia" sociale. L'ingegnere diventa così, colui che trasforma i fattori ambientali da barriere a facilitatori. Tale responsabilità trova fondamento nell'articolo 3 della Costituzione italiana, il cui secondo comma attribuisce alla Repubblica il compito di rimuovere gli ostacoli economici e sociali che, di fatto, limitano la libertà e l'eguaglianza dei cittadini e impediscono il pieno sviluppo della persona. **Progettare in modo inclusivo significa tradurre questo principio di uguaglianza sostanziale in soluzioni materiali e digitali, trasformando il diritto riconosciuto in possibilità effettiva.**

La medesima impostazione è ribadita a livello internazionale dall'articolo 9 della Convenzione delle Nazioni Unite sui diritti delle persone con disabilità, ratificata dall'Italia con la legge n. 18/2009, che identifica nell'accessibilità la condizione preliminare per una vita indipendente e per la piena partecipazione sociale. L'accessibilità non costituisce una misura opzionale, ma un requisito strutturale che investe trasporti, edifici, infrastrutture e tecnologie dell'informazione. Se accettiamo questa prospettiva, cambia radicalmente anche il ruolo dell'ingegnere. Non siamo più soltanto progettisti di strutture o sistemi, ma costruttori di possibilità. Ogni scelta tecnica incide sul grado di autonomia che una persona potrà esercitare nella propria vita quotidiana. L'autonomia, infatti, non è un concetto astratto. È la possibilità di uscire di casa senza dipendere da qualcuno. È poter prendere un autobus, lavorare, fare sport, accedere al mare, partecipare a una riunione, navigare su una piattaforma digitale senza chiedere aiuto. È, in definitiva, la condizione concreta che rende effettiva la libertà.

Perché questo accada, come ingegneri possiamo agire su tre dimensioni strettamente intrecciate: l'accessibilità, l'assistenza, gli ausili. L'accessibilità è la prima soglia. È l'eliminazione delle barriere fisiche e digitali che impediscono l'ingresso nello spazio sociale. Quando un edificio, un mezzo di trasporto, una piazza, un portale online sono progettati secondo criteri inclusivi, si compie un atto di giustizia



silenzioso ma potente: si riconosce che quello spazio appartiene a tutti. Ma anche in un ambiente pienamente accessibile, possono permanere esigenze di supporto. Qui entra in gioco l'assistenza, che deve essere dignitosa, equa, responsabile. Non un favore concesso, ma un servizio strutturato, organizzato con criteri di qualità e sostenibilità, capace di rispettare la persona nella sua interezza. Assistenza, che in questo contesto non può essere ridotta a una nozione univoca. Questa comprende certamente l'assistenza umana, fondata sulla relazione, sulla prossimità, sulla capacità di comprendere bisogni che non sono solo funzionali ma anche emotivi e relazionali. In Italia, questa dimensione è spesso affidata alla figura del caregiver familiare, che si fa carico quotidianamente della cura, talvolta in assenza di adeguati sostegni strutturali. È una responsabilità silenziosa, che comporta impegno fisico, carico psicologico e sacrificio personale.

Tuttavia, l'assistenza non si esaurisce nella presenza umana. L'ingegneria è oggi in grado di offrire forme di assistenza tecnologica avanzata attraverso la robotica assistenziale, i sistemi domotici intelligenti, i dispositivi di monitoraggio e supporto alle attività della vita quotidiana. Un braccio robotico che aiuta nei movimenti, un sistema automatizzato che facilita l'alzata dal letto, sensori che prevenivano cadute o segnalano situazioni di emergenza non sostituiscono la relazione umana, ma la integrano e la rafforzano. Consentono alla persona di

mantenere maggiore autonomia e, al tempo stesso, alleggeriscono il carico del caregiver, offrendo sollievo concreto e riducendo il rischio di isolamento e sovraccarico. In questa prospettiva, la tecnologia non è fredda sostituzione dell'umano, bensì strumento di inclusione e di equilibrio. Essa permette di redistribuire le responsabilità, di garantire maggiore sicurezza, di sostenere la permanenza nel proprio ambiente di vita. E soprattutto, consente di preservare la qualità della relazione, sottraendola alla dimensione esclusiva della fatica e restituendole uno spazio di affettività e condivisione.

Accanto all'assistenza, vi sono gli ausili: tecnologie, dispositivi, soluzioni progettuali che amplificano le capacità individuali e riducono la necessità di interventi esterni. Una protesi evoluta, un sistema domotico intelligente, un'interfaccia digitale accessibile non sono semplici strumenti: sono ponti verso l'autonomia. Quanto più l'ausilio è ben progettato e integrato nell'ambiente, tanto più si riduce la dipendenza da un'assistenza continuativa. L'ingegneria, in verità, dispone già di molte delle soluzioni necessarie nei tre ambiti dell'autonomia. Le tecnologie esistono. I materiali, i software, i modelli di progettazione inclusiva sono disponibili. La vera sfida non è inventare ogni volta qualcosa di nuovo, ma mettere a sistema ciò che già sappiamo fare, integrando competenze, normative, sensibilità progettuale e capacità di personalizzazione. Questo non vuol dire mettere un freno al progresso scientifico e tecnologico, anzi



significa accelerarlo mantenendo la capacità di governare le profonde transizioni in atto affinché tali transizioni non diventino discriminanti. L'innovazione, per potersi definire realmente sostenibile, deve necessariamente essere inclusiva. Non può limitarsi a produrre avanzamento tecnologico o crescita economica: deve generare opportunità diffuse, accessibili e condivise.

È qui che si gioca la responsabilità più alta della nostra professione. Rendere accessibile una singola abitazione è un risultato importante, ma insufficiente se il quartiere non è collegato da trasporti fruibili, se le strutture sportive restano inaccessibili, se l'accesso al mare – magari per praticare la vela – è impedito da percorsi impraticabili o servizi assenti. L'autonomia non è un fatto parziale: è un ecosistema. Ogni segmento deve dialogare con l'altro. Casa, città, mobilità, tecnologia digitale, tempo libero. Quando uno solo di questi elementi viene trascurato, l'intero sistema si incrina e la persona torna a dipendere da altri per esercitare diritti che dovrebbero essere universali. In questo orizzonte, l'ingegnere non è un mero esecutore di prescrizioni normative. È, in una certa misura, un garante. Ogni progetto può contribuire ad attuare concretamente il principio di uguaglianza sostanziale, quella promessa che impone di rimuovere gli ostacoli che limitano di fatto la libertà e la partecipazione. Il rispetto della norma è condizione necessaria, ma non più sufficiente. Occorre interiorizzare la finalità della norma, farne criterio ordinario di progettazione, anche quando l'obbligo formale non è stringente. Significa assumere l'accessibilità come standard di qualità, non come eccezione. Ci sono momenti in cui la legge cammina lentamente, attraversando commissioni, dibattiti, revisioni, mediazioni. È un percorso necessario, ma lungo. Nel frattempo, però, la vita delle persone non aspetta. Le difficoltà quotidiane non sospendono il loro peso in attesa di una norma o di una legge. Perché dietro ogni rampa ben progettata, dietro ogni sistema di assistenza integrata, dietro ogni ausilio intelligente, c'è una persona che può scegliere. E c'è, spesso, una famiglia che può tornare a vivere la cura non come solitudine, ma come relazione sostenuta. Quando una persona può scegliere, non stiamo semplicemente parlando di funzionalità tecnica. Stiamo parlando di dignità e di autodeterminazione. Scegliere una barca accessibile, prendere il largo, governarla in equipaggio o in autonomia: non è solo sport, è la libertà di scegliere l'orizzonte.

L'ingegneria, allora, diventa racconto concreto di diritti che prendono forma. Diventa strumento attraverso cui la libertà smette di essere enunciata e inizia a essere praticata. È questa la responsabilità che ci è affidata: progettare non solo strutture e sistemi, ma condizioni di autonomia condivisa. Far sì che nessuno, per una barriera evitabile o per un carico assistenziale insostenibile, debba rinunciare a una parte della propria vita. Perché una società si misura anche da questo: dalla capacità di trasformare la competenza tecnica in inclusione reale, l'inclusione reale in libertà condivisa, e la libertà condivisa in aria respirabile da tutti.

*L'Ing. Alessandro Onali, Consigliere dell'Ordine di Cagliari, è stato insignito nel 2024 dell'onorificenza di Cavaliere al Merito della Repubblica Italiana, per il suo impegno costante per favorire l'inclusione sociale, le pari opportunità e la promozione della cultura del territorio. Impegnato da sempre nel campo dell'abbattimento delle barriere architettoniche che impediscono l'accessibilità di porti e imbarcazioni e in generale dell'ambiente che ci circonda nelle sue varie dimensioni, fa parte del Gruppo di lavoro del CNI che si occupa di Ingegneria dell'inclusione e delle disabilità, oltre che delle tematiche dell'accessibilità e della progettazione universale. L'articolo indaga le verità nascoste contenute nel paradosso dell'ingegnere garante dei diritti umani fondamentali. Il contributo, delinea l'apporto indispensabile del mondo dell'ingegneria alla dimensione sociale dello sviluppo sostenibile. Partendo dall'assunto che le prestazioni professionali dell'Ingegnere devono essere svolte tenendo conto della tutela della vita e della salute dell'uomo.*

G.M.



# L'Ingegneria degli impianti industriali presidio di sicurezza

## PAOLO CALVERI

Ingegnere meccanico, docente e consulente per la Marcatura CE ed Ispezioni, Lead Auditor di Sistemi di Gestione Integrati

## ANGELO SALDUCCO

Consulente per sistemi di gestione, direttive di prodotto e conformità di macchine e impianti

**O**ggi giorno l'evoluzione tecnologica sta crescendo con rapidità sorprendente. È pertanto sotto gli occhi di tutti come occorra adeguarsi ad una serie di nuove tecnologie con nuovi requisiti, in continuo divenire. Il settore degli impianti industriali non è escluso, rappresentando uno di quelli in cui le responsabilità dei progettisti si proiettano direttamente in uno scenario di responsabilità verso la collettività, in senso 'aperto'. Infatti, gli impianti industriali costituiscono un insieme di infrastrutture, energie, sostanze, processi e persone in spazi limitati: luoghi in cui il rischio è una realtà intrinseca e, di conseguenza, la sicurezza rappresenta un requisito fondamentale per la tutela delle parti interessate (lavoratori, cittadini, ambiente e territorio). Pertanto, in questo contesto l'ingegnere, da mero progettista o gestore di sistemi complessi: può (e deve) essere considerato come un presidio di sicurezza pubblica e un garante del corretto funzionamento di infrastrutture che incidono direttamente sulla quotidianità collettiva.

Di fatto, dobbiamo considerare che le attività dell'ingegnere si estendono alla tutela del bene pubblico attraverso competenza, integrità e responsabilità sociale. In questo senso, la funzione dell'ingegnere deve garantire che le decisioni tecniche siano pertinenti e fondate su conoscenze affidabili, trasparenti e verificabili, prevenendo rischi e proteggendo la sicurezza delle persone e nel rispetto della sua deontologia che privilegia l'interesse generale rispetto a pressioni economiche o politiche.

### I fondamenti costituzionali della tutela della collettività

Facendo riferimento alla Costituzione italiana, possiamo circoscrivere un 'pacchetto' di valori entro cui si possono collocare le attività dell'ingegnere che, come è intuibile, hanno impatto sulla società. Vediamo alcuni riferimenti articoli particolarmente significativi della Costituzione, senza pretesa di carattere esaustivo:

- L'art. 4, comma 2 afferma che ogni cittadino ha il dovere di svolgere un'attività che contribuisca al progresso materiale e spirituale della società.
- L'art. 9 tutela l'ambiente, il paesaggio, la biodiversità e promuove la ricerca scientifica e tecnica.
- L'art. 41 stabilisce che l'iniziativa economica privata è libera, ma non può svolgersi in contrasto con sicurezza, libertà e dignità umana.
- L'art. 117 fa riferimento alla potestà legislativa esercitata da Stato e Regioni, nel rispetto della Costituzione e dell'ordinamento comunitario (vedi conformità degli impianti e delle attrezzature)

Si evince quindi come ogni impianto industriale debba essere progettato e gestito in modo compatibile con questi valori; l'ingegnere, quindi, contribuisce a questo progresso

A CURA DELLA REDAZIONE

## INFRASTRUTTURE INDUSTRIALI COMPLESSE TRA INNOVAZIONE E SICUREZZA

Il complesso petrolchimico raffigurato, gruppo chimico Yisheng Petrochemical Co., Ltd., situato in un contesto costiero nella Cina orientale, rappresenta un esempio emblematico di infrastruttura industriale su larga scala, in cui si concentrano **processi produttivi ad alta intensità tecnologica** e sistemi avanzati di trasformazione e stoccaggio delle risorse energetiche, con sette impianti di ossidazione termica rigenerativi (RTO), ciascuno con nove torri, purificano fino a 2,31 milioni di Nm<sup>3</sup> di aria all'ora.

La presenza di serbatoi, torri di distillazione e turbine eoliche evidenzia l'evoluzione verso **modelli energetici integrati e interconnessi**, in cui fonti tradizionali e rinnovabili coesistono all'interno dello stesso sistema infrastrutturale. In questo scenario, il ruolo dell'ingegnere diventa centrale nel garantire **sicurezza, affidabilità e controllo continuo delle condizioni operative**, contribuendo in modo concreto alla tutela della collettività e del territorio.





garantendo sicurezza, continuità produttiva e sostenibilità. Possiamo anche affermare che la sicurezza industriale diventa un vincolo inderogabile costituzionale per l'attività economica, non un vincolo burocratico.

### **Cultura tecnica come bene pubblico: etica e deontologia professionale**

Riconoscere la cultura tecnica come bene pubblico comporta l'associazione tra il 'sapere ingegneristico' e la funzione dell'ingegnere che, in questi termini, assume un ruolo strutturale nella tutela dell'interesse collettivo. Questo concetto si traspone nell'applicazione della deontologia degli ingegneri, vedi riferimento all'ultimo aggiornamento in essere del codice deontologico; una visione di alto livello vede quindi l'applicazione della deontologia non come un semplice insieme di prescrizioni comportamentali, ma come una sorta di disposto istituzionale che fonda le basi per garantisce integrità, affidabilità e accessibilità del patrimonio tecnico condiviso.

Si richiama quindi l'obbligo di competenza, aggiornamento professionale a cui siamo tenuti; questo approccio 'dinamico', proiettato nella dimensione dell'evoluzione tecnologica sempre in crescita, unitamente al rigore metodologico caratteristico della professione, permette di assicurare che le decisioni tecniche siano fondate su conoscenze solide e verificabili.

Non meno importante è il riferimento ai principi di indipendenza, trasparenza e responsabilità sociale che, correttamente calati in potenziali situazioni di conflitto di interessi, devono impedire che le attività dell'ingegnere vengano influenzate e distorte da pressioni economiche, politiche o di altro genere.

La nostra deontologia diventa così lo strumento attraverso il quale la cultura tecnica si innalza e rimane un bene comune: un sapere orientato alla sicurezza, alla prevenzione del rischio, alla sostenibilità e all'equità, reso comprensibile, per quanto possibile, e fruibile per la collettività. In questo senso, l'ingegnere non è solo un produttore di soluzioni tecniche, ma un garante della qualità e dell'integrità del sapere che sostiene il funzionamento della società contemporanea. Si pensi banalmente alle opere ingegneristiche dell'ingegneria civile e industriale, dei servizi, della manifattura, dei trasporti, degli impianti e delle attrezzature di produzione, solo per citare alcuni settori.

Possiamo fare quindi riferimento al ns Codice civile, che a livello generale distingue tra i concetti di 'obbligazione di mezzi e obbligazione di risultato'; nel nostro caso, l'obbligazione di mezzi impone all'ingegnere di operare con diligenza applicando le sue competenze tecniche, le norme e le buone pratiche dell'ingegneria per raggiungerlo. Nel contesto industriale, in sintesi, significa:

- adottare tutte le misure necessarie per prevenire rischi;
- operare con diligenza, prudenza e perizia;
- utilizzare mezzi adeguati e conformi allo stato dell'arte;
- documentare ogni scelta tecnica.

Collegandoci all'ultimo punto si completa il passaggio all'obbligazione di risultato. Si pensi, per esempio, ad una progettazione impiantistica che deve garantire che il progetto consegnato raggiunga, dopo la sua realizzazione, esattamente le prestazioni, la funzionalità e la conformità promesse e applicabili. In questo caso, possiamo dire che la responsabilità dell'ingegnere è quindi una responsabilità di processo, in senso complessivo.

Facendo un cenno alla già citata deontologia, Il Codice Deontologico degli Ingegneri definisce chiaramente i doveri dell'ingegnere. Una sintesi dei punti cruciali è la seguente:

- tutelare la vita e la salute dell'uomo (Art. 1.2);
- operare con integrità, lealtà, chiarezza e qualità (Art. 3.3);
- rifiutare incarichi senza adeguata competenza o mezzi (Art. 4.1);
- legalità (art. 5)
- aggiornarsi costantemente (Art. 7);
- tutelare collettività e territorio (Art. 18 e 19).

In definitiva, possiamo affermare che l'ingegnere custodisce e applica un sapere che è patrimonio pubblico; attraverso competenza, responsabilità e rigore metodologico, trasforma la cultura tecnica in un presidio essenziale di sicurezza, qualità e progresso per l'intera collettività.

## **L'ingegneria degli impianti industriali come responsabilità verso la collettività**

In funzione di quanto già premesso, possiamo dire che esercitare una professione, in particolare quella dell'ingegnere, significa addossarsi precise responsabilità, personali e non delegabili, nei confronti non solo del committente, ma anche della collettività e del sistema sociale complessivo. Negli impianti industriali, questa responsabilità è particolarmente evidente: il rischio non può essere considerato delegabile.

Quindi, costituendo gli impianti industriali un sistema complesso con rischi intrinseci, il ruolo dell'ingegnere assume una valenza cruciale, perché analizza i processi, interpreta segnali deboli, valuta scenari di guasto, pianifica le manutenzioni ordinarie e gestisce quelle straordinarie, definisce barriere tecniche e organizzative che impediscono l'escalation degli eventi. Ogni scelta progettuale, ogni parametro impostato, ogni procedura e istruzione operativa applicata costituisce in maniera diretta un atto di tutela verso lavoratori, ambiente e territori.

A questa responsabilità tecnica si affianca necessariamente anche l'etica professionale, che, come già anticipato nei punti precedenti, impone indipendenza di giudizio, trasparenza e rifiuto di compromessi che possano ridurre i margini di sicurezza costituendo un pericolo per tutti. L'ingegnere, in questo senso, non presidia solo la tecnica, ma la soglia stessa tra la normalità operativa e una situazione di potenziale incidente, trasformando la propria competenza e integrità in una forma concreta di protezione collettiva.

Riallacciandoci ai citati riferimenti di Costituzione, Codice civile e Codice Deontologico, completiamo la 'piramide' dei documenti applicabili delle norme imperative di legge. In particolare, i principali riferimenti legislativi applicabili nel contesto normativo nazionale sono costituiti dai testi unici 'sicurezza e ambiente', da considerarsi nelle ultime edizioni vigenti:

- D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81 ('Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro')
- D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 ('Norme in materia ambientale')

Nello specifico, facendo alcune puntualizzazioni specifiche, di seguito si riportano le peculiarità principali associate ai due testi.

---

D.Lgs. 81/08 e smi

---

Il Testo Unico Sicurezza è il riferimento centrale per la tutela dei lavoratori negli impianti industriali. L'ingegnere deve garantire che gli impianti siano:

- sicuri per la loro destinazione d'uso;
- progettati secondo la regola dell'arte;
- mantenuti in condizioni di efficienza;
- conformi alla normativa tecnica applicabile.

In sostanza, risulta vietata per legge la fabbricazione, vendita, noleggio, concessione in uso e installazione di impianti e attrezzature non conformi alle disposizioni legislative e



regolamentari vigenti, rendendo la conformità normativa un obbligo giuridico, tecnico e deontologico.

L'ingegnere, dal punto di vista deontologico, deve quindi garantire che ogni impianto sia conforme, documentato e verificabile.

---

D.Lgs. 152/06 e smi

---

Il Testo Unico Ambientale integra il quadro della responsabilità dell'ingegnere.

Gli impianti industriali devono rispettare:

- limiti emissivi;
- norme sugli scarichi idrici;
- gestione dei rifiuti;
- autorizzazioni ambientali;
- prevenzione dell'inquinamento;
- tutela del suolo e delle acque.

Anche in questo caso, il collegamento con il Codice Deontologico è evidente; infatti, si impone all'ingegnere di evitare alterazioni negative dell'ambiente e del territorio. Il D.Lgs. 152/06 trova applicazione operativa di tale approccio.

In relazione alle norme citate, possiamo quindi riassumere che l'ingegnere agisce come filtro critico dell'innovazione, valutandone gli impatti e orientandola verso soluzioni sostenibili, eque e comprensibili ma nel rispetto delle norme tecniche e giuridiche applicabili.

Si associa a questi aspetti il concetto di 'prevenzione tecnica', che deve garantire, appunto, preventivamente, un'appropriata tutela della collettività.

I termini principali di questa prevenzione sono i seguenti:

- analisi dei rischi;
- progettazione intrinsecamente sicura;
- barriere tecniche e organizzative;
- monitoraggio continuo;
- manutenzione preventiva e predittiva;

- gestione delle emergenze;
- conformità normativa continua.

Questa attività, applicata a 360 gradi, realizza concretamente i principi costituzionali, civili e deontologici.

### **Il ruolo degli Ordini e dei Consigli di Disciplina**

Facciamo ora un breve cenno ai ruoli interessati. Gli Ordini territoriali vigilano su etica e deontologia. Nello specifico, i Consigli di Disciplina, autonomi e terzi, garantiscono che la tutela della collettività non sia solo un principio, ma un obbligo verificabile. In relazione alle sanzioni, dall'avvertimento alla, nei casi estremi, cancellazione, proteggono la collettività da comportamenti non conformi. In questo modo, l'azione degli Ordini e dei Consigli di Disciplina garantisce che la professione ingegneristica rimanga affidabile, responsabile e orientata alla tutela dell'interesse pubblico.

### **Conclusioni**

Abbiamo visto come la cultura tecnica, riconosciuta e riconoscibile come bene pubblico, definisca il ruolo dell'ingegnere nei contesti più delicati e complessi della società, con particolare riferimento agli impianti industriali e delle infrastrutture.

La deontologia professionale, insieme ai principi civilistici, traspone concretamente l'azione tecnica verso sicurezza, qualità e responsabilità, imponendo competenza, aggiornamento e terzietà di giudizio. In questo quadro, i riferimenti normativi (giuridici e tecnici) costituiscono la centralità della professionalità tecnica dell'ingegnere per la tutela della salute, dell'ambiente e della collettività. Il sistema ordinistico, attraverso gli Ordini e i Consigli di Disciplina, assicura che tali principi trovino applicazione concreta, garantendo integrità e affidabilità della professione.

Ne emerge una figura di ingegnere che non è solo esecutore di soluzioni, ma garante di un sapere tecnico che sostiene il funzionamento sicuro e sostenibile della società contemporanea, trasformando conoscenza tecnica in responsabilità sociale.

La figura dell'ingegnere evidentemente evolve, con l'obiettivo, tangibile e auspicabile, di guidare con sempre maggior solidità le attività ingegneristiche verso un futuro più sicuro e consapevole.

# CAODURO®

ILLUMINAZIONE ZENITALE

SMOKE OUT® INSERITI NEI LUCERNARI CONTINUI 035 FX



SMOKE ARIES®

SMOKE LAME TT



SMOKE OUT®

SMOKE OUT® CON CUPOLA SERIE VELA



ENFC SU PANNELLI GRECATI

SISTEMI PER IL CONTROLLO  
DEL FUMO E DEL CALORE



Via Chiuppese, 15 36010 Monticello Conte Otto Vicenza, Italia  
+39 0444 945959 - caoduro.it



# Il sistema di protezione civile a tutela della collettività

**STEFANIA TIBALDI**

Dirige l'ufficio "Ricostruzione opere pubbliche e beni culturali" presso l'ufficio speciale Ricostruzione per il sisma 2016 e il sisma 2023 della Regione Umbria

**Q**uando si parla di protezione civile è necessario abbandonare l'idea di avere a che fare con un singolo ente, una singola struttura, ma è necessario parlare di un

SISTEMA di coordinamento di tipo policentrico, sussidiario e collegiale, il cui funzionamento è chiaramente individuato nel Codice della Protezione Civile (D.Lgs. 1/2018). Ne fanno parte le "Componenti" (Stato, Regioni, Province autonome ed enti locali) e le cosiddette "strutture operative" (Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, Forze armate, Forze di polizia, Enti ed istituti di ricerca, il volontariato organizzato e molte altre strutture tra cui anche gli Ordini e Collegi Professionali). Tutto questo sistema opera sotto quelle che vengono definite "Autorità di Protezione Civile" che sono il Presidente del Consiglio dei Ministri a livello Nazionale, coadiuvato territorialmente dai Prefetti, nonché i Presidenti di regione ed i Sindaci per i territori di competenza.

Il Codice individua, quali rischi di protezione civile, solo alcune delle tante tipologie che possono interessare una popolazione, ovvero il rischio sismico, gli incendi boschivi, il vulcanico con associato rischio di maremoto, il rischio idraulico e idrogeologico, da fenomeni metereologici avversi e, di contro, il deficit idrico, purtroppo sempre più frequente. L'azione del Servizio nazionale si esplica di norma in relazione a tali rischi.

Per altre tipologie (rischio chimico, nucleare, radiologico, tecnologico, industriale, da trasporti, ambientale, igienico-sanitario e da rientro incontrollato di oggetti e detriti spaziali) il sistema di protezione civile può agire a

supporto degli altri soggetti che ordinariamente sono tenuti ad intervenire, come individuati dalla normativa di settore, esclusivamente qualora l'emergenza sia tale da non poter essere gestita solo da tali soggetti.

L'attività di protezione civile si articola su quattro livelli: previsione, prevenzione e preparazione, gestione dell'emergenza e ripristino.



**La PREVISIONE** è diretta all'identificazione ed allo studio, anche dinamico, degli scenari di rischio possibili ed è funzionale alle esigenze di allertamento del Servizio nazionale, ove possibile, e di pianificazione di protezione civile.

**La PREVENZIONE** si esplica tramite attività di natura strutturale (ad esempio realizzazione casse di espansione, sistemazioni idraulico forestali, ripristino argini degradati ecc.) e non strutturale (es. allertamento, pianificazione, formazione, informazione, esercitazioni), svolte anche in forma integrata, che sono dirette a evitare o a ridurre la possibilità che si verifichino danni conseguenti a eventi calamitosi, il tutto anche sulla base delle conoscenze acquisite per effetto delle attività di previsione.

**La GESTIONE DELL'EMERGENZA** è invece l'insieme, integrato e coordinato, delle misure e degli interventi diretti ad assicurare il soccorso e l'assistenza alle popolazioni colpite dagli eventi calamitosi e agli animali e la riduzione del relativo impatto, anche mediante la realizzazione di interventi indifferibili e urgenti ed il ricorso a procedure semplificate, e la relativa attività di informazione alla popolazione.

**Il SUPERAMENTO EMERGENZA**, infine, avviene con l'attuazione coordinata delle misure volte a rimuovere gli ostacoli alla ripresa delle normali condizioni di vita e di lavoro, per ripristinare i servizi essenziali e per ridurre il rischio residuo nelle aree colpite dagli eventi calamitosi, oltre che alla ricognizione dei fabbisogni per il ripristino delle strutture e delle infrastrutture pubbliche e private danneggiate, nonché dei danni subiti dalle attività economiche e produttive, dai beni culturali e dal patrimonio edilizio e all'avvio dell'attuazione delle conseguenti prime misure per fronteggiarli.

### Il ruolo dell'ingegnere in questo contesto

E' del tutto evidente che una formazione tecnica, ed in particolare quella ingegneristica, sia la più idonea a sostenere, sviluppare e gestire questo tipo di attività. Già partendo dalla valutazione dei rischi e dalla attività di previsione, risultano fondamentali le conoscenze legate al mondo dell'ingegneria dell'informazione per la gestione dei sistemi di monitoraggio, la gestione, conservazione e analisi dei dati, lo sviluppo di piattaforme e software specifici, lo sviluppo e manutenzione delle reti e dei sistemi di comunicazione e allertamento. L'informatico affianca altre figure professionali quali geologi, ingegneri geofisici, ingegneri idraulici, meteorologi per la creazione e l'implementazione della modellistica previsionale.

Non a caso, nei centri funzionali, dove questo tipo di lavoro si sviluppa, sono questi i professionisti che vengono ricercati.

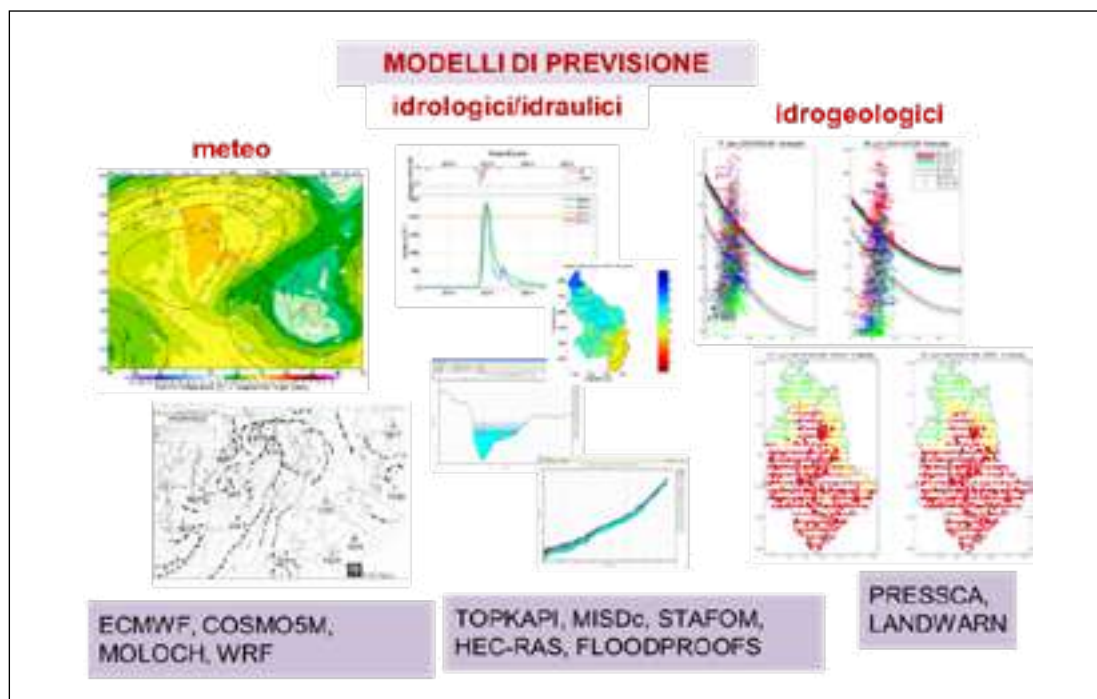


Figura 1. Nella foto i modelli previsionali in uso nella regione Umbria

Per quanto riguarda la Pianificazione di protezione civile è fondamentale la conoscenza degli scenari di rischio per un territorio e l'identificazione delle aree e/o delle strutture che è possibile utilizzare in emergenza o nell'immediato post emergenza per la gestione dei soccorsi (aree per l'accoglienza della popolazione e l'eventuale installazione di tende, aree deputate

ad accogliere i soccorritori e le relative attrezzature, separate da quelle destinate alla popolazione, i centri operativi comunali e i fabbricati idonei ad accogliere una Di.Co. Mac). Anche in questo caso è fondamentale il supporto dei tecnici, a partire dagli uffici del comune sino a quelli degli enti sovraordinati per la verifica della idoneità delle aree e delle scelte/attività pianificate.



Non di meno, il ruolo dei tecnici risulta rilevante nella esecuzione di interventi strutturali per la mitigazione dei rischi. Questi possono andare da opere di mitigazione del rischio idraulico e/o idrogeologico, a quelle di abbassamento del rischio di carenza idrica (potabile), alla sostituzione/adequamento sismico del patrimonio edilizio, soprattutto per gli edifici strategici o rilevanti, sino ad azioni finalizzate a combattere i cambiamenti climatici.

A questi interventi si affiancano quelli che, pur sempre con la finalità di prevenire criticità per la popolazione, sono però immateriali, ossia non prevedono lavori strutturali. Parliamo di formazione ed informazione della popolazione, di utilizzo di sistemi di allertamento (da quelli locali ad IT-alert che può estendersi all'intero territorio nazionale), di pianificazione ed esercitazioni e così via. Queste attività sono tanto più efficaci quanto più è estesa la platea di soggetti che vengono coinvolti, a partire dalle strutture di protezione civile, al volontariato sino ad arrivare a coinvolgere la popolazione di intere aree. Si pensi ad esempio all'ultima esercitazione nazionale della protezione civile che si è svolta nell'area dei Campi Flegrei ed ha coinvolto quasi tutte le regioni, i comuni dell'area, le organizzazioni di volontariato provenienti da tutta l'Italia, le strutture sanitarie, i gestori delle reti e dei trasporti, ed infine la popolazione locale, per testare il sistema di evacuazione inserito nell'apposita pianificazione da attuare nel caso in cui si alzi il livello di allerta per il rischio vulcanico.

La fase di preparazione ricomprende anche tutta la predisposizione e manutenzione dei

mezzi e delle attrezzature che compongono la "colonna mobile". E' questa una attività assolutamente rilevante al fine di essere pronti, al verificarsi di una emergenza, ad attivare i soccorsi per la popolazione in tempi rapidissimi. La colonna mobile va formata nei suoi elementi essenziali, secondo composizioni standard (ad esempio campo tende base da 250 posti, PMA, Ospedale da campo, modulo cucina, servizi igienici, ma anche generatori, cablaggi elettrici, cisterne per l'acqua potabile e fosse biologiche). Tutte queste dotazioni nonché i mezzi d'opera vanno tenuti efficienti, assicurati e revisionati, una attività del tutto invisibile nel quotidiano salvo diventare un problema enorme se non realizzata, perché impedisce l'utilizzo dei materiali e delle attrezzature proprio quando sarebbero indispensabili. Questa gestione di solito è affidata ai tecnici che operano nell'ambito dei servizi della protezione civile o negli uffici LL.PP/manutenzioni degli Enti.

Purtroppo è di tutta evidenza che le emergenze stiano diventando sempre più frequenti ed anche che stia cambiando la tipologia dei fenomeni da combattere. Occorre quindi, sempre più spesso, affrontare la gestione dell'emergenza, tipicamente tramite il coordinamento dei soccorsi, l'effettuazione dei primi interventi di messa in sicurezza del territorio, nonché la realizzazione di aree di accoglienza, sia in aree a ciò deputate nei piani di protezione civile, sia in aree vergini in cui va anche realizzata una minima urbanizzazione. Talvolta è anche necessario realizzare bypass stradali per evitare le zone più a rischio o ripristinare assi viari interrotti a causa di alluvioni, dissesti o zone rosse perimetrate dopo un sisma.

E' in questa fase che diviene ancora più indispensabile la formazione dell'ingegnere con la sua precipua competenza in impianti, costruzioni stradali, idrauliche.

E' sempre in questo contesto che si porta avanti anche la valutazione del danno e le verifiche di agibilità degli immobili, sia al fine di dimensionare le strutture necessarie per l'accoglienza dei cittadini e la delocalizzazione delle attività produttive, sia per quantificare le somme necessarie nella fase di ricostruzione. Non spostare i cittadini dal loro territorio e mantenere in essere le attività produttive è infatti l'unico modo di far sopravvivere il tessuto sociale ed economico delle aree colpite da calamità. E' questa una condizione essenziale affinché, al termine della ricostruzione si possano ricostituire condizioni di vita analoghe a quelle precedenti l'emergenza.

Alla ricognizione dei fabbisogni ed alla gestione della fase di emergenza può partecipare, su attivazione del Dipartimento Nazionale di Protezione Civile o della singola regione colpita, la Struttura Tecnica Nazionale (STN) composta da tecnici volontari, opportunamente formati, che si mettono gratuitamente a servizio degli Enti che gestiscono le attività, al fine di potenziare le forze in campo e ridurre i tempi di intervento. Sono in corso proprio in questo periodo dei corsi di aggiornamento o di prima formazione per i tecnici che già appartengono ai ranghi di STN e per coloro che vogliono iscriversi per mettere a disposizione il loro tempo, ma soprattutto la loro formazione, per le comunità che avranno in futuro la sfortuna di imbattersi in un evento calamitoso devastante.

La dichiarazione dello stato di emergenza dura ordinariamente per un massimo di due anni ma sono note a tutti situazioni emergenziali con durate estremamente più lunghe, si pensi ad esempio al sisma de L'Aquila nel 2009, a quello del centro Italia nel 2016 o ad alcuni eventi metereologici (tempesta VAIA, alluvione 15 settembre 2022 nelle Marche).

Alla chiusura di uno stato di emergenza, ora la recente legge 18 marzo 2025 n. 40 prevede, se necessario in base alla ricognizione dei fabbisogni per il ripristino delle strutture e delle infrastrutture pubbliche e private danneggiate, degli interventi di riduzione del rischio residuo e messa in sicurezza per far fronte alle conseguenze dell'evento, nonché dei danni subiti dalle attività economiche e produttive, dai beni culturali e paesaggistici

e dal patrimonio edilizio, l'avvio dello stato di ricostruzione la cui durata iniziale non può eccedere i cinque anni ed è prorogabile fino a dieci anni. Della gestione dello stato di ricostruzione non si occupa la protezione civile ma una apposita struttura con a capo un Commissario Straordinario.

Le disposizioni della legge 40/2025 non si applicano alle speciali gestioni commissariali per la ricostruzione post-calamità già istituite alla data della sua entrata in vigore, come quelle citate in precedenza.

Con uno o più decreti del Presidente del Consiglio dei ministri, da adottare su proposta del Capo del Dipartimento della Protezione Civile, si provvede alla disciplina del passaggio, alla gestione commissariale per lo stato ricostruzione, delle attività e funzioni che non saranno concluse dal commissario delegato nominato per l'emergenza e al trasferimento delle corrispondenti risorse finanziarie.

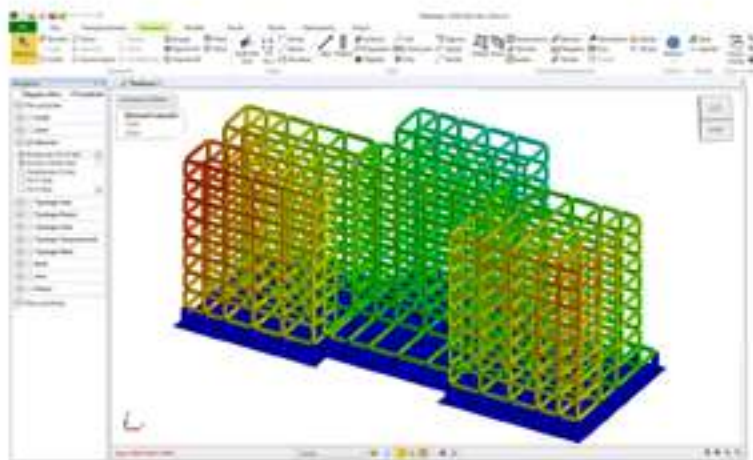
Nello stato di ricostruzione, durante il quale si procede al ripristino definitivo o alla ricostruzione degli immobili, delle infrastrutture, alla messa in sicurezza del territorio, è del tutto evidente che il ruolo principale spetta ai tecnici ed in particolare agli ingegneri nelle loro diverse specializzazioni, tutte indispensabili per un nuovo assetto territoriale e dei servizi che sia all'avanguardia e sia tale da migliorare, rispetto alla situazione ante emergenza, la vivibilità dei luoghi, la loro attrattività sia per il turismo che per le imprese in modo da rivitalizzare i paesi da un punto di vista socio-economico ed aumentarne anche la resilienza verso nuovi eventi che possano colpirli.

OGGI LO PUOI ACQUISTARE CON  
PAGAMENTO RATEALE  
FINO A 24 MESI

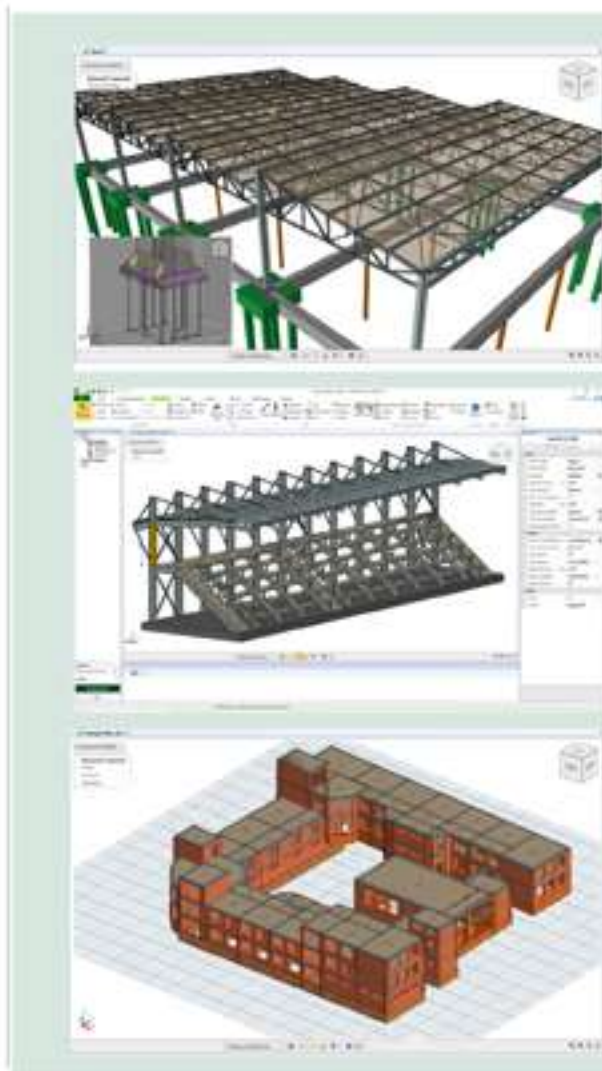
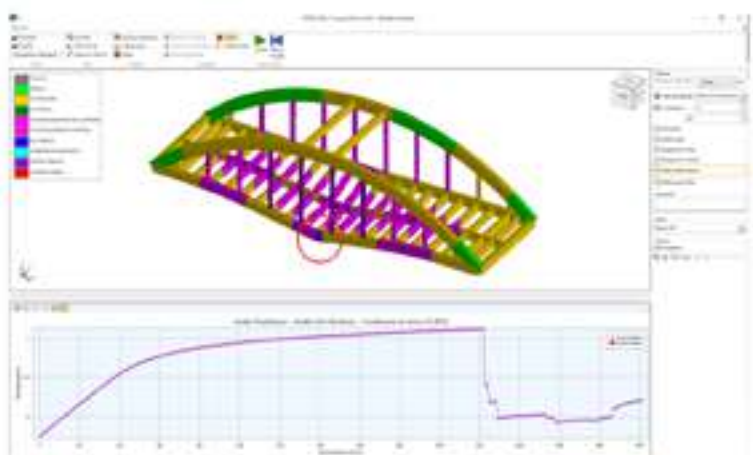
# FaTA<sup>NEXT</sup>

## la soluzione per il calcolo strutturale

SOFTWARE PER LA MODELLAZIONE, L'ANALISI E LA VERIFICA DI STRUTTURE IN C.A., ACCIAIO, LEGNO, MURATURA



**FaTA<sup>next</sup>** lo strumento ideale per le diverse soluzioni progettuali



www.stacec.com



**STACEC**

Disponibile il Plugin di esportazione per  
**IDEA StatiCa<sup>®</sup>** novità

# L'Ingegnere Geotecnico nella prevenzione del rischio da frana

**DANIELE SPIZZICHINO**

Ricercatore ISPRA - Servizio Geologico d'Italia

**I**n Italia il dissesto idrogeologico rappresenta una criticità strutturale che interessa una parte significativa del territorio e della popolazione. In questo contesto, l'ingegnere ed in particolare il geotecnico svolge un ruolo centrale nella prevenzione e gestione del rischio da frana, attraverso strumenti conoscitivi avanzati, modellazioni e attività di supporto alle decisioni. Il contributo dell'ingegneria si deve estendere sempre di più anche alla diffusione della consapevolezza del rischio, elemento chiave per la sicurezza e la resilienza delle comunità.

## **Un territorio fragile: rischio e cambiamento climatico**

L'Italia è caratterizzata da una fragilità geomorfologica diffusa, legata alla sua conformazione morfologica (geologicamente giovane), cui si associa un'elevata sismicità. Il dissesto idrogeologico nella sua accezione più ampia e ormai condivisa rappresenta una delle principali minacce alla sicurezza del territorio italiano, con impatti rilevanti non solo sul patrimonio ambientale, ma anche sul tessuto socioeconomico e su quello infrastrutturale e culturale. La crescente esposizione al rischio e il relativo aumento della componente di vulnerabilità richiede un forte rafforzamento delle competenze tecniche e della capacità di pianificazione preventiva.

Le informazioni raccolte attraverso le principali piattaforme nazionali sviluppate da ISPRA – tra cui l'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI), il portale IdroGEO, la banca dati ITHACA

e il progetto CARG – restituiscono un quadro inequivocabile: una parte molto rilevante del territorio è interessata da fenomeni franosi, anche in aree densamente popolate.

Secondo il Rapporto ISPRA (2024) sul dissesto idrogeologico in Italia, oltre 94.000 km<sup>2</sup>, pari a circa il 31% del territorio nazionale, sono classificati a pericolosità da frana (P1–P4). Le aree a pericolosità più elevata (P3 e P4) interessano circa 23.000 km<sup>2</sup>. Si stima inoltre che oltre 1,3 milioni di abitanti, circa 550.000 edifici e più di 80.000 unità locali di imprese e servizi ricadano in tali aree. Questi dati evidenziano come il rischio non sia confinato a contesti marginali, ma interessi aree strategiche per lo sviluppo del Paese, rendendo necessario un approccio sistemico alla gestione del territorio.



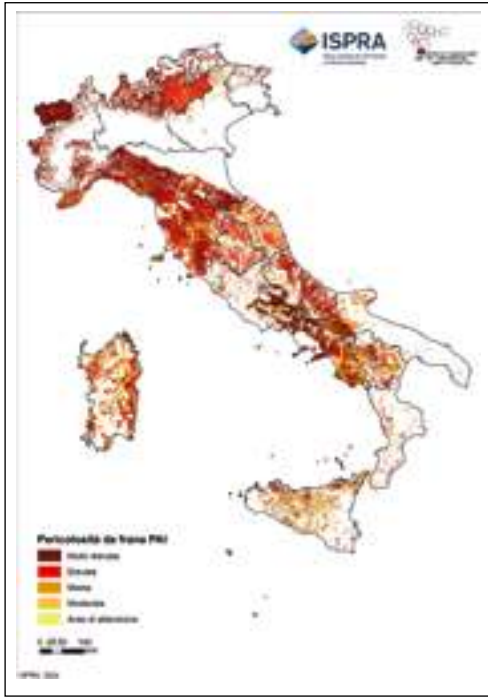


Figura 1. Distribuzione della pericolosità da frana sul territorio nazionale (classi P1–P4). Fonte: ISPRA, piattaforma IdroGEO (<https://idrogeo.isprambiente.it/app/>).

A livello internazionale, contesti geomorfologici simili a quello italiano, come alcune aree del Giappone, della Cina o della California, hanno sviluppato sistemi avanzati di monitoraggio e allerta precoce. Il confronto con tali esperienze evidenzia l'importanza dell'integrazione tra tecnologia, pianificazione e cultura del rischio.

A questa vulnerabilità naturale si aggiungono poi gli effetti dei cambiamenti climatici, che stanno determinando, in ambito mediterraneo, un aumento della frequenza e dell'intensità degli eventi meteorologici

estremi. Come ricordato più volte durante la COP28 Dubai, stiamo vivendo una fase di "anomalia climatica permanente" che ha già modificato il ciclo dell'acqua, sia a scala globale sia a scala locale. Le precipitazioni intense e concentrate rappresentano oggi uno dei principali fattori d'innescio delle frane a rapida evoluzione, contribuendo ad accelerare processi d'instabilità già presenti. Come effetto secondario stiamo assistendo anche alla regolare riattivazione di fenomeni lenti di grandi dimensioni come le frane lente del tronco adriatico (es. Petacciato) che mettono a rischio la continuità e connettività infrastrutturale dell'intero paese.

I fenomeni di dissesto non sono dunque eventi eccezionali, ma un fenomeno naturale, strutturale e diffuso, che richiede un approccio continuo e sistemico. A rendere più complesso tale quadro, contribuisce l'azione antropica quale: l'urbanizzazione diffusa, il consumo di suolo e gli interventi non sempre coerenti con le caratteristiche del territorio aumentandone esposizione e vulnerabilità. Città "idrogeologicamente" meno vulnerabili (es. riduzione aree impermeabili, aumento del verde urbano, realizzazione di piccoli bacini urbani di laminazione e captazione) sono oggi gli obbiettivi in agenda in moltissime città italiane ed europee.

### Il ruolo dell'ingegnere geotecnico

L'ingegnere geotecnico è oggi chiamato sempre di più a operare in situazioni multidisciplinari, interfacciandosi con geologi, pianificatori, amministrazioni pubbliche e comunità locali. Questa evoluzione richiede non solo competenze tecniche avanzate, ma anche capacità comunicative e decisionali.



In questo contesto, svolge un ruolo centrale nella comprensione e nella gestione del rischio da frana. La sua attività si basa sulla caratterizzazione dei terreni e delle rocce, sull'analisi della stabilità dei versanti, sulla modellazione dei fenomeni alle diverse scale e sulla scelta e dimensionamento degli interventi e delle opere di mitigazione.

L'approccio geotecnico consente di passare da una lettura spesso qualitativa del fenomeno a una valutazione quantitativa e predittiva, fondamentale per la pianificazione e la progettazione degli interventi, sia strutturali sia non strutturali. Attraverso indagini, prove e modellazioni è possibile, infatti, simulare scenari evolutivi e individuare le aree e le condizioni di innesco delle frane, contribuendo a definire priorità e strategie di intervento. Il ruolo dell'ingegnere si estende oggi oltre la dimensione tecnica, includendo il supporto alle decisioni e la costruzione di una consapevolezza diffusa del rischio.

### Conoscere per prevenire

La prevenzione del rischio da frana si fonda sulla conoscenza approfondita dei fenomeni. Le frane derivano dall'interazione tra fattori predisponenti e fattori scatenanti e si manifestano in forme molto diverse. In questo ambito, ISPRA contribuisce in modo significativo, come già anticipato, al quadro conoscitivo nazionale attraverso piattaforme, linee guida e attività di supporto alle autorità competenti. Strumenti come IFFI e IdroGEO consentono di analizzare la distribuzione dei fenomeni sul territorio, mentre il Repertorio Nazionale degli Interventi per la Difesa del Suolo (ReNDiS) fornisce una visione complessiva degli interventi di mitigazione. La piattaforma, nella sezione monitoraggio contiene quasi ventisette mila interventi finanziati dai diversi decreti negli ultimi 25 anni, per un importo complessivo pari a oltre 21 Mld di euro. Ad oggi, le categorie di dissesto più finanziate sono le alluvioni poi le frane seguite dalle altre categorie la cui distribuzione sul territorio italiano è rappresentata in Figura 2. Sempre in ReNDiS è presente una area istruttorie che conta circa 15mila schede per un importo che si aggira attorno ai 10MLN di euro. Tale sezione è nata nel 2015 con l'obiettivo di gestire i dati e le procedure istruttorie delle richieste presentate dalle Regioni per nuovi finanziamenti al Ministero dell'Ambiente, secondo la procedura istruttoria definita inizialmente dal DPCM "Criteri" del 28 maggio 2015, poi rivista ed aggiornata dal DPCM del 27 settembre 2021.

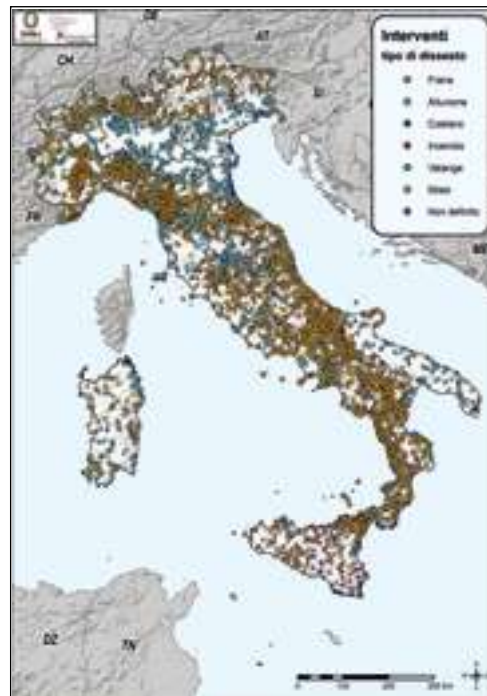


Figura 2. Distribuzione geografica degli interventi contenuti e monitorati in ReNDiS per tipologia di dissesto (<http://www.rendis.isprambiente.it/rendisweb/>).

Con il DPCM 18.06.2021 l'utilizzo dell'Area istruttoria ReNDiS è stato esteso anche ai fondi per la difesa del suolo assegnati dal Dipartimento Casa Italia della Presidenza del Consiglio dei ministri.

### Prevenzione e interventi non strutturali

I recenti fenomeni italiani ed in generale in ambito mediterraneo (es. Ischia, Emilia-Romagna, Niscemi, Silvi e Petacciatao) ci fanno capire in maniera sempre più netta che la gestione del rischio non può essere affidata esclusivamente alle opere strutturali, soprattutto in un contesto in cui il cambiamento climatico sta mettendo in discussione molti dei paradigmi ed assiomi della progettazione tradizionale.

Assumono quindi un ruolo sempre più centrale le azioni non strutturali, tra cui la diffusione della conoscenza e la consapevolezza del rischio. In questo scenario, l'ingegnere deve evolvere da progettista anche a divulgatore e comunicatore scientifico, capace di tradurre informazioni complesse in contenuti accessibili per cittadini e decisori.

***“Il dissesto non è un evento improvviso: è un processo che conosciamo, studiamo e spesso sappiamo anche prevedere. Il vero problema non è la mancanza di dati, ma la capacità di trasformarli in consapevolezza e azione.”***

La prevenzione, quindi, non è solo un fatto tecnico, ma anche e soprattutto un fattore culturale.

### **Tecnologie e monitoraggio**

Le tecnologie di monitoraggio rappresentano oggi uno degli strumenti più avanzati per la gestione del rischio geomorfologico. In particolare, il monitoraggio satellitare interferometrico consente di rilevare deformazioni del suolo anche millimetriche su vaste aree. A queste tecniche si affiancano i sistemi di monitoraggio tradizionali in situ (es. inclinometri e piezometri), che forniscono informazioni puntuali e continue. Tra le tecnologie emergenti meritano una nota, inoltre, l'utilizzo massivo di droni per il rilievo ad alta risoluzione, l'impiego di modelli digitali del terreno (DTM) e l'applicazione di algoritmi di intelligenza artificiale per l'analisi predittiva dei fenomeni franosi. L'integrazione tra dati satellitari e le misure in campo rappresenta una delle frontiere più avanzate per migliorare le capacità predittive così come giustamente sottolineato nel progetto PNRR SIM attualmente in implementazione attraverso il MASE.

### **Verso una gestione integrata del territorio**

La complessità del rischio richiede quindi un approccio integrato, basato sul coordinamento tra istituzioni, enti di ricerca e professionisti. Parallelamente, la costruzione di una cultura della prevenzione rappresenta una sfida fondamentale. La consapevolezza del rischio contribuisce in modo significativo alla riduzione dei danni e all'aumento generale della resilienza delle comunità interessate.

### **Conclusioni**

Il contributo dell'ingegnere geotecnico alla tutela della collettività si fonda sulla capacità di conoscere, interpretare e comunicare il territorio. Proteggere i versanti significa proteggere le comunità e ridurne l'abbandono e quindi il loro presidio. La prevenzione è prima di tutto conoscenza condivisa. In un territorio esposto come quello italiano, la sicurezza nasce dalla capacità di anticipare i fenomeni e di costruire una cultura diffusa del rischio. In questo contesto, il contributo dell'ingegneria italiana rappresenta un presidio essenziale per la sicurezza e lo sviluppo sostenibile del Paese. Investire nella prevenzione, in

maniera regolare nella prossima decade in un grande piano nazionale, significa ridurre i costi economici e sociali delle emergenze future. In questa prospettiva, il ruolo dell'ingegnere assume una valenza strategica non solo tecnica, ma anche sociale e culturale.

### **FOCUS**

#### **Ischia: quando il rischio diventa emergenza**

L'evento franoso che ha colpito l'isola di Ischia nel novembre 2022 rappresenta un esempio emblematico della complessità del rischio geomorfologico in Italia. In poche ore, precipitazioni intense hanno innescato colate rapide lungo versanti già fragili, causando vittime e ingenti danni. L'evento ha evidenziato come fattori naturali – litologie poco competenti, elevata pendenza, condizioni idrogeologiche critiche – possano combinarsi con elementi antropici, quali urbanizzazione diffusa e occupazione di aree a rischio. Ma soprattutto, Ischia ha mostrato con chiarezza come il dissesto sia spesso il risultato di processi noti e studiati, ma non sempre adeguatamente gestiti in termini di prevenzione e pianificazione. L'analisi di questi eventi rafforza un principio fondamentale: la conoscenza del territorio deve tradursi in azione, prima che il rischio si trasformi in emergenza. In questo contesto, il contributo dell'ingegneria italiana rappresenta un presidio essenziale per la sicurezza e lo sviluppo sostenibile del Paese.

# Tutto il tuo lavoro in un unico ecosistema integrato

Dalla modellazione BIM ai calcoli, dalle verifiche normative alla documentazione finale: un ecosistema integrato pensato per il lavoro reale dei professionisti tecnici.

## Workflow integrato, meno passaggi inutili

BIM, calcolo strutturale, impianti, energia, computi e prevenzione incendi dialogano tra loro, riducendo errori e duplicazioni.

## Dati sempre sotto controllo

Modellazione affidabile, ambiente di condivisione dati (CDE/ACDat) in cloud e collaborazione strutturata su tutto il ciclo di vita dell'opera.



## Dal progetto ai numeri, automaticamente

Computo metrico e contabilità lavori direttamente dal modello BIM: il progetto cambia, i dati si aggiornano.

## Più tempo per progettare

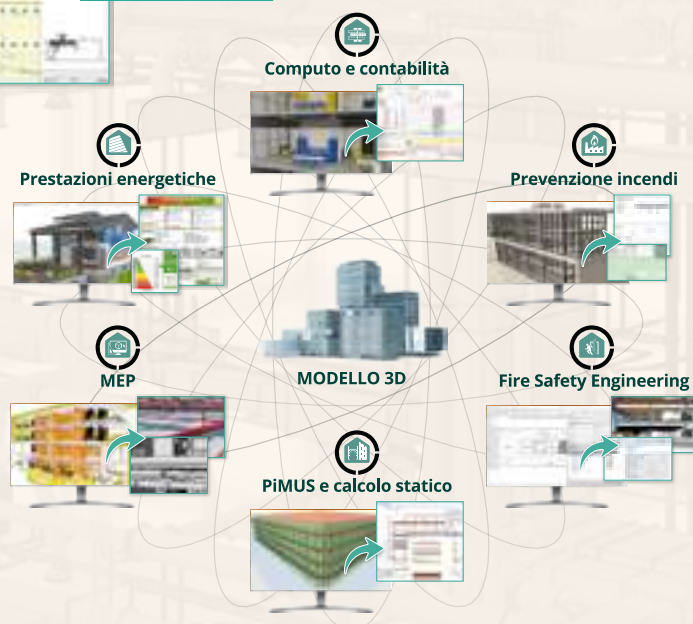
Automazione, coerenza dei dati e strumenti pensati per aumentare produttività e qualità del risultato.

## Normative sempre aggiornate

Software costantemente allineati a Codice di Prevenzione Incendi, Requisiti Minimi, UNI/TS 11300, CAM, normativa strutturale e sismica.

## Energia, impianti e strutture senza compromessi

Calcoli accurati, verifiche complete e integrazione diretta tra progetto architettonico, impiantistico, energetico e strutturale.



**Ottimizza ogni fase della progettazione per un lavoro più efficace e produttivo**

**Scopri di più**



# L'ingegneria per l'ambiente

MONICA PASCA

Professore associato di Scienza delle Costruzioni presso l'Università di Roma "Sapienza"

**L**a Laurea in **Ingegneria per l'ambiente e il territorio** è stata introdotta nell'ordinamento universitario con il D.P.R.

20 maggio 1989. Prima di tale data le competenze erano in qualche modo ricomprese nella laurea in Ingegneria Civile o Chimica, a seconda degli aspetti specifici, ma senza una specifica declaratoria e individuazione. E' interessante evidenziare come il D.P.R. del 1989 individui tre settori, corrispondenti a vaste aree scientifico-culturali e distinti ambiti professionali, nei quali sono raggruppati i diversi corsi di laurea ad eccezione di quelli di ingegneria gestionale e, proprio, di ingegneria per l'ambiente e il territorio, aventi caratteristiche intersettoriali.

Il carattere intersettoriale del laureato in Ingegneria per l'ambiente e il territorio è una delle sue principali caratteristiche che, se da un lato può creare iniziale confusione sulle effettive competenze, dall'altro diventa l'elemento caratterizzante questa figura. Inoltre, un elemento significativo è che si parli di ingegneria **per** l'ambiente il territorio e non di ingegneria ambientale. Questa differenza assume un significato molto rilevante perché pone chiaramente l'ingegneria a servizio di un ambito vasto e sovrasettoriale che comprende la tutela del benessere e la sicurezza dei cittadini in una ottica di prevenzione, sostenibilità e resilienza.

Attualmente, l'ordinamento universitario prevede i due livelli di laurea, con la classe delle Lauree in *Ingegneria Civile e Ambientale* (L-7) e delle Lauree magistrali in *Ingegneria per l'ambiente e il Territorio* (LM-35). I corsi di laurea nelle diverse università italiane, a partire dalle attività formative comuni obbligatorie, si declinano con diverse caratteristiche e formano figure specifiche.

Gli ambiti di competenza sono molteplici. Si possono individuare ambiti specifici di progettazione e gestione di opere, sistemi tecnologici, impianti e servizi finalizzati all'utilizzo e gestione sostenibile delle risorse naturali, alla salvaguardia e protezione del territorio, alla mitigazione dei rischi di origine naturale e antropica, al trattamento e al contenimento di emissioni, alla gestione dei rifiuti e alla bonifica siti contaminati. Alcuni di questi ambiti sono comuni all'Ingegnere Civile che si occupa generalmente di strutture e infrastrutture.

Ma oltre ad attività che potremmo chiamare di tipo "puntuale" ancorché di ampio spettro, l'ingegnere AT deve avere *capacità di comprendere le complesse interazioni tra le attività antropiche e i sistemi naturali e di riconoscere il valore delle risorse e dei servizi ecosistemici per progettare interventi di mitigazione dell'impatto ambientale ed essere in grado di interagire con gruppi di lavoro interdisciplinari*. L'ingegnere magistrale per l'ambiente e il territorio potrà valutare la compatibilità ambientale di opere e interventi di tipo civile e industriale (valutazione di impatto ambientale - VIA), di piani e programmi territoriali (valutazione ambientale strategica - VAS), intervenire nella prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento proveniente da specifiche attività antropiche (autorizzazione ambientale integrata - AIA), effettuare analisi quantitative del valore dell'ambiente e dei suoi servizi ecosistemici, nonché progettare e gestire sistemi di monitoraggio dell'ambiente, di strutture e infrastrutture, impianti e reti di servizio.

Focalizzando il presente contributo al ruolo dell'ingegnere per la pubblica tutela e, in particolare, per la tutela del benessere e la salute dei cittadini nella interazione con le risorse naturali, diventano fondamentali due aspetti dell'ingegneria correlati all'ambiente:

1. L'ingegnere, qualunque sia la sua specializzazione, non può prescindere dall'inquadrare la propria attività, ad esempio di progettazione, all'interno dell'ambiente in cui si colloca; questo non significa che dovrà svolgere tutte le analisi ambientali specifiche (si cita come esempio l'analisi della biodiversità dell'area di intervento) ma che dovrà tenere conto di tutti i fattori ambientali sin dalle prime fasi di progettazione, non rinviando tali aspetti ad una valutazione ex-post della progettazione da parte di un cosiddetto "esperto in materia" che, di contro, non conosce le caratteristiche dell'opera. Questo implica una maggiore attenzione agli aspetti ambientali da parte di tutti gli ingegneri, soprattutto progettisti. Giova ricordare che l'art. 41 del D.L.vo 36/2023 (cosiddetto Codice degli appalti) richiede che la progettazione sia volta ad assicurare, tra l'altro, la *conformità alle norme ambientali, l'efficientamento energetico e minimizzazione dell'impiego di risorse materiali non rinnovabili nell'intero ciclo di vita delle opere* nonché il *rispetto dei principi della sostenibilità economica, territoriale, ambientale e sociale dell'intervento*.
2. L'ingegnere AT oltre a svolgere attività ingegneristiche che si correlano direttamente all'ambiente, dovrebbe comunque essere lo specialista deputato, all'interno della compagine progettuale, al coordinamento delle attività di valutazione dei possibili impatti ambientali per progetti e piani in quanto, con la propria formazione, deve essere in grado, come dice la stessa declaratoria della classe di laurea, di interagire con gruppi di lavoro interdisciplinari, parlare linguaggi sia tecnici che scientifici diversi e costituire una interfaccia tra i progettisti specialisti e i singoli esperti di settore.

Entrambi gli aspetti sono fondamentali per contribuire alla salute dell'uomo e dell'ambiente naturale in cui viviamo, costruendo e gestendo il contributo antropico in sinergia con l'Ambiente, comprendendo con tale termine tutto ciò che ci circonda.

Il termine ambiente deriva infatti dal latino *ambiens*, participio presente del verbo *ambire* che significa "circondare – andare intorno". Originariamente riferito all'aria o agli elementi circostanti l'uomo, il termine è ancora usato per definire uno spazio (ad esempio gli ambienti di una casa) o un ambito circostante (ambiente idrico, aria ambiente). Oggi, pur mantenendo ancora tali significati, l'ambiente è visto come l'insieme di fattori fisici, chimici e biologici, di elementi viventi e non viventi e di relazioni in cui sono immersi tutti gli organismi che abitano il Pianeta e descrive un rapporto d'interazione dove l'uomo stesso è parte integrante di ciò che lo circonda. Non a caso l'ecologia è definita come la "totalità delle scienze delle relazioni dell'organismo con l'ambiente, comprese tutte le condizioni dell'esistenza nella loro accezione più ampia". E' un insieme di condizioni e fattori tra loro collegati, che sono normalmente in equilibrio; quando l'equilibrio si altera, si mettono in moto reazioni che, lentamente, provano a costruirne uno nuovo. E l'equilibrio, statico o dinamico che sia, è un principio cardine di tutta l'ingegneria.

L'ingegnere non può e non deve essere visto come il tecnico che con la propria opera crea impatti negativi sull'ambiente che qualcun altro analizza, mitiga e compensa, spesso con occhio miope limitato al singolo aspetto.

L'ingegnere può e deve contribuire con la propria competenza specialistica ma, soprattutto, con la propria capacità progettuale. Il "progetto" è un unicum e ha, alla base, una fase conoscitiva propedeutica che si avvale anche di expertise diverse;



Figura 1. Monitoraggi dell'avifauna sullo Stretto di Messina



Figura 2. Esplorare l'ambiente in cui si inserisce un'opera – Gronda Est di Milano

A CURA DELLA REDAZIONE

## INGEGNERIA SOTTERRANEA E TRASFORMAZIONE URBANA

L'arrivo della TBM "Masha" nel cantiere della metropolitana di Torino per il prolungamento della linea verso Lingotto, un simbolo dell'evoluzione delle tecnologie di **scavo meccanizzato in ambito urbano**.

Queste macchine consentono la realizzazione di **infrastrutture complesse** riducendo l'impatto in superficie e garantendo **elevati standard di sicurezza**. Ma è l'ingegneria a svolgere un ruolo centrale, con il loro utilizzo nell'**integrare opere sotterranee e ambiente urbano**, gestendo le interazioni con il territorio e contribuendo allo **sviluppo sostenibile delle città**.





la progettazione prevede la integrazione delle singole componenti specialistiche e, in queste componenti, non ci sono solo lo strutturalista, l'impiantista, l'esperto di acustica, ecc., ma anche il naturalista, il biologo e così via. Ovviamente la presenza di una serie di esperti dipende anche dalla scala e dalla tipologia del progetto ma è proprio per questo che l'Ingegnere (quello con la "I" maiuscola) è sempre stato colui in grado di effettuare la summa dei diversi aspetti, incluso quello giuridico.

Le normative hanno inserito negli ultimi anni diversi obblighi per il progettista connessi con la tutela ambientale, quali l'applicazione di *misure volte all'integrazione delle esigenze di sostenibilità ambientale nelle procedure d'acquisto di beni e servizi delle amministrazioni competenti* attraverso i *Criteri Minimi Ambientali (CAM)*; in particolare, i *Criteri ambientali minimi per l'affidamento del servizio di progettazione e direzione lavori di interventi edilizi e opere di ingegneria civile, esecuzione di lavori, inclusi gli interventi di costruzione, ristrutturazione, manutenzione e adeguamento* (D.M. 24.11.2025) ed i *Criteri Ambientali Minimi per l'affidamento del servizio di progettazione ed esecuzione dei lavori di costruzione, manutenzione e adeguamento delle infrastrutture stradali* (D.M. 5.08.2024 e s.m.i.), ovvero la redazione di

una Relazione di Sostenibilità che include anche la valutazione dell'opera rispetto ai cambiamenti climatici. L'applicazione dei CAM o la redazione di elaborati ambientali non devono diventare un altro elemento da software progettuale ma spunto di riflessione nella progettazione. L'ingegnere ambientale potrà essere in grado di svolgere una *Life Cycle Assessment* o la valutazione della *Carbon Footprint* di un progetto o di una parte di esso ma, solo se questa viene fatta in fase di progettazione, riusciremo a fare un buon servizio verso i cittadini e l'ambiente. Gli elementi disponibili sono molti, la scienza e la tecnica avanzano; noi dobbiamo essere in grado di utilizzarle al meglio.

Traendo spunto dalla esperienza, ormai venticinquennale, di chi scrive (ingegnere civile edile strutture, ma equiparabile, da norma, a ingegnere AT, in quanto laureata prima del 1989), nel campo delle Valutazioni Ambientali e con particolare riferimento alle attività svolte, a partire dal maggio 2020, in qualità di membro della Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambiente – VIA e VAS con il ruolo di Referente per la VIA delle Infrastrutture Lineari (ferrovie, strade e autostrade), con l'emissione, solo per le infrastrutture di competenza come Gruppo Istruttore di più di 600 pareri, si possono evidenziare alcune peculiarità.



Figura 3. La Galleria di Base del Brennero in fase di scavo



Figura 4. BBT - un esempio di economia circolare: rocce dagli scavi per la fabbricazione dei conci in cls



Figura 5. AV Napoli-Bari in costruzione



Figura 6. Stazione AV di Firenze

Innanzitutto, troppo spesso si assiste a uno scollamento tra il momento progettuale e la valutazione ambientale, ad esempio nella stesura degli Studi di Impatto Ambientale (in sede di VIA) o degli Studi Preliminari Ambientali (per le verifiche di assoggettabilità a VIA); si percepiscono miglioramenti rispetto ai decenni precedenti ma, purtroppo, anche le tempistiche spesso ridotte per le progettazioni, ad esempio nell'ambito del PNRR, non sempre aiutano a raggiungere il necessario livello di integrazione. In genere, le grandi opere (si citano come esempi noti a tutti, tra le infrastrutture lineari) la Galleria di Base del Brennero, il Collegamento stabile tra Calabria e Sicilia, l'Alta Velocità Torino-Venezia o Napoli-Bari, la terza corsia della A22) sono gestite con gruppi interdisciplinari che comprendono le diverse specializzazioni coordinati per lo più da ingegneri che, devono conoscere, non solo le peculiarità del progetto ma anche le sue interazioni con il territorio e l'ambiente, sono in grado di guidare processi molto complessi che includono la valutazione di fattori quali acqua, aria, clima, suolo, rumore, salute, biodiversità, paesaggio, beni materiali, la gestione delle terre e rocce da scavo quale bene da recuperare, le interferenze con siti protetti e relativa tutela di habitat e specie. Non tutto questo si può imparare con il solo



Figura 7. BBT: nella montagna, la TBM raggiunge il confine con l'Austria

corso di laurea ma l'esperienza quotidiana incrementa le capacità di progettazione e gestione. L'ingegnere deve saper leggere le norme e applicarle secondo la propria capacità tecnica; le norme danno indicazioni ma non dobbiamo progettare "per norma"; un valore limite è, ad esempio, un valore da non superare ma non "il" valore da applicare. In questo ambito, l'ingegnere e, in particolare, l'ingegnere per l'ambiente e il territorio, dovrebbe avere un ruolo anche nella scrittura delle norme di natura ambientale che troppo spesso sono frutto di attività di giuristi ed esperti specifici ambientali che non possono, per loro natura, essere in grado di comprendere le ricadute e l'applicabilità in ambito progettuale.

In ambito di VIA, ad esempio, anche le *Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale-Valutazione di impatto ambientale*, pubblicate come *Linee Guida SNPA n. 28/2020*, pur trattando i diversi aspetti specialistici con competenza, non aiutano a comprendere il momento di applicazione delle valutazioni, limitandosi a descrivere i contenuti di "un elaborato" (nella pratica corredato da innumerevoli allegati specialistici), risultato di studi, troppe volte effettuati a posteriori e con indicazioni di area troppo vasta rispetto all'opera.

A titolo di esempio, senza indicare il singolo progetto, si cita il caso di un breve tratto ferroviario in Sicilia, in cui, per descrivere la geologia dell'area di interesse, lo studio è partito dalla formazione geologica dell'isola; sicuramente interessante, ma poco significativo per l'analisi dei possibili impatti; oppure, nel trattare il territorio e relativo patrimonio agroalimentare, vengono descritti i prodotti OGP e tipici di tutta l'intera Regione amministrativa, a fronte di un intervento di qualche chilometro, dimenticando, al tempo stesso, di descrivere in dettaglio le colture interferite dall'intervento specifico e l'impatto sull'agricoltura sito-specifica. O ancora, negli Studi di Incidenza Ambientale, per i Siti della Rete Natura 2000, vengono elencate specie ed habitat ricompresi nell'intero sito, magari di una superficie di migliaia di ettari, e distanti chilometri dall'intervento, senza indicare lo stato effettivo delle aree direttamente interessate o indirettamente coinvolte. Nell'epoca del "copia e incolla" e ora dell'Intelligenza Artificiale (sicuramente utile ma da usare con "intelligenza"), si rischia di avere tanti elaborati di "letteratura" e non "di scopo".

Le Linee Guida della Commissione Europea ci dicono che “La valutazione ambientale dei progetti ha la finalità di assicurare che l'attività antropica sia compatibile con le condizioni per uno sviluppo sostenibile. Le analisi volte alla previsione degli impatti, dovuti alle attività previste nelle fasi di costruzione, di esercizio e di eventuale dismissione dell'intervento proposto e l'individuazione delle misure di mitigazione e di compensazione, devono essere eseguite tenendo anche in considerazione le possibili accelerazioni indotte per effetto dei cambiamenti climatici. Tali analisi devono essere *commisurate alla tipologia e alle caratteristiche dell'opera nonché al contesto ambientale nel quale si inserisce.*”

Ecco che torna il ruolo dell'ingegnere, del coordinamento, nel distinguere gli elementi importanti per la redazione e per la valutazione del progetto. Conseguenza è una migliore tutela specifica dell'ambiente e non una applicazione di misure di mitigazione generiche non sito specifiche. A volte anche gli enti valutatori, che la Direttiva europea richiede essere multidisciplinari, cadono nella medesima trappola, indicando misure di ampio spettro legate ad una singola componente, e non direttamente correlate al progetto ma, proprio per questo è fondamentale una sinergia di intenti e di azioni. Sicuramente il compito è arduo ma solo l'impegno del singolo può fare il totale e contribuire alla reale tutela dei cittadini.

In conclusione, qualunque sia la normativa/tema specifico (Codice dell'Ambiente, PNRR, DNSH, resilienza, impatto ambientale) i principi fondanti dell'attività dell'ingegnere, devono essere sempre i medesimi: non arrecare danno all'ambiente, migliorare l'ambiente in cui viviamo, ridurre lo sfruttamento di risorse non rinnovabili, minimizzare gli impatti. In sintesi: **progettare bene.**

# La gestione della sicurezza negli eventi e il contributo dell'ingegnere

**FULVIO GIANI**

Libero professionista con particolari competenze nel campo della sicurezza sui luoghi di lavoro e membro del Gruppo di Lavoro Sicurezza del CNI

---

**I**n occasione degli eventi, l'intervento si articola in diverse fasi operative, tra loro coordinate. In primo luogo è prevista un'introduzione, finalizzata a presentare il processo operativo della manifestazione, gli obiettivi dell'evento e le modalità organizzative. Segue la fase di allestimento dello spazio temporaneo, durante la quale l'area interessata viene predisposta attraverso l'installazione delle strutture necessarie, la disposizione degli elementi funzionali e l'organizzazione degli spazi destinati al pubblico e agli operatori. Successivamente si sviluppa la fase di gestione della sicurezza durante lo

svolgimento dell'evento, che comprende il monitoraggio delle condizioni dell'area, il rispetto delle norme vigenti in materia di sicurezza e la presenza di personale incaricato a garantire il corretto svolgimento delle attività e la tutela dei partecipanti. Al termine si procede con la fase di disallestimento e riconsegna dello spazio, durante la quale tutte le strutture temporanee vengono rimosse e l'area viene riportata alle condizioni originarie, assicurandone nuovamente la piena fruibilità secondo la sua destinazione iniziale. Infine, le conclusioni sintetizzano le attività svolte, evidenziando gli esiti dell'intervento e le eventuali considerazioni utili per iniziative future.



## Introduzione

La gestione della sicurezza negli eventi temporanei è un tema complesso che si articola nel tempo e nello spazio. Per comprendere il processo operativo e le conseguenti responsabilità è utile strutturare il ragionamento identificando il prima, il durante e il dopo che rappresentano la sequenza temporale dell'evento. La sicurezza è centrale in un evento temporaneo, perché è necessario garantire che tutto si svolga in modo organizzato, affrontando i rischi in modo controllato e prevenendo il danno per quanti vi lavorano, per i partecipanti e per gli organizzatori. La tipicità di un evento è la concentrazione di molte persone nello stesso luogo per tempi limitati. Pertanto è fondamentale gestire i potenziali incidenti, le eventuali emergenze, legate ad incendi, malori e evacuazioni, e il movimento, anche improvviso, delle folle. Si tratta quindi di identificare i rischi e con opportune procedure di sicurezza ridurli alla fonte, limitandone le conseguenze con idonee misure di prevenzione e di protezione. In secondo luogo è fondamentale la conoscenza ed il rispetto delle norme e delle leggi che devono essere applicate e delle conseguenze a fronte della criticità. Infine, di particolare importanza è la gestione delle emergenze, orientata a intervenire rapidamente utilizzando personale formato, informato ed addestrato, utilizzando piani di evacuazione realmente contestualizzati all'evento in corso. Un evento che trasmette sensazioni di sicurezza e di organizzazione crea fiducia nel pubblico, evitando anche danni di immagine a chi organizza e a chi gestisce la manifestazione. In uno spazio temporaneamente adattato ad una manifestazione, a fronte di un elevato numero di persone coinvolte, aumenta il rischio di sovraffollamento e di difficoltà nei movimenti del pubblico, condizioni che possono scatenare fenomeni di panico. Una corretta pianificazione degli spazi, dei percorsi di accesso e delle vie di fuga è quindi indispensabile per evitare incidenti e garantire una gestione ordinata dei flussi di ingresso e di uscita di quanti partecipano. Un altro elemento su cui è necessario porre attenzione riguarda la presenza di strutture temporanee e impianti tecnici, come palchi, ledwall, torri regia, tribune, tensostrutture, impianti audio e luci o altre installazioni tecnologiche. Queste strutture devono essere progettate, montate e verificate secondo precisi criteri tecnici e normativi, al fine di prevenire rischi strutturali o malfunzionamenti che potrebbero mettere in pericolo la sicurezza di quanti, a vario titolo

partecipano alla manifestazione. La sicurezza negli eventi riguarda inoltre la prevenzione e gestione delle emergenze e quindi la predisposizione di piani di evacuazione realmente attuabili, sistemi di comunicazione e di coordinamento con i servizi di emergenza, con il personale sanitario, con i vigili del fuoco e con le forze dell'ordine. Inoltre anche la gestione di situazioni impreviste, come ad esempio la gestione delle conseguenze di condizioni meteorologiche avverse o altri eventi critici in una manifestazione all'aperto, deve essere affrontata con procedure chiare e con personale formato in grado di intervenire tempestivamente, riducendo i rischi per le persone presenti. Una gestione attenta della sicurezza mantiene un ambiente organizzato e controllato, assicurando che lo spazio utilizzato possa essere restituito al termine dell'evento nelle condizioni originarie. Per queste ragioni, la sicurezza costituisce un processo fondamentale che accompagna tutte le fasi della manifestazione: dalla progettazione dello spazio temporaneo, alla gestione delle attività durante l'evento, fino al ripristino finale dell'area utilizzata. Vi è inoltre una suggestione di estremo interesse che riguarda il concetto di sostenibilità in un evento di pubblico spettacolo. Si tratta di sostenere la capacità di organizzare e realizzare una manifestazione, riducendo al minimo gli impatti negativi sull'ambiente, sulla comunità locale e sulle risorse utilizzate. Una manifestazione sostenibile non offre solo intrattenimento, ma promuove un modello organizzativo responsabile, attento alla tutela dell'ambiente e al benessere delle persone coinvolte. La sostenibilità negli eventi può essere ambientale, sociale ed economica, definendo un approccio equilibrato alla gestione delle manifestazioni. Dal punto di vista ambientale, l'organizzazione di una manifestazione può comportare un impatto significativo, legato alla produzione di anidride carbonica e di rifiuti, al consumo di energia, agli spostamenti del pubblico che vi accede e all'utilizzo di materiali temporanei per gli allestimenti. Per ridurre tali effetti bisogna sostenere l'utilizzo di materiali riciclabili o riutilizzabili, promuovere la raccolta differenziata, limitare gli sprechi impiegando tecnologie a basso consumo energetico. Il raggiungimento del luogo in cui si organizza l'evento se avviene favorendo l'uso dei mezzi pubblici incrementa la sostenibilità. La sostenibilità riguarda anche la dimensione sociale della manifestazione e quindi deve garantire accessibilità e sicurezza anche ai partecipanti con disabilità e rispettare il contesto sociale e culturale in cui si inserisce. In questo è importante la dimensione



economica e quindi la capacità dell'evento di portare benefici al territorio e agli operatori coinvolti, contribuendo allo sviluppo economico del luogo e creando opportunità di lavoro anche se temporanee. Tutto questo comporta una stretta collaborazione tra pubblico e privato, a vantaggio della collettività.

#### **Allestimento dello spazio temporaneo**

L'allestimento di uno spazio temporaneo rappresenta una fase cruciale nella pianificazione di una manifestazione, poiché comporta la trasformazione di un'area normalmente destinata ad altri usi in uno spazio idoneo ad accogliere il pubblico e le attività previste. Il processo ha inizio con la progettazione dell'area e la valutazione dei rischi. Le caratteristiche del luogo risultano determinanti: la capienza massima, le vie di accesso pedonali e veicolari, la presenza di eventuali ostacoli fisici, la conformazione del terreno e la possibilità di accesso e manovra per i mezzi di emergenza. Una volta raccolte queste informazioni, è necessario definire la distribuzione degli spazi in modo funzionale, distinguendo chiaramente le aree destinate al pubblico, quelle dedicate alle attività della manifestazione, i servizi di supporto e gli spazi per il personale di sicurezza. La pianificazione dei percorsi di accesso e di uscita è essenziale per prevenire situazioni di sovraffollamento in ogni fase dell'evento. In particolare, le vie di evacuazione devono essere sempre chiaramente segnalate e costantemente fruibili in caso di emergenza. Per quanto riguarda le strutture temporanee, queste devono essere progettate e installate in conformità al progetto, da personale formato, informato e adeguatamente qualificato. Il progetto deve rispettare la normativa tecnica vigente, prevedere l'impiego di materiali

certificati e tenere conto delle autorizzazioni ministeriali relative agli apprestamenti. Gli impianti tecnici, in particolare quelli elettrici, di illuminazione e di diffusione sonora, devono essere realizzati da personale qualificato e sottoposti ai necessari controlli prima della messa in esercizio. Analoga attenzione deve essere riservata ai sistemi di illuminazione di emergenza e alla segnaletica, fondamentali per orientare il pubblico all'interno dell'area in qualunque situazione. È inoltre indispensabile garantire la presenza dei servizi essenziali, quali aree sanitarie, punti informativi, servizi igienici e spazi dedicati al personale di sicurezza. Tutti questi elementi, che contribuiscono a creare un ambiente organizzato e sicuro, devono essere progettati tenendo conto anche delle esigenze delle persone con disabilità. L'allestimento di uno spazio temporaneo si configura quindi come un processo complesso, che integra progettazione, logistica e sicurezza. Una pianificazione accurata consente non solo di prevenire i rischi, ma anche di creare le condizioni per il successo della manifestazione.

#### **La sicurezza nel corso dell'evento**

Durante lo svolgimento dell'evento è necessario attuare un sistema integrato di controllo, monitoraggio e coordinamento, finalizzato a garantire la sicurezza della manifestazione. Ciò implica l'effettiva applicazione di tutte le misure previste a tutela del pubblico, degli operatori e degli organizzatori. Un aspetto centrale riguarda il controllo degli accessi e la gestione dei flussi di pubblico mediante attività volte a regolare l'afflusso delle persone. In questa fase è inoltre fondamentale impedire l'introduzione di oggetti pericolosi. Il controllo deve proseguire anche all'interno dell'area dell'evento, con

un monitoraggio costante dei movimenti e dei comportamenti del pubblico, al fine di favorire una distribuzione equilibrata nello spazio dei presenti. È indispensabile la presenza di personale dedicato alla sicurezza, quali steward e operatori di supporto, incaricati di svolgere attività di vigilanza, assistenza al pubblico e gestione delle eventuali criticità. A tal fine risultano fondamentali la formazione e il coordinamento, che consentono l'applicazione efficace di procedure condivise e ben definite. Durante l'evento è altresì necessario monitorare in modo continuo strutture e impianti, attraverso controlli periodici e sistematici, per individuare tempestivamente eventuali condizioni di guasti e di fuori servizio. Negli eventi all'aperto, particolare attenzione deve essere riservata alle condizioni ambientali e meteorologiche, così da adottare tempestivamente le opportune misure correttive, per tutelare sia le strutture sia le persone presenti. Devono inoltre essere garantiti servizi di assistenza sanitaria, squadre di primo soccorso e canali di comunicazione diretti con le autorità competenti, quali vigili del fuoco e forze dell'ordine. In questo contesto assume un ruolo strategico la Control Room (sala di controllo), intesa come centro operativo, fisico o digitale, in cui si svolgono attività di monitoraggio, gestione e coordinamento in tempo reale, con la possibilità di attivare prontamente le procedure di sicurezza necessarie. La gestione delle emergenze richiede comunicazioni chiare e tempestive, nonché una catena di comando definita e riconosciuta da tutti i soggetti coinvolti. La chiarezza informativa e la rapidità decisionale sono elementi essenziali per prevenire situazioni di panico e garantire un'efficace gestione delle criticità. Interessanti attività, nel rigido rispetto della specifica Normativa,

vengono effettuate con droni per il controllo delle folle e della sicurezza pubblica. Questi strumenti permettono il monitoraggio aereo in tempo reale, la gestione della viabilità e la prevenzione di incidenti durante eventi di massa, ma solo seguendo scrupolosamente le prescrizioni di Norma. Nell'organizzazione di eventi di pubblico spettacolo è fondamentale distinguere tra i concetti di *safety* e *security*, aspetti complementari che concorrono entrambi alla tutela delle persone. La *safety* riguarda l'insieme delle misure volte a prevenire incidenti accidentali e a garantire l'incolumità dei presenti. Essa comprende, ad esempio, la sicurezza delle strutture temporanee, la corretta installazione degli impianti, la presenza di vie di fuga adeguatamente dimensionate e la gestione dei flussi in ingresso e in uscita. La *safety* si basa su un'attenta valutazione dei rischi e sull'adozione delle conseguenti misure preventive. La *security*, invece, concerne la prevenzione e la gestione di atti intenzionali che possano compromettere la sicurezza dell'evento, quali comportamenti violenti, vandalismo o altre minacce all'ordine pubblico. Essa include il controllo degli accessi, la presenza di personale di vigilanza, l'impiego di sistemi di sorveglianza e il coordinamento con le forze dell'ordine. *Safety* e *security* rappresentano dunque due dimensioni strettamente integrate della gestione della sicurezza negli eventi: la prima focalizzata sulla prevenzione dei rischi accidentali e sulla sicurezza tecnico-strutturale, la seconda orientata alla protezione da minacce intenzionali e al mantenimento dell'ordine pubblico. Solo attraverso un approccio coordinato e sinergico tra organizzatori, autorità e personale specializzato è possibile garantire la sicurezza dei partecipanti e il corretto svolgimento della manifestazione.



## **Riconsegna dello spazio alla sua destinazione originaria**

La fase di riconsegna dello spazio alle condizioni d'uso originarie rappresenta l'ultimo capitolo del processo organizzativo di una manifestazione e deve tenere conto dell'ambiente, del contesto urbano e delle infrastrutture che sono state poste in uso. L'area deve essere riconsegnata in sicurezza, priva di rischi conseguenti all'evento. La prima attività riguarda lo smontaggio delle strutture temporanee montate durante la fase di allestimento secondo procedure sicure ed ordinate. Tutto quello che costituisce un ingombro dovuto all'evento e quindi recinzioni, transenne, palchi, strutture temporanee, tensostrutture, antipanico, stands e tutta la struttura tecnologica di supporto, devono essere rimossi secondo procedure di sicurezza e prassi consolidate, tese a garantire la sicurezza e la salute dei lavoratori impegnati. I rischi sono gli stessi trattati nella fase di montaggio, a cui si sommano rischi generati da circostanze particolari quali l'urgenza della riconsegna degli spazi, che può comportare lavoro notturno con tutte le conseguenze del caso. Infatti l'urgenza, ad esempio di smontare gli impianti audio in un concerto all'aperto, per non lasciare incustodite per tempi non necessari attrezzature molto costose, comporta uno smontaggio e un carico con allontanamento dell'impiantistica nell'immediato della fine della manifestazione. Questo precede lo smontaggio generale di tutti gli impianti e di tutte le installazioni tecniche di supporto all'evento. Un altro aspetto fondamentale della riconsegna riguarda la pulizia del sito utilizzato e la gestione dei rifiuti generati durante l'evento. Proviamo a ricordare come in un evento fieristico si generino rifiuti non riutilizzabili nello smontaggio dei singoli stands e di tutti gli spazi di uso comune e che questi debbano essere correttamente smaltiti nell'immediato. Le aree utilizzate dagli utenti devono essere accuratamente ripulite al termine delle attività, garantendo condizioni di ordine, igiene e sicurezza. A tal fine è necessario provvedere alla raccolta completa di tutti i rifiuti prodotti o abbandonati, differenziandoli ove previsto in base alla loro tipologia nel rispetto dei sistemi di raccolta adottati dal territorio e della normativa vigente. Inoltre, è opportuno verificare periodicamente lo stato delle aree utilizzate, intervenendo tempestivamente con ulteriori attività di pulizia qualora si rendessero necessarie, al fine di mantenere gli spazi sempre in condizioni adeguate di fruibilità e decoro. L'ultimo passaggio è la verifica

dello stato dell'area che viene riconsegnata. Utile, in questi casi, è un servizio fotografico, con data certa, che documenti lo stato dei luoghi alla consegna e che accerti le condizioni in cui lo spazio è stato rilevato per allestire la manifestazione. Gli organizzatori, in collaborazione con i gestori dello spazio dove si è svolto l'evento o con le autorità locali, effettueranno ricognizioni e rilievi per accertare che non siano presenti danni alle strutture, agli arredi urbani o agli elementi naturali per provvedere, nel caso, a interventi per il ripristino.

## **Conclusione**

La sicurezza non rappresenta un momento isolato legato esclusivamente allo svolgimento di un evento pubblico, ma costituisce un processo continuo che accompagna tutte le fasi dell'organizzazione e della gestione. Essa ha inizio molto prima dell'evento, durante le fasi di ideazione, progettazione e pianificazione, prosegue durante lo svolgimento e continua anche dopo la conclusione dell'iniziativa, attraverso attività di verifica e valutazione. Un elemento fondamentale di questo processo è l'accurata analisi dei rischi, che deve tenere conto della tipologia di evento, del numero previsto di partecipanti, delle caratteristiche del luogo e delle possibili criticità che potrebbero presentarsi. A partire da questa valutazione vengono definite le misure di prevenzione e protezione più adeguate, tra cui i piani di emergenza, le vie di evacuazione, i sistemi di controllo degli accessi e l'impiego di personale qualificato. Altrettanto importante è il coordinamento tra tutti i soggetti coinvolti: gestori delle aree, organizzatori, autorità locali, forze dell'ordine, servizi sanitari, personale addetto alla sicurezza. Solo attraverso una collaborazione efficace e una comunicazione chiara è possibile gestire con tempestività eventuali situazioni di emergenza e garantire una reale sicurezza operativa. La sicurezza, inoltre, deve essere intesa come una responsabilità condivisa tra tutti gli attori coinvolti. La consapevolezza e il rispetto dei ruoli, delle procedure e delle indicazioni operative contribuiscono a creare un ambiente più sicuro in ogni fase dell'evento. In questa prospettiva, la sicurezza va considerata come un processo dinamico e in costante evoluzione, che richiede aggiornamento continuo, formazione del personale e capacità di adattamento alle diverse situazioni. Solo attraverso un approccio strutturato, pianificato e condiviso è possibile garantire eventi pubblici realmente sicuri e ben gestiti.



# CENT'ANNI CAMBIANO TUTTO. TRANNE UN MANUFATTO ZINCATO A CALDO.

La zincatura a caldo è il trattamento anticorrosione che protegge l'acciaio dall'azione del tempo, garantendo una durabilità fino a oltre cento anni.



[www.hiqualzinc.it](http://www.hiqualzinc.it) | [www.aiz.it](http://www.aiz.it)



ASSOCIAZIONE  
ITALIANA  
ZINCATURA

# Dai rischi emergenti alla resilienza multirischio

**PAOLO MOCELLIN**

Ricercatore presso l'Università di Padova, esperto in sicurezza di processo e analisi del rischio

**N**egli ultimi anni il panorama dei rischi tecnologici, industriali e civili sta attraversando una fase di profonda trasformazione. La transizione energetica, la digitalizzazione delle infrastrutture, l'introduzione di nuove tecnologie stanno modificando significativamente gli scenari di rischio con cui progettisti, gestori e decisori pubblici e privati devono confrontarsi, con l'ingegnere che assume un ruolo sempre più centrale come interlocutore tecnico di riferimento.

In questo contesto si parla sempre più spesso di rischi emergenti: situazioni di rischio nuove oppure già note ma che assumono caratteristiche diverse a causa dell'innovazione tecnologica, dei cambiamenti organizzativi e della crescente complessità e interconnessione dei sistemi tecnici e sociali. A questi fattori si affianca un quadro normativo in continua evoluzione, chiamato a regolamentare lo sviluppo di tecnologie e applicazioni emergenti, definendo progressivamente criteri e strumenti per la previsione e gestione degli scenari di rischio emergenti.



Gli ingegneri coniugano competenze tecniche, esperienza professionale e capacità di analisi critica per affrontare scenari sempre più articolati e interconnessi, aggiornando costantemente strumenti, metodologie e conoscenze nella progettazione, nella consulenza e nella gestione della sicurezza.

## **Innovazione tecnologica e nuovi paradigmi di sicurezza**

Le tecnologie emergenti delineano ambiti in cui l'ingegneria è chiamata a gestire rischi nuovi e più complessi. Nel settore energetico, la transizione verso sistemi a basse emissioni favorisce la diffusione di vettori e soluzioni innovative. L'idrogeno, per le sue proprietà e l'ampio intervallo di infiammabilità, richiede approcci progettuali e sistemi di sicurezza dedicati. Analogamente, i sistemi di accumulo elettrochimico, in particolare le batterie agli ioni di litio, introducono criticità legate a incendio, thermal runaway e sicurezza delle installazioni. A questi si affiancano smart grid, generazione distribuita e comunità energetiche, che aumentano la complessità gestionale.

La digitalizzazione dei sistemi tecnici e produttivi rappresenta un ulteriore ambito critico. Industria 4.0, IoT e sistemi di controllo avanzati rendono sempre più interdipendenti sicurezza operativa e informatica: vulnerabilità digitali possono avere effetti diretti sul funzionamento fisico, imponendo l'integrazione tra ingegneria della sicurezza, automazione e cybersecurity.

Parallelamente, si sviluppano strumenti innovativi per l'individuazione e il monitoraggio dei rischi. L'uso di droni per l'ispezione di infrastrutture e impianti consente di raccogliere dati in modo rapido e sicuro,

migliorando la qualità delle valutazioni e la pianificazione manutentiva, ad esempio nel monitoraggio di ponti o linee elettriche. A questi si affiancano sensori distribuiti e piattaforme di analisi dati che, attraverso anche l'intelligenza artificiale, permettono di individuare anomalie e prevedere criticità. Nei contesti industriali, ad esempio, sistemi di analisi predittiva possono segnalare condizioni anomale prima che evolvano in eventi incidentali oppure orientare una strategia di manutenzione su base predittiva. Anche il settore civile e urbano è in trasformazione: edifici complessi, mobilità elettrica, infrastrutture digitali e sistemi energetici distribuiti richiedono un approccio sistemico alla sicurezza, considerando le interazioni tra edifici, reti e territorio.

Un elemento chiave dei rischi emergenti è la crescente interdipendenza tra sistemi. Eventi localizzati possono generare effetti domino tra infrastrutture energetiche, trasporti e reti digitali, aumentando la vulnerabilità complessiva. La valutazione del rischio deve quindi superare il singolo componente e considerare relazioni, catene di propagazione e contesto operativo, adottando approcci integrati che uniscano dimensione tecnica, organizzativa e territoriale.

In questo scenario, il valore aggiunto non risiede solo nella tecnologia, ma nella capacità dell'ingegnere di interpretare i dati, contestualizzarli e tradurli in decisioni operative. La scelta delle metodologie, la definizione delle soglie di allarme e la valutazione delle conseguenze richiedono competenze, esperienza e capacità critica. L'intelligenza artificiale può supportare e potenziare tali processi, ma non sostituisce il contributo umano: la gestione dell'incertezza, la responsabilità e la visione sistemica restano elementi distintivi della professione ingegneristica.

#### **Sicurezza e normativa: un contesto in trasformazione**

Per il professionista questo significa operare in un contesto regolatorio sempre più articolato e in cui la sicurezza non riguarda solo il singolo impianto o edificio ma l'intero sistema di interazioni tra elementi fisici, organizzativi e sociali. In questo scenario assume un ruolo centrale anche la formazione continua: l'evoluzione delle tecnologie e delle normative richiede infatti un aggiornamento costante delle competenze. I nuovi rischi, spesso legati alla





digitalizzazione, all'integrazione tra sistemi fisici e informatici o all'introduzione di nuovi vettori energetici, richiedono un approccio basato sull'upskilling (rafforzamento delle competenze) e sul reskilling (sviluppo di nuove competenze per nuovi contesti).

Per l'ingegnere diventa quindi fondamentale affiancare all'esperienza maturata sul campo un percorso strutturato di apprendimento permanente, capace di integrare competenze interdisciplinari, capacità di lettura dei sistemi complessi e utilizzo consapevole di strumenti avanzati di analisi e supporto decisionale. In questo modo la formazione continua si configura non solo come requisito professionale, ma come un fattore strategico per stare al passo con la rapida evoluzione tecnologica e contribuire ad una gestione robusta e olistica dei rischi emergenti.

### **Integrare conoscenze e gestire la complessità: la sfida dell'ingegnere**

In un contesto di crescente complessità e continua evoluzione dei rischi, il ruolo dell'ingegnere assume una rilevanza centrale. L'ingegneria non si limita alla progettazione di soluzioni tecniche, ma contribuisce alla comprensione dei fenomeni, alla valutazione dei rischi e alla definizione di strategie efficaci per la loro prevenzione e gestione. L'ingegnere è chiamato a integrare conoscenze scientifiche, metodologie di analisi e visione sistemica per affrontare problemi che coinvolgono ambiti tecnologici, organizzativi, sociali e ambientali.

In questo quadro, la sicurezza non può essere affidata esclusivamente alla tecnologia o alla normativa, ma richiede una combinazione di competenze tecniche, esperienza e capacità critica. La professione ingegneristica si configura così come punto di raccordo tra innovazione, sicurezza e sostenibilità, orientando la progettazione verso sistemi robusti, resilienti e capaci di adattarsi all'incertezza. In un contesto sempre più monitorabile, caratterizzato da una crescente disponibilità di dati provenienti da sensori e sistemi digitali, diventa centrale la capacità di interpretarli e tradurli in decisioni efficaci, anche attraverso l'uso di modelli predittivi e strumenti avanzati di analisi.

Inoltre, diventa sempre più centrale la capacità di operare in team interdisciplinari, integrando metodologie consolidate di analisi con l'interpretazione di contesti in evoluzione e il dialogo con discipline diverse, dalla

pianificazione territoriale alla cybersecurity, fino alle scienze sociali e umane, con particolare attenzione alla comunicazione dei rischi e alla gestione dell'impatto delle nuove tecnologie sulla società.

Il valore dell'ingegnere risiede quindi nella capacità di connettere competenze, tradurre linguaggi tecnici e contribuire a soluzioni condivise, assumendo un ruolo non solo tecnico ma anche di facilitazione nei processi decisionali complessi.

### **Dal rischio settoriale alla visione sistemica: la prospettiva multi-rischio**

In continuità con quanto evidenziato, emerge con sempre maggiore rilevanza nella gestione della sicurezza la necessità di affrontare scenari multi-rischio. In molte situazioni reali, infatti, i rischi non si manifestano in modo isolato ma come combinazione o successione di eventi diversi: incidenti tecnologici, eventi naturali, interruzioni infrastrutturali o crisi sistemiche.

La crescente frequenza di eventi estremi legati ai cambiamenti climatici, l'aumento della complessità delle infrastrutture e la forte interconnessione tra sistemi tecnici rendono sempre più importante sviluppare approcci integrati alla valutazione del rischio.

In questo contesto l'ingegnere è chiamato a superare approcci settoriali e ad adottare una prospettiva più ampia, capace di considerare contemporaneamente fattori tecnici, organizzativi e territoriali. Ciò implica, ad esempio, valutare come un evento naturale possa influenzare la sicurezza di un impianto industriale, come un'interruzione energetica possa compromettere sistemi di controllo o come l'introduzione di una nuova tecnologia possa interagire con il contesto esistente.

La gestione di scenari multi-rischio richiede quindi strumenti di analisi capaci di integrare dati provenienti da ambiti diversi, modelli previsionali e una solida conoscenza dei sistemi coinvolti. In questo processo diventa fondamentale anche la capacità di interpretare le informazioni disponibili con spirito critico, tenendo conto anche di eventuali carenze di casistica storica o casi d'uso.

Per il professionista, questo significa sviluppare una visione sistemica, in cui l'esperienza maturata sul campo, le metodologie consolidate di analisi e le nuove tecnologie di supporto – dal



monitoraggio avanzato all'elaborazione dei dati – vengono integrate in un quadro coerente. Solo attraverso questa capacità di sintesi è possibile affrontare in modo efficace scenari complessi e contribuire alla progettazione di sistemi sempre più sicuri ma soprattutto più resilienti.

#### **Dalla gestione del rischio alla progettazione della resilienza**

In un contesto in cui il cambiamento è la norma, anche l'ingegneria evolve continuamente, aggiornando strumenti, approcci e modelli interpretativi. La rapidità con cui nuove tecnologie vengono sviluppate, testate e introdotte nei contesti industriali e civili riduce i tempi di consolidamento delle conoscenze e impone una continua revisione degli approcci alla sicurezza. A questo si aggiunge l'impatto crescente dei cambiamenti climatici, che amplificano la frequenza e l'intensità di eventi estremi, generando scenari multi-ambito in cui rischi naturali, tecnologici e infrastrutturali si intrecciano in modo sempre più stretto.

In questo contesto in rapida evoluzione, l'ingegnere è chiamato a svolgere un ruolo ancora più strategico: non solo interpretare i cambiamenti, ma anticiparli, contribuendo alla progettazione di sistemi capaci di adattarsi, resistere e reagire a condizioni incerte e variabili. La sicurezza diventa così un elemento abilitante dell'innovazione, e non un vincolo, capace di orientare scelte progettuali e gestionali verso soluzioni più robuste e sostenibili.

La capacità di coniugare esperienza professionale, metodologie consolidate e apertura verso le nuove tecnologie si affianca oggi alla necessità di sviluppare una visione ampia e critica, in grado di cogliere le interconnessioni tra fenomeni diversi. È in questa sintesi tra competenza tecnica, consapevolezza del contesto e responsabilità verso la collettività che si definisce il contributo dell'ingegneria alla gestione dei rischi presenti e futuri, in un mondo sempre più complesso e interdipendente. Oggi più che mai, il valore dell'ingegnere non sta solo nel progettare soluzioni, ma nella capacità di leggere la complessità, anticipare i rischi e guidare decisioni consapevoli in contesti spesso incerti.



# CREPE NEI MURI? Difendiamo la tua Casa!

Utilizziamo le più **moderne tecnologie** per garantire **interventi rapidi**, **poco invasivi** e **definitivi**. I nostri tecnici qualificati sapranno consigliarti la soluzione migliore per risolvere i cedimenti delle fondazioni.

**Contattaci subito per un Sopralluogo Gratuito.**

Contatti: [info@difech.com](mailto:info@difech.com) - [0521.14.12.895](tel:0521.14.12.895) - [difech.com](http://difech.com)



# Il professionista antincendio nella transizione energetica

**CHIARA CROSTI**

Ingegnere civile libero professionista, membro del Gruppo di Lavoro Sicurezza Prevenzione Incendi del CNI

**C**on l'attuale transizione energetica, il professionista antincendio si trova a fronteggiare nuovi scenari di rischio derivanti, ad esempio, dalla diffusione degli impianti fotovoltaici, dei sistemi di accumulo elettrochimico (BESS – *Battery Energy Storage System*) e dalla crescente presenza di veicoli elettrici all'interno di autorimesse pubbliche e private. Tali evoluzioni tecnologiche richiedono un livello di progettazione sempre più approfondito, nel quale al professionista antincendio è richiesta una conoscenza più ampia e specialistica del fenomeno incendio e delle sue dinamiche.

In questo contesto, il professionista antincendio assume un ruolo sempre più centrale all'interno del processo di progettazione multidisciplinare. L'impiego di approcci avanzati, tra i quali la *Fire Safety Engineering* (FSE), rappresenta uno strumento fondamentale per affrontare e comprendere in maniera approfondita i nuovi scenari di rischio introdotti dalla transizione energetica. Se in passato la FSE veniva impiegata prevalentemente per affrontare problematiche legate alla resistenza al fuoco delle strutture o alla verifica delle condizioni di esodo, oggi, anche alla luce delle nuove disposizioni normative, essa può essere utilizzata per analizzare e gestire scenari più complessi, quali quelli derivanti dalla presenza di veicoli elettrici nelle autorimesse o dall'installazione di sistemi di accumulo elettrochimico.

## **Il caso delle autorimesse con veicoli elettrici**

La Regola Tecnica Verticale (RTV) sulle autorimesse, aggiornata col D.M. 15 maggio

2020 (Capitolo V.6 del Codice, D.M. 3 agosto 2015), non contiene indicazioni specifiche per veicoli elettrici, ma parla ad esempio dei dispositivi di ricarica che determinano la presenza di aree a rischio specifico, richiedendo analisi del rischio (V.1) e attenta progettazione antincendio. Al giorno d'oggi il parcheggio di auto elettriche nelle autorimesse è sempre più diffuso, questo implica una particolare cura e attenzione da parte del professionista antincendio che si presta a progettare o a verificare una esistente autorimessa. E' di assoluta importanza tenere in conto delle specifiche caratteristiche di combustione di tali veicoli.

L'incendio di un'auto elettrica, alimentata da batterie agli ioni di litio, può infatti essere caratterizzato dal fenomeno del *thermal runaway*, che comporta un rilascio significativo di energia termica e la possibile riaccensione della batteria anche dopo apparente estinzione. Tali caratteristiche implicano che il professionista antincendio debba ricorrere spesso e volentieri ad un approccio prestazionale che prevede la modellazione fluidodinamica dell'incendio. Si troverà quindi a considerare scenari nei quali la sorgente di calore possa permanere nel tempo e proseguire anche in condizioni di ventilazione limitata, con nuove dinamiche di propagazione dell'incendio, produzione di fumi incontrollabile e conseguenti criticità sulla gestione delle condizioni di sicurezza per gli occupanti e per le squadre di soccorso.

A titolo esemplificativo, sono stati analizzati i risultati ottenuti in termini di curve temperatura-tempo derivanti dalla modellazione fluidodinamica di una

autorimessa in cui è presente un box chiuso, adeguatamente compartimentato, al cui interno è presente una auto elettrica. È interessante notare la differenza in termini di temperature raggiunte sulla superficie degli elementi strutturali (in particolare del solaio) nel caso in cui all'interno ci sia un'auto a combustione interna (la cui HRR di input fa riferimento a quanto prescritto nella RTV6) e una auto elettrica la cui curva HRR di input è stata ricavata da test sperimentali. Si evidenzia facilmente come la limitata ventilazione non rappresenti necessariamente un fattore limitante nel caso di incendio di un veicolo elettrico, mentre lo è nel caso di auto a combustione interna. La capacità delle batterie agli ioni di litio di sostenere il processo di combustione attraverso fenomeni di decomposizione interna e rilascio di ossigeno consente infatti all'incendio di svilupparsi

anche in condizioni di ventilazione ridotta, senza raggiungere facilmente condizioni di incendio controllato dalla carenza di ossigeno (*oxygen-controlled fire*). Il professionista antincendio dovrà necessariamente impostare il modello fluidodinamico consentendo all'incendio di proseguire indipendentemente dalla ventilazione. Solo così si può pensare di generare un'azione d'incendio quanto più prossima alla realtà dei fatti. Questo comportamento si riflette direttamente sulle temperature raggiungibili all'interno del compartimento, che possono risultare particolarmente elevate. In alcuni casi, i valori di temperatura possono addirittura eccedere quelli previsti dalla curva nominale ISO 834, utilizzata come riferimento nelle prove sperimentali per la certificazione della resistenza al fuoco degli elementi strutturali prefabbricati.

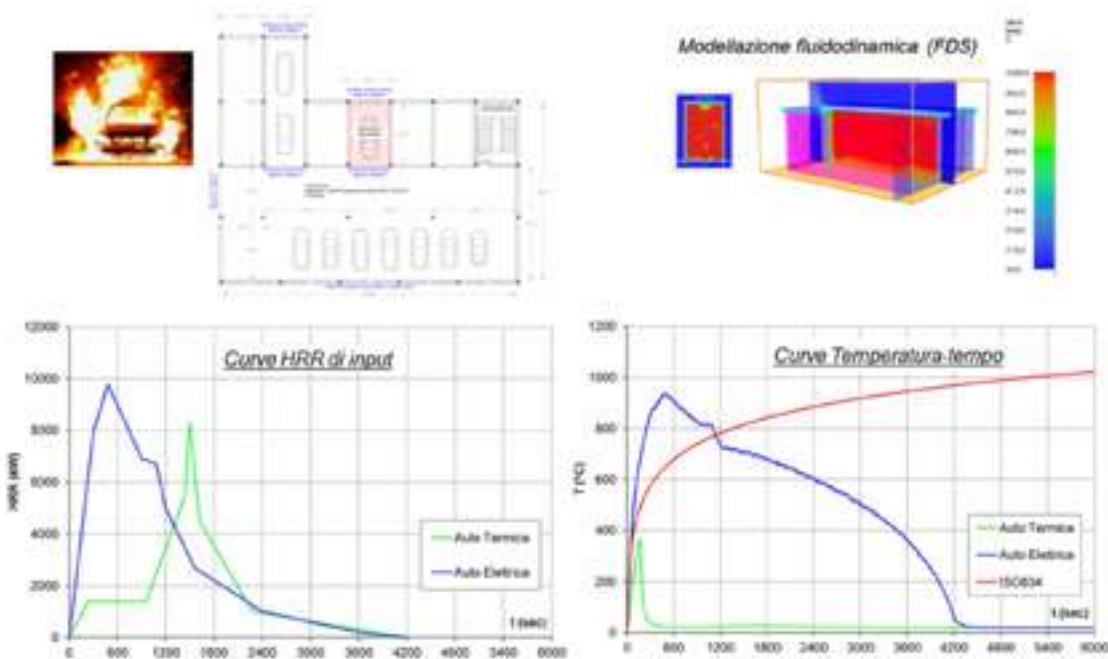


Figura 1. Confronto tra dati di input e risultati di simulazioni numeriche fluidodinamiche di un box chiuso con incendio di un'auto termica ed elettrica.

Un ulteriore aspetto da considerare per il professionista antincendio, quando si prevede la presenza di veicoli elettrici all'interno di un'autorimessa, riguarda l'operatività antincendio. Anche se nell'attuale versione della Regola Tecnica Verticale (RTV) sulle autorimesse non vengono esplicitate prescrizioni o accorgimenti specifici per questi rischi, è opportuno ribadire che l'incendio di un veicolo elettrico presenta caratteristiche differenti rispetto a quello di un veicolo

con motore a combustione interna. Infatti, come detto, batterie agli ioni di litio possono continuare a sviluppare reazioni esotermiche anche in condizioni di limitata disponibilità di ossigeno, risultano potenzialmente soggette a riaccensione e, soprattutto, rendono le operazioni di spegnimento particolarmente complesse.

L'operatività antincendio sui veicoli elettrici richiede pertanto tecniche specifiche,

generalmente orientate al raffreddamento del pacco batterie, al fine di arrestare il fenomeno del *thermal runaway*. Tra le soluzioni operative più frequentemente discusse in letteratura e nelle linee guida internazionali si citano, ad esempio, l'immersione del veicolo o del pacco batterie in vasche d'acqua, oppure l'utilizzo di coperte antincendio finalizzate al contenimento delle fiamme e alla limitazione della propagazione dell'incendio. Tuttavia, le modalità operative con cui i Vigili del Fuoco debbano intervenire in tali scenari risultano ancora oggetto di studio e di progressivo aggiornamento delle procedure operative. Dobbiamo infatti prendere atto che, ad oggi, non è stato individuato un agente estinguente realmente efficace al contenimento degli incendi di batterie agli ioni di litio; sono in corso molte attività sperimentali per testare l'efficacia dei sistemi automatici di controllo dell'incendio con le tecniche di saturazione (schiume, aerosol, water mist, deplezione di ossigeno, altro), ma una soluzione veramente efficiente non è ancora stata trovata.

Non da ultimo è importante anche ricordare che un ulteriore elemento di rischio è costituito dal possibile verificarsi del fenomeno del *jet fire*, generato dalla rapida espulsione di gas e vapori infiammabili prodotti dalla decomposizione delle celle della batteria. In contesti quali le autorimesse, caratterizzate dall'affiancamento ravvicinato di veicoli parchati, tale fenomeno può favorire una propagazione rapida e difficilmente controllabile dell'incendio tra veicoli adiacenti.

Il professionista antincendio è quindi chiamato a confrontarsi con scenari di rischio sempre più complessi, che richiedono competenze approfondite nella dinamica dell'incendio e nella valutazione prestazionale della sicurezza antincendio, oppure il coinvolgimento di specialisti nel campo della *Fire Dynamics* e della *Fire Safety Engineering*.

### **Nuove normative antincendio nell'ottica della transizione energetica**

Negli ultimi anni sono state emanate diverse disposizioni normative volte a disciplinare questi rischi emergenti. Tra queste si possono citare le più recenti:

- la Linea guida di prevenzione incendi per la progettazione, installazione, esercizio, manutenzione di impianti fotovoltaici (DCPREV n. 14030 del 01/09/2025

e successiva circolare di chiarimento DCPREV n.14668 del 10/09/2025), che ha aggiornato la precedente Linea guida (DCPREV n.1324 del 07/02/2012);

- le Linee guida per la progettazione, realizzazione ed esercizio dei sistemi di accumulo di energia elettrica (BESS), di cui alla Circolare DCPREV prot. n. 21021 del 23 dicembre 2024.

Le nuove linee guida sul fotovoltaico hanno guidato i professionisti verso una gestione del rischio più consapevole, passando da un approccio puramente prescrittivo ad una valutazione specifica del rischio di incendio, focalizzata sulla riduzione delle probabilità di innesco e sulla limitazione della propagazione.

In particolare, la nuova linea guida precisa e chiarisce molti criteri sulla compatibilità di installazione, tra cui:

- a. distinzione tra moduli fotovoltaici incorporati nell'opera da costruzione (BIPV), che diventano "prodotti da costruzione" ai sensi del Regolamento UE N. 305/2011, e moduli applicati o appoggiati alla costruzione (BAPV), classificati come "impianti";
- b. dimensioni massime delle stringhe e dei sottoinsiemi di pannelli;
- c. distanze di separazione tra stringhe installate sulle facciate degli edifici;
- d. chiarimento (molto atteso) sul criterio di calcolo delle distanze (maggiori di 1 m) tra moduli fotovoltaici ed aperture presenti in copertura;
- e. criteri di installazione degli inverter (distanze reciproche e requisiti delle pareti in adiacenza);
- f. modifica del "caso 3a", con nuove combinazioni di classi di reazione al fuoco tra moduli fotovoltaici (classe E e classe Broof almeno T1) e coperture di tetti (almeno Broof T3, riferita all'intero pacchetti di copertura).

Com'è noto, le modifiche al "caso 3a" sulle modalità di installazione di impianti BAPV possono costituire un'importante limitazione all'installazione di nuovi impianti fotovoltaici su coperture di capannoni industriali esistenti, spesso non dotati dei requisiti di reazione

al fuoco richiesti. In tal caso si ripresenta l'opportunità per il professionista antincendio di ricorrere ad una specifica valutazione del rischio, finalizzata al raggiungimento degli obiettivi di sicurezza definiti dalla Linea guida, con il ricorso ai metodi dell'ingegneria della sicurezza antincendio. Analogamente, le linee guida relative ai sistemi di accumulo BESS forniscono indicazioni utili per l'analisi del rischio e per la definizione delle misure di sicurezza antincendio da adottare.

Tra le strategie progettuali indicate in questa ultima linea guida rientra, ad esempio,

il rispetto di distanze di sicurezza tra i container dei sistemi di accumulo, finalizzate a limitare la propagazione dell'incendio e a prevenire danni agli edifici o alle attività circostanti. Tali distanze devono essere valutate in funzione della potenza installata, della tipologia di edifici presenti nelle vicinanze e della presenza di elementi sensibili o attività critiche.

Le distanze da rispettare sono fornite nella tabella 1, nella quale si riportano le distanze di sicurezza esterna, di protezione ed interna.

ELEMENTO	Distanze di sicurezza (m)		
	Esterna	Protezione	Interna
CONTAINER BESS	20	6	4
ISOLE BESS	20	6	6

Tabella 1. Distanze di sicurezza riportate nelle linee guida BESS.

Anche in questo contesto, il professionista antincendio può ricorrere ad analisi di tipo prestazionale mediante modellazioni avanzate, al fine di valutare scenari progettuali differenti da quelli strettamente prescrittivi. Ad esempio, è possibile stimare se, disponendo i container a distanze inferiori rispetto a quelle indicate

nella tabella e ipotizzando l'incendio in uno di essi, le temperature dei gas caldi all'interno dei container adiacenti rimangano, per un intervallo di tempo significativo, al di sotto di una soglia di circa 80 °C, valore che può essere considerato come possibile indicatore di rischio di innesco delle celle.

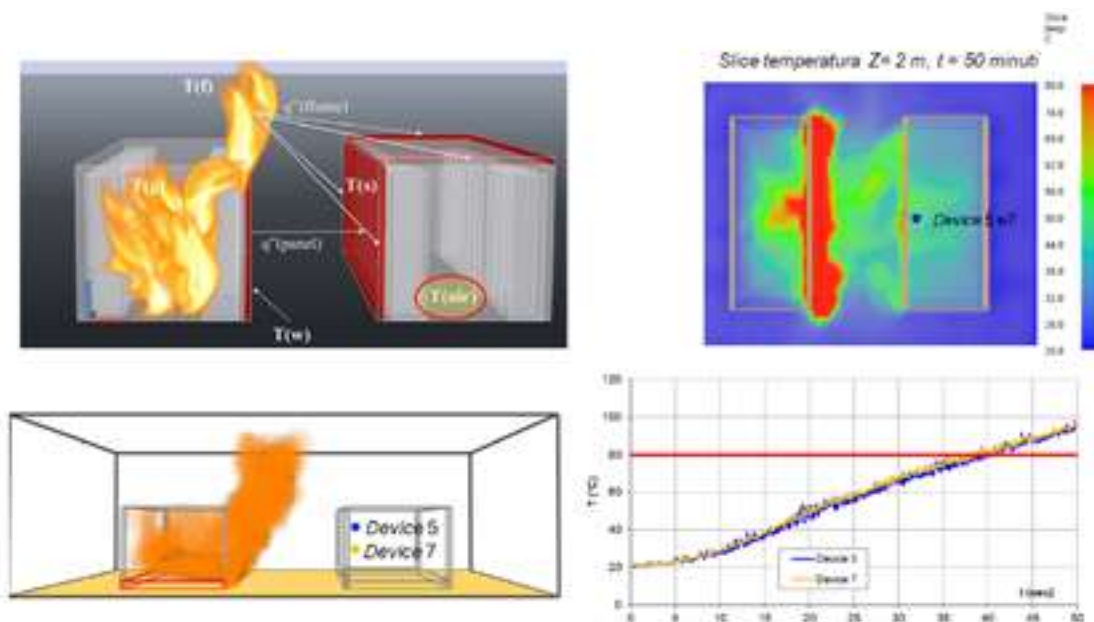


Figura 2. Simulazione numerica fluidodinamica per determinare le temperature dei gas caldi in un container BESS bersaglio e determinare la distanza di sicurezza.

È bene tuttavia ribadire che un incendio in un sistema BESS non rappresenta un incendio convenzionale, come per il caso di autoveicoli termici, non si tratta semplicemente di un materiale che prende fuoco e brucia utilizzando l'ossigeno dell'aria. Al contrario, spesso si tratta di un evento termico autoalimentato, causato da una reazione a catena che avviene all'interno delle celle della batteria e che può proseguire anche in assenza di ossigeno esterno. Questo significa che i pacchi batterie dei sistemi di accumulo possono continuare a generare calore e autoalimentare l'incendio anche in ambienti scarsamente ventilati, rendendo particolarmente complessa l'estinzione, come si è già evidenziato per il caso di auto elettriche. Gli incendi BESS presentano, inoltre, ulteriori criticità legate alla produzione di gas tossici e infiammabili, quali idrogeno, fluoruri e solventi organici. In ambienti chiusi o poco ventilati questi gas possono accumularsi e generare rischi esplosivi significativi. Un ulteriore problema riguarda la possibile riaccensione spontanea della batteria anche a distanza di ore o giorni dall'evento iniziale, con conseguenti rischi per soccorritori e infrastrutture. Per tali motivi, le strategie antincendio convenzionali non risultano sempre sufficienti.

### **Conclusioni**

Il professionista antincendio è quindi chiamato a confrontarsi con scenari tecnologici sempre più complessi, nei quali le conoscenze tradizionali devono essere integrate con competenze avanzate nel campo della dinamica dell'incendio. Le modellazioni numeriche rappresentano uno strumento particolarmente utile per comprendere questi fenomeni, pur presentando inevitabili margini di incertezza. Affrontare tali sfide con un approccio ingegneristico consente tuttavia di ottimizzare le prestazioni di sicurezza, ridurre i costi di progettazione e contribuire in maniera concreta allo sviluppo sicuro delle tecnologie legate alla transizione energetica.

# La sicurezza strutturale per lo sviluppo della società civile

MARIA ROSARIA PECCE

Professore ordinario di Tecnica delle Costruzioni presso l'Università di Napoli Federico II

**L**a sicurezza delle strutture è un tema spesso affrontato solo in seguito del crollo di edifici, ponti, dighe, serbatoi costruzioni in generale, collegando la sua importanza solo ad eventi catastrofici talvolta con la perdita di vite umane. Invece, è un concetto molto più articolato con ricadute sociali pervasive e fondamentali per il progresso e la civiltà dell'umanità.

Intanto dobbiamo renderci conto che le strutture sono ovunque, anche se ormai non ci facciamo più caso e le diamo per scontate. Ci affacciamo ad un parapetto che deve resistere alla nostra spinta. Siamo distratti dal progresso dei sistemi tecnologici delle automobili a cui possiamo dare comandi vocali e non ci accorgiamo che: attraversiamo le montagne con gallerie che sono sempre più larghe, più lunghe e confortevoli perché hanno rivestimenti strutturali in grado di impedire il cedimento del terreno; passiamo su un vallone, su un fiume, su una ferrovia, su un'altra strada perché c'è un ponte che il progresso dell'ingegneria delle strutture ha consentito di costruire sempre più lungo e più largo e in grado di portare mezzi sempre più pesanti e veloci. Siamo in treno e, percorrendo anche in questo caso gallerie e ponti, arriviamo in stazioni sempre più accoglienti che si sviluppano verso l'alto con pareti vetrate o scendono al di sotto del livello stradale ampliandosi senza togliere spazio alla città. Parcheggiamo sopra e sotto il livello della strada dando alle città, sempre più trafficate, il respiro di cui hanno bisogno le zone commerciali o quelle residenziali. Saliamo su edifici sempre più alti che consentono lo sviluppo di zone

commerciali o residenziali in città sempre più urbanizzate. Costruiamo metropolitane che si muovono in sotterranea o in sopraelevata, porti e aeroporti con torri di controllo sempre più alte, pale eoliche, capannoni industriali e così via. Entriamo in ospedali che offrono una organizzazione all'avanguardia in edifici costruiti in zone ad alta sismicità con tecniche moderne, come l'isolamento sismico, che preservano anche le attrezzature dai danni dei terremoti rendendoli utilizzabili nelle fasi di emergenza, in musei in cui le basi degli oggetti di valore sono piccole strutture che li proteggono dalle azioni sismiche, viviamo in case con strutture portanti sempre meno ingombranti e caratterizzate da pareti, vetrate e tetti che ci proteggono dalle forze degli eventi atmosferici sempre più aggressivi.

Tutto questo non solo ci sembra scontato ma anche scollegato dal progresso delle scienze e delle tecnologie, assorbiti ormai da un progresso tecnologico delle comunicazioni, che ci sembra invece più sorprendente e fondamentale perché migliora le nostre percezioni umane più immediate. Intanto le strutture dei serbatoi e delle condotte sopportano la pressione dei gas e dei liquidi, impedendone la fuoriuscita per farli arrivare nelle nostre case, i muri e i ponti sostengono strade per raggiungere centri abitati che avrebbero difficoltà ad approvvigionarsi di beni di prima necessità o di chiamare mezzi di soccorso. Si potrebbe continuare ad enumerare strutture piccole e grandi che hanno consentito all'umanità il miglioramento delle condizioni di vita e lo sviluppo della civiltà, mentre i paesi che non le hanno ancora realizzate trovano in condizioni di vita che ci sembrerebbero impossibili

da accettare, dove le infrastrutture (ponti, gallerie) non consentono di raggiungere tutti per portare acqua, cibo, soccorso. Ci accorgiamo delle strutture quando un ponte, una galleria, un edificio vengono chiusi perché ritenuti non più sicuri, quando non possiamo più prendere una metropolitana perché la galleria realizzata tra mille difficoltà sotto la città e i suoi sottoservizi mostra segni preoccupanti di infiltrazioni o cedimenti, oppure quando la fessurazione di un condotto fognario ne fa sospendere il servizio e le perdite creano problemi alle fondazioni delle case, quando un terremoto porta via le nostre case e le vite umane.

Forse, guardando intorno a noi con più attenzione e senza dare per scontato tutto questo, potremmo cominciare a capire il ruolo della sicurezza strutturale e potremmo vederne l'enorme portata per la società senza aspettare una catastrofe che ne mette in risalto solo i risvolti negativi per l'immagine dell'ingegneria strutturale.

Per addentrarci in un discorso più tecnico, che possa delineare il ruolo dei professionisti che si occupano delle strutture, si deve inquadrare la sicurezza strutturale in una visione più scientifica, che si è evoluta nel tempo cercando di mettere a punto metodi per darne anche una misura.

Nell'antichità le opere si costruivano con regole basate principalmente sull'osservazione dei fenomeni, seguendo approcci empirici ed utilizzando materiali reperibili in natura, come la pietra o il legno. Nel tempo le esigenze di vita e l'ambizione dell'uomo di misurarsi con la natura hanno portato allo sviluppo di metodi scientifici che nell'ambito delle strutture hanno cominciato a trovare la loro codifica anche nella matematica nel 1600-1700. L'ingegneria delle strutture ha fatto i suoi avanzamenti usufruendo dei progressi scientifici anche degli altri ambiti: la chimica e tecnologia dei materiali per conferire ai prodotti le proprietà più adatte per le varie esigenze, la fisica per trovare i sistemi di elementi che possano supportare le azioni a cui la struttura deve essere sottoposta, la matematica per avere metodi nella valutazione quantitativa delle prestazioni fino ad arrivare alla statistica e alla probabilità che ci consentono oggi di tenere conto della aleatorietà delle variabili con cui dobbiamo misurarci (neve, vento, terremoti, resistenze dei materiali) ma anche con le capacità economiche del paese in cui viviamo, alle tecnologie dell'informazione che ci consentono di controllare le nostre opere con

sistemi sempre più avanzati (monitoraggio), ai principi della sostenibilità ambientale per contribuire al rispetto della natura.

È importante a questo punto dare una definizione più scientifica e moderna della sicurezza strutturale che può chiarire la figura del professionista che deve affrontarla. La sicurezza strutturale misura la capacità di una struttura di mantenere le prestazioni richieste mediante un approccio che ottimizza il costo di realizzazione rispetto al costo delle perdite in caso di fallimento delle prestazioni, considerando la durata di vita di riferimento. Ovviamente gli aspetti tecnici ed economici tengono conto del livello culturale e di civiltà del paese, quindi, variano anche nel tempo nello stesso paese.

Questo concetto, che applichiamo in tanti ambiti in modo abbastanza consapevole, è ancora poco digerito per le strutture. Se acquistiamo un elettrodomestico o un'automobile valutiamo il costo di acquisto ma anche la garanzia e la durabilità, e sappiamo che dobbiamo curarne la manutenzione per allungarne la vita di servizio, che l'efficienza comunque si riduce nel tempo fino ad arrivare alla necessità di sostituirla perché non ci darà più le prestazioni per la quale l'abbiamo acquistato. Inoltre, sappiamo che dopo alcuni anni troveremo sul mercato un prodotto con caratteristiche migliori e talvolta a costo più basso. Quindi la sicurezza amplia il suo significato al mantenimento delle prestazioni per cui progettiamo un'opera. Un serbatoio che si fessura facendo fuoriuscire l'acqua non ha una sicurezza adeguata anche se facciamo riferimento alle sue condizioni di servizio e non al crollo, un ponte che non può portare i volumi di traffico attualmente richiesti dai moderni sistemi di trasporto non ha il livello di sicurezza richiesto, un tetto che crolla per un carico da neve frequente in quella zona climatica non ha un livello di sicurezza adeguata alle nostre esigenze. Quando acquistiamo un elettrodomestico è altrettanto chiaro che dobbiamo rapportarci con le nostre possibilità economiche e quindi sceglieremo un costo iniziale più o meno basso ottenendo prestazioni in servizio e nel tempo diverse. Il problema è analogo per le strutture ma in questo caso la funzionalità e in generale la capacità di rispondere alle azioni è spesso occultata da aspetti estetici e funzionali, architettonici e impiantistici, che ci risultano più evidenti e con ricadute immediate sulla nostra percezione. Inoltre, la durata delle strutture nel tempo è molto più elevata in rapporto alla nostra vita rispetto

A CURA DELLA REDAZIONE

## SICUREZZA STRUTTURALE E SOCIETÀ CIVILE

Lione, Ponte Schuman: un esempio di infrastruttura contemporanea in cui **efficienza strutturale, qualità architettonica e funzione urbana** si integrano in modo equilibrato. Le **prestazioni elevate** delle arcate in acciaio e del sistema di sospensione garantiscono la sicurezza strutturale, contribuendo al tempo stesso alla definizione dello spazio urbano.

La **sicurezza strutturale** è una condizione essenziale per la vita quotidiana che dialoga oggi con gli spazi urbani, ponti e infrastrutture assicurano **mobilità, continuità dei servizi e connessione**.

L'affidabilità è il risultato di **progettazione, materiali e controllo nel tempo**: la sicurezza diventa così una qualità spesso invisibile, che si manifesta nella fiducia con cui utilizziamo ogni giorno le infrastrutture che **sostengono la società**.





a quella di un macchinario o di un impianto, pertanto, non siamo portati ad esaminare con attenzione i costi di manutenzione e la necessità di una sostituzione nel tempo. Però le esigenze che mettiamo alla base del nostro concetto di sicurezza si devono anche rapportare con il livello culturale e di civiltà del paese in cui viviamo, perché è chiaro che nei paesi in cui si deve ancora affrontare il problema della fame non si possono sostenere i costi di realizzazione delle opere di paesi industrializzati. In ogni caso il progresso scientifico continuerà a comportare modifiche di metodi e tecniche per la valutazione della sicurezza.

La ricerca nel settore delle strutture consente attualmente prove sperimentali in laboratorio su strutture anche in scala reale sottoposte alle azioni del terremoto con l'uso delle tavole vibranti e per effetto del vento nelle gallerie del vento, ma anche prove sulle strutture in sito per studiarne la risposta sotto carichi statici e dinamici. Le conoscenze acquisite entrano nelle normative, che hanno l'obiettivo di fornire le indicazioni per ottenere un livello di sicurezza uniforme delle strutture. In Europa siamo alla seconda generazione degli Eurocodici, in Italia stiamo revisionando la seconda edizione delle Normative Tecniche che nel 2008 modificarono in modo sostanziale il nostro approccio alla sicurezza strutturale.

Ovviamente il processo di sviluppo, tuttora in corso e con le stesse prospettive di avanzamenti scientifici e tecnologici di altri settori, sente il peso di un passato di secoli di realizzazioni che altri ambiti dell'ingegneria nati in età moderna non hanno. Le strutture esistenti sono state realizzate nei secoli con canoni e metodi diversi tra loro ma anche con una prospettiva diversa dei costi di costruzione e di manutenzione. Un edificio o un ponte monumentale sono stati costruiti apparentemente senza seguire le regole teoriche che oggi ci sembrano imprescindibili per garantire la sicurezza, ma questo non ne determina automaticamente una sicurezza realmente più bassa di un'opera progettata secondo le normative vigenti. Alcune scoperte scientifiche sono antiche ma non possono essere superate perché sono basate sulle solide leggi della fisica, lo studio della fune e dell'arco che hanno ormai 400 anni hanno dato vita ad opere grandiose come le cupole di imponenti chiese e monumenti, che spesso ammiriamo solo per le decorazioni, che non hanno niente da invidiare alle strutture curve in calcestruzzo armato di Nervi realizzate nel '900 o alle tensostrutture più moderne.

Il professionista che si occupa della sicurezza strutturale deve prepararsi e confrontarsi con un grande bagaglio di conoscenze, ma contemporaneamente con gli strumenti più



Figura 1. La cupola di San Pietro (Michelangelo 1500-1600) in muratura



Figura 2. Le autorimesse di Orvieto (Nervi 1935) in calcestruzzo armato



Figura 3. Il Metropol Parasol a Siviglia (Jurgen Mayer 2011) in legno

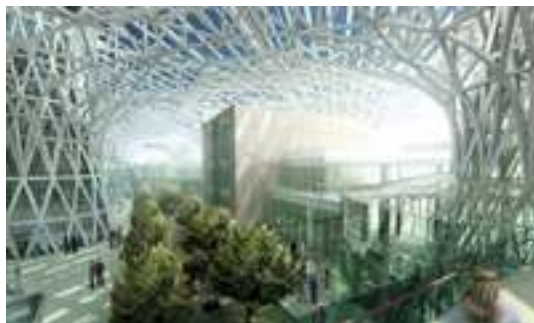


Figura 4. Rendering del progetto Masdar Headquarters, Abu Dhabi (Adrian Smith + Gordon Gill Architecture, 2025) in acciaio. Immagine per gentile concessione di smithgill.com.



moderni della scienza e della tecnologia. Si deve muovere in ambiti molto ampi tenendo presente che la sicurezza ha ricadute sia sulla funzionalità sia sul collasso delle opere, deve considerare le prestazioni che soddisfino gli attuali standard di vita nella progettazione delle opere nuove. Deve analizzare la sicurezza delle opere esistenti per adeguarle, anche con la sostituzione, tenendo conto che ci sono beni monumentali insostituibili, palazzi, chiese, castelli, templi, intere città antiche, in cui si devono coniugare insieme il rispetto per l'identità storica con i requisiti di sicurezza. Si deve mettere a servizio di una architettura moderna che deve essere ambiziosa nell'estetica e nella sostenibilità ambientale. Deve rispettare regole economiche ma non deve mai smettere di cercare soluzioni innovative che lasceranno il segno nel tempo.

Nell'ambito delle strutture esistenti l'ingegnere deve cercare, non solo le soluzioni tecnicamente efficienti, ma deve ridurre il disagio della sospensione di un servizio per tempi lunghi, come può essere richiesto dalla demolizione e successiva ricostruzione, ma evitando anche che il costo di un intervento sia troppo elevato senza garantire comunque un adeguato incremento della vita utile dell'opera.

Chi si occupa oggi della sicurezza strutturale deve considerare le ricadute ambientali della demolizione per lo smaltimento dei rifiuti, ma anche le possibilità di utilizzare materiali e tecnologie con prestazioni più avanzate che consentono una revisione della funzionalità adeguata ai nuovi standard di vita (ad es. spazi funzionali in edifici pubblici e privati, tipo di traffico stradale e ferroviario per i ponti).



In questo quadro così complesso emerge con chiarezza il ruolo della sicurezza strutturale per la società e l'impegno richiesto a chi deve studiare e lavorare per garantirla, con la consapevolezza che oggi dovrà accettare di lavorare con grandi responsabilità rimanendo spesso nell'ombra di ricadute più facilmente percepibili, a differenza di quanto accadeva nel passato in cui l'ingegneria delle strutture emergeva in Italia con le opere di grandi menti come Nervi, Morandi, Zorzi e tanti altri.

La società deve prestare molta attenzione a questa banalizzazione del ruolo del professionista che si occupa della sicurezza strutturale, attribuendo erroneamente un ruolo fondamentale all'applicazione di norme e software alla portata di tutti, e scoraggiando i giovani dalla scelta di questa strada in cui non riescono a vedere quanto sia moderna e in continua evoluzione la figura dell'ingegnere, perché le strutture sono ovunque intorno a noi e sono quelle che ci consentono di vivere con la tranquillità di proteggerci dagli eventi naturali, di avere tutti i servizi necessari nelle città, di muoverci da un posto all'altro ma anche di potere usufruire delle opere antiche e di potere realizzarne di nuove sempre più belle e funzionali inventando soluzioni più affidabili e ambiziose nella più ampia accezione del termine.

Venticinque anni fa era impensabile che il carbonio utilizzato per le attrezzature sportive potesse trovare la forma per essere incollato correntemente sulle strutture e rinforzarle, che un sensore elettrico ci potesse dare una informazione sull'apertura di una fessura, che una telecamera ci potesse indicare il tipo di veicolo che è passato sulla strada e, accoppiandosi con dei sensori su strada, anche una stima del suo peso. Dieci anni fa si intravedeva appena la possibilità che la tecnologia della stampa 3D potesse ricamare strutture con le capacità portanti di materiali da costruzione tradizionali.

Attualmente nel settore delle strutture è essenziale avere la capacità di lavorare in gruppi multidisciplinari attraverso un linguaggio condiviso e valorizzando le singole competenze nell'obiettivo comune di utilizzare tutti gli avanzamenti delle scienze e delle tecnologie a vantaggio della sicurezza.

La figura professionale che si occupa della sicurezza strutturale è poliedrica e aperta ad un ampio dialogo tecnico, pertanto, dobbiamo assicurarci che l'ingegneria delle strutture si alimenti di menti brillanti che

consentiranno di realizzare infrastrutture e opere di grande architettura sempre all'avanguardia ma anche di prolungare la vita utile delle strutture esistenti.

### Riferimenti bibliografici

1. *Bridges: Structures and Materials, Ancient and Modern* DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.90718>
2. *fib Bulletin N°80: Partial safety factor methods for existing concrete structures*. 2016. Lausanne: fib.
3. Lenticchia E., Ceravolo R., and Faccio P. *Understanding the structures of Pier Luigi Nervi: a multidisciplinary approach*. VITRUVIO 8, Special Issue 2 (2023), *International Journal of Architecture Technology and Sustainability*.

# Competenze tecniche e gestionali per la tutela dei Beni Culturali

VINCENZO CALVANESE

Ingegnere civile edile, funzionario del Ministero della Cultura al Parco Archeologico di Pompei

---

**R**agionare sul contributo che l'ingegnere contemporaneo può dare alla tutela e salvaguardia dei Beni Culturali italiani, in un'epoca in cui le nuove e più moderne tecnologie entrano a contribuire rispetto alle tecniche tradizionali per la divulgazione e la valorizzazione del Patrimonio, conduce alla necessità di un ripensamento del ruolo squisitamente specialistico ed eccessivamente tecnico dell'ingegnere, così come si è storicamente consolidato.

Le competenze tecniche, gestionali, manageriali, organizzative ed in parte anche umanistiche dell'ingegnere contemporaneo ne plasmano una figura sempre più poliedrica e multiforme, che a pieno diritto, una volta acquisite e consolidate le dovute e necessarie conoscenze e competenze specifiche del settore dei Beni Culturali, che non sempre costituiscono parte del bagaglio culturale di partenza della figura di ingegnere "classica", può legittimamente aspirare a ruoli apicali e di coordinamento anche nei settori strategici per l'economia italiana della valorizzazione anche economica del Patrimonio Culturale del Bel Paese.



Figura 1. Vista aerea del sito archeologico di Pompei con il Vesuvio sullo sfondo

### **L'ingegnere da consulente guardato con diffidenza a parte integrante dei team per la conservazione**

Storicamente la gestione e la tutela dei Beni Culturali nel nostro Paese sono sempre stati appannaggio delle professionalità umanistiche quali storici dell'arte, archeologi, architetti esperti di restauro, ma tassativamente precluse a figure esclusivamente tecniche quali gli ingegneri civili o i più recenti profili professionali di ingegneri edili/architetti e gestionali. La spiegazione, condivisibile ma antiquata, va cercata essenzialmente nella volontà di garantire, per la preservazione del patrimonio, la cura di chi ne ha studiato la genesi, la storia, i valori estetici, architettonici ed archeologici, lasciando a tali competenze ogni decisione e responsabilità su interventi, gestione, tutela e conservazione.

Emblematico resta il *casus belli* della competenza in ambito di direzione lavori su edifici vincolati. Si richiama a tal proposito l'art. 52 del R.D. n. 2537/1925 recante il Regolamento per le professioni di ingegnere e di architetto, secondo cui *"le opere di edilizia civile che presentano rilevante carattere artistico ed il restauro e il ripristino degli edifici contemplati dalla L. 20 giugno 1909, n. 364, per l'antichità e le belle arti, sono di spettanza della professione di architetto; ma la parte tecnica ne può essere compiuta tanto dall'architetto quanto dall'ingegnere"*. Quindi, per legge, l'ingegnere si può occupare solo della parte tecnica dei progetti di restauro, la cui competenza complessiva resta ancora oggi esclusiva dell'architetto.

In realtà, visto anche l'avanzamento delle nuove tecnologie applicate al settore dei beni culturali, la convinzione diffusa è che non si può più prescindere, nel settore del restauro e della conservazione dei BBCC, da un approccio multidisciplinare integrato da competenze specialistiche di diversa natura, condividendo un linguaggio comune ed un approccio di collaborazione teso all'ascolto delle diverse istanze e competenze con la necessità, in ogni caso, di una sintesi finale. Nascono così team multi-disciplinari con architetti, ingegneri, archeologi, restauratori e tanti altri specialisti (per esempio diagnostici, geologi, vulcanologi, etc.) a seconda della tematica di interesse e della peculiarità del caso affrontato: il caso di uno scavo archeologico va trattato diversamente dal restauro di una torre medievale, solo per fare un esempio.

All'interno di questi teams acquisisce sempre più un ruolo chiave la figura dell'ingegnere esperto nella gestione e conservazione dei beni culturali, per le sue capacità manageriali e di team-building, che derivano da un background finalizzato al *problem solving* ed alla necessità di valutare la migliore soluzione tra le diverse opzioni presenti, facendo sintesi delle variegata ed a volte persino contrastanti istanze della conservazione, della salvaguardia del bene, della sicurezza del patrimonio e del pubblico che ne deve fruire.

### **Dalla diagnostica al restauro strutturale, alla sicurezza antincendio dei luoghi della cultura. Dall'efficientamento energetico degli edifici vincolati agli studi illuminotecnici per valorizzare il patrimonio.**

L'ingegneria svolge oggi un ruolo decisivo nella tutela e nella salvaguardia del patrimonio culturale italiano: un patrimonio diffuso, fragile e costantemente esposto a rischi naturali, ambientali ed antropici. L'estrema diversità tipologica e morfologica, unita ad una intrinseca complessità dei Beni Culturali vincolati richiede appunto un approccio multidisciplinare in cui le competenze tecniche, gestionali e scientifiche si integrano per garantire interventi efficaci, sostenibili e rispettosi della materia storica, oggetto della tutela.



Figura 2. Particolare del colonnato antistante il Macellum nel Foro di Pompei

Diversi sono gli ambiti disciplinari nei quali le figure e le competenze ingegneristiche risultano determinanti, sia nella definizione dell'approccio progettuale che per indirizzare le scelte strategiche e metodologiche a base delle istanze di conservazione, tutela,

valorizzazione e fruizione dei Beni Culturali e dei luoghi della Cultura (dai siti preistorici ai parchi archeologici, dai musei agli edifici monumentali impiegati per i più diversi usi di rappresentanza e/o impiego per funzioni private o pubbliche).

Uno dei contributi principali dell'ingegneria riguarda, in prima istanza, la conoscenza approfondita del bene da conservare: attraverso tecniche avanzate di rilievo – laser scanner, fotogrammetria digitale, modelli BIM dedicati ai beni storici, analisi multispettrali – è possibile ricostruire con precisione geometrie, materiali, vulnerabilità e trasformazioni subite nel tempo. Questi strumenti permettono di creare *digital twins* che supportano analisi strutturali evolute, valutazione del rischio e pianificazione di interventi mirati. La diagnostica ingegneristica, non invasiva e ad alta risoluzione, consente inoltre di studiare l'interno delle murature storiche, identificare difetti nascosti, umidità, degradi e incompatibilità materiali senza alterare in alcun modo l'opera. Trattasi di competenze altamente specialistiche e professionalizzanti acquisite con studi ed esperienze specifiche e mirate da professionisti ingegneri che si dedicano allo studio ed all'applicazione di tali tecniche e tecnologie premettendo ed affiancando un necessario approfondimento nel campo dei Beni Culturali materiali su cui tali tecniche possono essere efficacemente impiegate.



Figura 3. Atrio della casa delle Nozze d'Argento a Pompei, dopo i recenti restauri ed il rifacimento delle coperture

Un altro ambito fondamentale di competenza squisitamente ingegneristica riguarda la sicurezza strutturale: lo strutturista, in collaborazione con architetti, restauratori e storici dell'arte, elabora soluzioni che garantiscano l'incolumità delle persone e la conservazione del bene, rispettando i criteri base del restauro contemporaneo: dal principio del minimo intervento alla reversibilità dell'intervento, dalla compatibilità dei materiali alla riconoscibilità dell'integrazione. Le tecniche di consolidamento per edifici monumentali devono essere compatibili con i materiali originari e reversibili, quando più possibile. Interventi come l'inserimento di sistemi di cerchiatura, l'uso di malte tradizionali rinforzate con materiali naturali o fibre, l'applicazione di sistemi antisismici innovativi ma discreti possono costituire esempi di come l'ingegneria possa dialogare con il valore storico-artistico del manufatto senza comprometterne l'autenticità. La normativa sismica vigente ed il rischio idrogeologico unito ai cambiamenti climatici, particolarmente rilevanti per l'Italia, richiedono un continuo aggiornamento e l'applicazione di metodologie specifiche per i beni vincolati.

Altro campo di piena integrazione disciplinare in cui le scienze ingegneristiche risultano trainanti è quello della sicurezza antincendio, con la complessità che deriva dal doverla garantire in edifici storici e monumentali che difficilmente si adattano ai dettati normativi contemporanei che prescrivono misure coercitive e tecniche specifiche per limitare i danni e garantire la sicurezza in caso di incendio delle persone e dei monumenti. Analogamente si può ragionare delle istanze, oggi così pregnanti, dell'efficientamento energetico degli edifici, dell'utilizzo di fonti rinnovabili per la produzione di energia e per introdurre sistemi impiantistici ed illuminotecnici che risultano molto difficili da rendere compatibili con i caratteri storici, paesaggistici ed architettonici della maggior parte degli edifici monumentali: laddove però la sfida si fa più dura maggiore è la necessità di specializzazione ingegneristica, competenza tecnologica e flessibilità progettuale.

### **Competenze manageriali e gestionali per la nuova vision della gestione dei luoghi della cultura**

Accanto agli aspetti tecnici, l'ingegneria apporta un contributo decisivo anche nella

**gestione dei processi:** la conservazione moderna non si limita al singolo intervento, ma richiede una visione sistemica, capace di integrare competenze scientifiche, amministrative ed economiche. La programmazione della manutenzione, spesso trascurata nel passato, è oggi uno strumento irrinunciabile. Attraverso piani di manutenzione predittiva basati su sensori, monitoraggi strutturali continui, analisi dei cicli ambientali e controllo delle vibrazioni, si riesce a prevenire il degrado, riducendo costi e rischi.

L'ingegnere gestisce inoltre, con estrema competenza ed efficacia, gli aspetti procedurali: dalla fase di indirizzo alla programmazione degli interventi, dallo scouting per individuazione e recepimento dei finanziamenti, dalle fasi di progettazione (nei diversi livelli oggi prescritti dalla norma) a quella di verifica e validazione dei progetti; dal momento dell'approvazione e messa in gara dell'intervento a quello della direzione dei lavori, coordinamento della sicurezza, revisione, rendicontazione contabile e collaudo delle opere.

**La gestione del rischio** rappresenta un altro settore in cui l'ingegneria fornisce strumenti indispensabili. La valutazione integrata dei pericoli – sismici, idraulici, meteorologici, antropici – permette di definire strategie di mitigazione e piani di emergenza specifici per musei, complessi monumentali e centri storici. L'ingegnere contribuisce alla creazione di sistemi di protezione passiva e attiva, modelli di evacuazione e piani di conservazione programmata che consentono di garantire la continuità culturale anche in situazioni critiche. La digitalizzazione dei flussi informativi, attraverso piattaforme GIS e banche dati condivise, facilita inoltre la gestione coordinata del patrimonio su scala territoriale.

Un aspetto sempre più rilevante riguarda inoltre la **sostenibilità**. La tutela dei Beni Culturali richiede soluzioni tecniche che limitino l'impatto ambientale, riducano i consumi energetici e valorizzino materiali e tecnologie tradizionali. L'ingegneria applica criteri di efficienza compatibili con la conservazione, come sistemi climatici non invasivi, ventilazione naturale controllata, illuminotecnica calibrata e monitoraggio continuo dei parametri microclimatici. Questi interventi migliorano la fruizione, proteggono opere e ambienti e sostengono la durabilità nel tempo.

Nel contesto contemporaneo della tutela e valorizzazione dei beni culturali, la figura dell'ingegnere assume un ruolo sempre più centrale e strategico, configurandosi come elemento di raccordo tra competenze tecniche, esigenze conservative e istanze di fruizione pubblica. La complessità dei sistemi culturali – che comprendono manufatti architettonici, infrastrutture storiche, siti archeologici e paesaggi culturali – richiede infatti un approccio multidisciplinare in cui l'ingegneria si integra con l'architettura, l'archeologia, la storia dell'arte e le scienze della conservazione.

### **Il riconoscimento di una competenza specifica ed i nuovi ruoli nel Ministero della Cultura.**

Il riconoscimento della competenza specifica degli ingegneri all'interno del Ministero della Cultura rappresenta oggi un passaggio cruciale nel processo di modernizzazione delle politiche di tutela e valorizzazione del patrimonio culturale. In un contesto caratterizzato da crescente complessità tecnica, dalla necessità di garantire sicurezza, sostenibilità e innovazione, la figura dell'ingegnere assume un ruolo sempre più centrale e strategico, superando una concezione tradizionale limitata al solo supporto operativo ed eccessivamente tecnico e specialistico negli ambiti di stretta competenza.



Figura 4. Vista delle coperture dell'Insula dei Casti Amanti, recentemente realizzate a protezione dello scavo, con una passerella sospesa per consentire la visita ai turisti durante i lavori di restauro.

La progressiva formalizzazione delle competenze ingegneristiche nel MiC si traduce nel riconoscimento di ambiti specialistici ben definiti: dalla diagnostica strutturale alla gestione del rischio sismico, dalla progettazione impiantistica alla conservazione programmata, fino all'impiego di tecnologie avanzate per il monitoraggio e la digitalizzazione del patrimonio. In questo quadro, l'ingegnere non è più soltanto un mero tecnico esecutore di supporto, ma acquisisce lo status di un professionista di primo piano in grado di integrare conoscenze scientifiche, umanistiche, storiche con capacità progettuali e visione sistemica.

Particolare rilievo assume l'introduzione e il consolidamento delle cosiddette "elevate professionalità", profili ad alta qualificazione destinati a valorizzare competenze specialistiche e responsabilità avanzate. Tali figure rappresentano un elemento di innovazione organizzativa, poiché consentono di riconoscere formalmente il livello di expertise maturato dagli ingegneri all'interno dell'amministrazione, attribuendo loro funzioni di coordinamento, indirizzo tecnico e supporto decisionale. Le elevate professionalità contribuiscono inoltre a colmare il divario tra dimensione amministrativa e dimensione tecnico-scientifica, favorendo una gestione più efficace e consapevole dei processi di tutela.

I nuovi ruoli destinati agli ingegneri e ad altre figure specialistiche nel Ministero si collocano, dunque, in una prospettiva fortemente interdisciplinare. Essi operano in sinergia con architetti, archeologi, storici dell'arte e restauratori, contribuendo alla definizione di strategie integrate per la conservazione e la valorizzazione dei beni culturali. In tale contesto, l'ingegnere è chiamato a interpretare e governare la complessità, intervenendo non solo nella fase progettuale, ma anche in quelle di pianificazione, gestione e manutenzione. In concreto, il riconoscimento delle competenze specifiche degli ingegneri e l'introduzione di nuovi ruoli qualificati all'interno del Ministero della Cultura segnano un'evoluzione significativa nel modo di concepire la tutela del patrimonio. Si afferma un modello in cui la dimensione tecnico-scientifica diventa parte integrante delle politiche culturali, contribuendo a rendere più efficaci, sostenibili e innovative le azioni di conservazione e valorizzazione.

## Conclusioni

Il contributo dell'Ingegneria alla tutela del Patrimonio Culturale italiano è dunque molto più ampio della mera dimensione tecnica o tecnologica. È un lavoro di mediazione tra passato e futuro, tra memoria e innovazione: l'ingegnere opera come interprete di un sistema complesso, capace di trasformare conoscenza scientifica, metodologia gestionale e sensibilità culturale in azioni concrete a favore della conservazione per la tutela e la salvaguardia dello straordinario Patrimonio Culturale Italiano: l'ingegnere, grazie alla sua formazione tecnico-scientifica e alla sua precipua capacità di operare in contesti complessi, rappresenta una figura imprescindibile nel campo della tutela dei beni culturali, contribuendo in maniera significativa alla salvaguardia e trasmissione del patrimonio alle generazioni future.

# Isteresi Urbana: l'ingegnere non potrà più progettare il “sempre”

**BIAGIO BISIGNANI**

Ingegnere urbanista, Direttore della Direzione Urbanistica del comune di Catania,  
Componente del Gruppo di Lavoro sulla Rigenerazione Urbana del CNI

---

**E**siste una legge fisica, nota a ogni ingegnere, che descrive il ritardo con cui un sistema risponde alle variazioni delle forze che lo governano. La molla che si deforma sotto un carico non torna esattamente al punto di partenza quando il carico viene rimosso, perché conserva una memoria della tensione subita, un'impronta che ne modifica per sempre il comportamento futuro. Le città funzionano allo stesso modo. Reagiscono in ritardo alle trasformazioni sociali, economiche e tecnologiche che le investono, e quando infine si adattano, non tornano a ciò che erano. Questo ritardo strutturale, questa memoria del cambiamento impressa nel cemento, nei “materiali urbani” (Gabellini, 1996) e nei tessuti stratificati, è la condizione nella quale l'urbanistica esercita il proprio mestiere. La differenza rispetto al passato è che oggi il carico applicato si è fatto improvvisamente molto più pesante, e il sistema mostra i segni della tensione.

L'irruzione dei programmi di spesa del PNRR ha imposto alle città italiane un ritmo che la pianificazione tradizionale non era concepita per sostenere. I tre miliardi e quattrocento milioni destinati alla rigenerazione urbana, i novecento milioni per i Piani Urbani Integrati e le risorse per la resilienza territoriale convergono verso un'urgenza comune che obbliga a progettare, realizzare e rendicontare con una velocità che contrasta frontalmente con i tempi nei quali l'urbanistica ha sempre trovato la propria forza. È mia opinione che non si tratti di un limite della disciplina, bensì della sua natura più autentica. L'urbanistica ha bisogno di tempo perché il territorio ha

bisogno di essere ascoltato, e ascoltare non è mai stato un'operazione rapida.

Eppure il tempo disponibile si è bruscamente contratto. Ogni Comune, dal capoluogo metropolitano al centro con più di quindicimila abitanti, ha dovuto adeguarsi a scadenze che in circostanze ordinarie sarebbero parse irrealistiche. Chi non è riuscito ad affidare i lavori nei termini previsti ha rischiato di perdere risorse che difficilmente si ripresentano; chi ha saputo organizzarsi ha avviato cantieri che in condizioni normali avrebbero richiesto anni di preparazione. Questa accelerazione ha reso visibili, con una chiarezza che nessun convegno avrebbe potuto produrre, le profonde disparità tra i territori italiani e la fragilità di un sistema di competenze professionali che deve guardare avanti con più determinazione di quanto non abbia fatto finora. La scarsità di professionisti disponibili è già oggi uno dei colli di bottiglia meno discussi ma più reali di questa stagione, perché chi dovrebbe guidare la trasformazione è spesso intrappolato nei cantieri già aperti, dentro procedure di progettazione e direzione lavori che non lasciano margini per pensare al domani.

La questione delle competenze è il nodo più vivo di questo momento. Chi si occupa di urbanistica - ingegnere, architetto o pianificatore che sia, perché la città è stata da sempre terreno di incontro e talvolta di feconda contesa tra le discipline - porta con sé una responsabilità che non si misura soltanto in indici di fabbricabilità o rapporti di copertura. Si misura nella capacità di leggere il territorio

in maniera diversa, un sistema di organi vitali, si cerca di coglierne le tensioni latenti prima che diventino fratture manifeste, di proporre risposte che abbiano il coraggio di essere ottimali senza pretendere di essere definitive. Le soluzioni definitive, in urbanistica, non credo che esistano. Esistono risposte coerenti ai problemi di un dato momento, risposte che il tempo trasformerà inevitabilmente in nuove domande da affrontare con nuovi strumenti. Non è rassegnazione, bensì la forma più onesta di sapere che questa professione possa praticare. È un buon motivo, forse, per ascoltare chi invece predica la soluzione olistica, quanto meno una occasione per non obbligarli a tacere.

In questo orizzonte, il Consiglio Nazionale degli Ingegneri ha dimostrato di saper leggere il momento con lucidità. Ha tradotto in azione programmatica quella maturità disciplinare che altrove rischia di restare enunciazione di principi. Il ciclo di convegni “Traiettorie urbane e territoriali”, inaugurato a Prato a maggio del 2024 e il cui percorso si è strutturato poi a Lecce nel luglio 2025 e nel novembre successivo a Modena, ha portato il confronto sulla rigenerazione urbana direttamente nei territori, con la chiarezza di chi sa che ogni città è un caso a sé e che le soluzioni non si esportano come formule predittive. Il protocollo d'intesa con l'ANCI, l'istituzione di un Gruppo di Lavoro sulla rigenerazione e il dialogo con il legislatore costruiscono, con pazienza, un ruolo rinnovato per l'ingegnere nel governo del territorio.

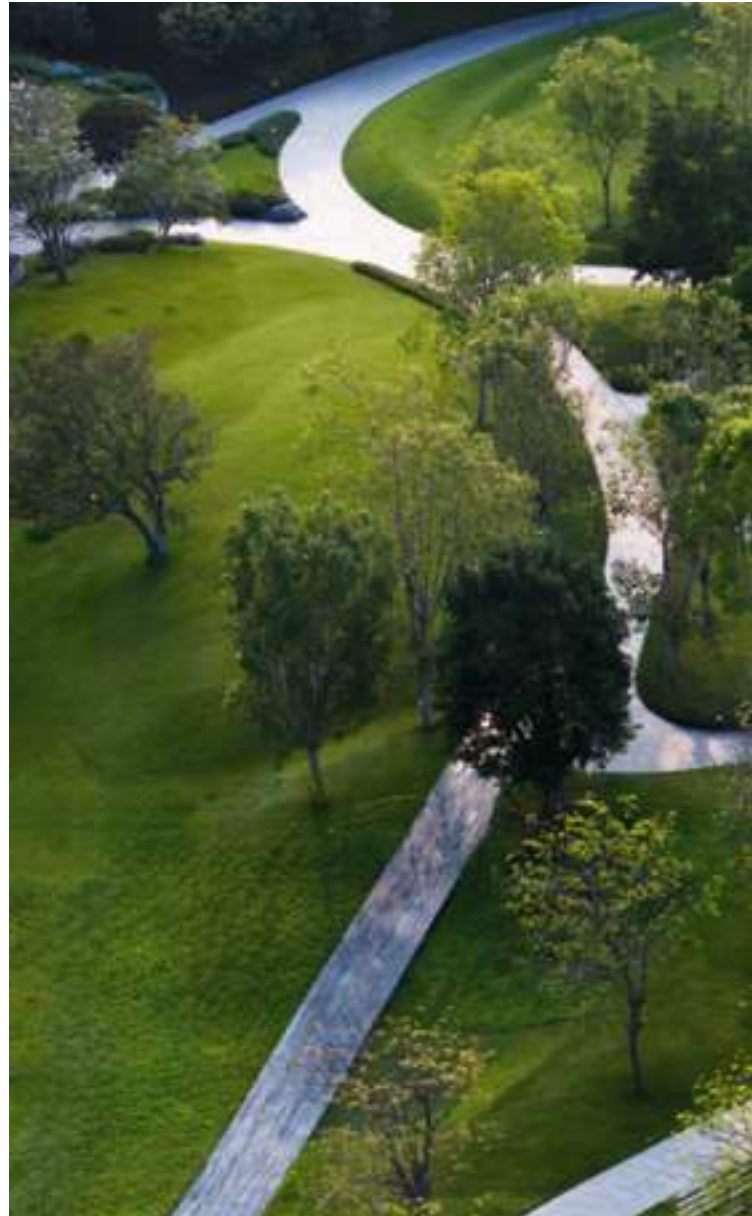


La città del presente non si misura più soltanto in metri quadrati di verde per abitante o in standard edilizi. Si misura nella qualità dell'aria che si respira, nella possibilità concreta di muoversi senza dover ricorrere sistematicamente all'automobile privata, nella fluidità con cui la mobilità alternativa, dai sistemi di trasporto pubblico integrato alle reti ciclabili e pedonali, riesce a sottrarre traffico alle arterie urbane senza impoverire la mobilità complessiva. Ma anche su come i servizi riescono a raggiungere i cittadini, in particolare la popolazione più fragile, e su come la città si plasma, non solo per i lavoratori ma anche per i loro genitori ed i figli. Una città che



non riesce a ridurre la pressione veicolare sulle proprie strade non risolve soltanto un problema di congestione, ma rinuncia a restituire spazio davvero vivibile ai propri abitanti, e questo è un costo che nessuna analisi tradizionale riesce a calcolare pienamente.

Rendere le città più vivibili non è un obiettivo sentimentale ma la premessa di qualsiasi urbanistica praticata che voglia avere senso nel lungo periodo. In sostanza non si tratta soltanto di aumentare il verde, come in certi filoni di pensieri autodidatti. Sarebbe troppo facile e scontato. Ed è proprio qui che si apre quella che si potrebbe descrivere come la mutazione genetica dell'ingegnere urbanista. Per decenni, la pianificazione urbana si è fondata sul determinismo razionale, una visione del mondo secondo la quale il territorio poteva essere analizzato, compreso e governato attraverso modelli lineari di causa e effetto. Si calcolava la popolazione futura, si stimava il traffico derivante e di conseguenza si dimensionavano le infrastrutture; si dimensionava anche il "bosco urbano" non per la sua essenza biotica ma per la quantità pro capite. Non c'è prova per dire che quella stagione era sbagliata, come qualcuno vorrebbe far capire, e sarebbe ingiusto giudicarla con gli occhi di oggi, perché rispondeva con gli strumenti disponibili ai problemi più urgenti di un'epoca in cui le città crescevano a ritmi inauditi e la priorità era dare risposta ai bisogni più evidenti, quelli che premevano con più forza sulla vita quotidiana di milioni



di persone. Il determinismo razionale era la risposta adeguata alle domande di allora. Ma le domande sono cambiate. La città contemporanea non è più un sistema che cresce in modo prevedibile verso un assetto stabilito, essendo diventata un sistema adattivo in continua negoziazione con forze che sfuggono a qualsiasi modellazione deterministica. In questo contesto, la verifica "stocastica" (termine molto diffuso tra i modelli matematici ed economici) dei problemi ha preso il posto della certezza del calcolo, e l'urbanista deve oggi saper lavorare con le probabilità, con gli scenari alternativi, con le simulazioni che contemplan l'incertezza come variabile strutturale e non come disturbo da eliminare. Deve essere sensibile ai processi ed al loro studio. Gli strumenti evoluti di supporto alle decisioni, oggi sostenuti anche



dall'intelligenza artificiale, offrono possibilità che fino a pochi anni fa erano impensabili, ovvero non più soltanto l'ottimizzazione di una funzione di costo, ma la valutazione multicriteriale di scenari complessi nei quali entrano in gioco variabili sociali, culturali ed economiche che non si lasciano ridurre a un unico denominatore monetario. La decisione urbana non è più un problema di calcolo lineare, ma un problema di governo dell'incertezza, e governare l'incertezza richiede una formazione che la tradizione accademica italiana ha ancora molta strada da percorrere per costruire.

In questo cammino verso la complessità, lo strumento forse più prezioso è quella capacità di osservare un sistema nella sua interezza che la filosofia dottrinale, riprendendo e rielaborando criticamente

l'immagine del panopticon benthamiano (cit. 1791), ha ricondotto alla possibilità di vedere senza che nessuna parte del sistema possa sfuggire all'osservazione. Applicata all'urbanistica, questa metafora descrive non un meccanismo di controllo ma una modalità di lettura integrata del territorio, la possibilità di vedere la città come un tutto coerente, di cogliere le interazioni tra le sue componenti, di individuare le tensioni sistemiche prima che si manifestino in crisi localizzate. Non è sorveglianza, bensì diagnosi. Ed è esattamente il tipo di sguardo che gli strumenti digitali della pianificazione contemporanea, dai sistemi informativi territoriali alle analisi dei flussi in tempo reale, stanno cominciando a rendere possibile, sia pure in modo ancora parziale e sperimentale.



110

Sul versante degli strumenti digitali più avanzati, alcune città europee e nordamericane stanno sperimentando i cosiddetti gemelli digitali urbani, repliche virtuali alimentate da dati in tempo reale che consentono di simulare le conseguenze di scelte progettuali prima di tradurle in cantieri. Si tratta di una sperimentazione promettente, che guarda nella direzione giusta, ma che sarebbe imprudente presentare come una soluzione già matura e diffusamente applicabile. I risultati sono ancora in corso di valutazione, i costi di implementazione rimangono significativi e le questioni di governance dei dati restano in larga parte aperte. Vale la pena tenerla nel campo visivo, senza farne un feticcio.

Le esperienze internazionali che si stanno accumulando in questi anni meritano di essere lette con spirito critico e senza precipitazione. La Svezia ha avviato la costruzione di quella che si candida a essere la più grande città in legno del mondo, duecentocinquanta mila metri quadrati nel quartiere di Sickla a Stoccolma, integrando residenze, uffici, commercio e spazi pubblici in una visione che punta sulla circolarità dei materiali e sulla riduzione delle emissioni nel settore edilizio. Il Canada affronta una crisi abitativa senza precedenti con meccanismi istituzionali inediti, legando esplicitamente i finanziamenti federali per il trasporto pubblico alle politiche comunali di apertura dell'offerta residenziale. Sono tentativi, non modelli.



Sono prove parziali di approcci che potrebbero rivelarsi fecondi o che potrebbero evidenziare limiti impreveduti, e ciascuna di queste esperienze potrà essere valutata soltanto quando i risultati saranno verificabili nel tempo, perché quel momento non è ancora giunto. Quel che già si può osservare è la direzione di marcia comune, verso una pianificazione che non pretende di avere tutte le risposte in anticipo e che considera l'adattamento non come il fallimento della previsione ma come la sua forma più matura.

Va detto con la chiarezza che il momento richiede che il rinnovamento della professione incontra resistenze che non sempre hanno radici intellettuali solide.

Esiste una tendenza, diffusa tra i tecnici di ogni epoca e di ogni disciplina, a opporre alle innovazioni una critica sistematica non perché quelle innovazioni siano effettivamente errate, ma perché non sono state elaborate da chi le critica. La critica che si limita a dichiarare che qualcosa non funziona, senza indicare dove non funziona e soprattutto come potrebbe andare meglio, non è contributo disciplinare ma rumore di fondo che consuma energia senza produrre valore. Le regole deontologiche della professione chiedono qualcosa di più impegnativo e di più fertile, ovvero che il disaccordo si traduca in proposta, che la polemica ceda il posto al confronto costruttivo, che la difesa del proprio territorio intellettuale lasci spazio alla collaborazione. Una disciplina che si chiude in sé stessa per paura di essere superata non protegge la propria dignità, bensì la corrode lentamente, fino a renderla irriconoscibile.

D'altra parte, il rischio speculare è ugualmente reale. L'urgenza di apparire innovativi, di coniare nuove definizioni e di rivendicare l'originalità di qualche approccio metodologico, rischia di diventare un fine in sé, separato dall'unica finalità che dovrebbe orientare questa professione, ovvero risolvere i problemi delle città e di chi le abita. Nel 2025, l'ingegnere urbanista non ha bisogno di inventare nuovi paradigmi per dimostrare il proprio valore, ma ha bisogno di sistematizzare i problemi esistenti con rigore, di proporre le risposte più coerenti con il contesto specifico, di accompagnare il cambiamento con la pazienza di chi sa che nessuna soluzione è definitiva e che ogni risposta porta con sé il germe di una nuova domanda. È un compito più modesto di quanto la retorica professionale non ami ammettere, e probabilmente per questo molto più difficile.

Il paradigma sul quale si è costruita la pianificazione del Novecento rispondeva con onestà alle domande che quel secolo poneva, vale a dire come dare tetto, servizi e mobilità a popolazioni che crescevano rapidamente nelle città, come ordinare uno sviluppo urbano che sembrava non avere limiti, come costruire infrastrutture adeguate a un traffico che aumentava ogni anno. Non era miopia, ma priorità, e la priorità era giusta. Oggi quelle domande non sono scomparse, si sono semplicemente stratificate su altre domande che prima non c'erano, e la sfida è quella di tenere insieme le risposte senza perdere di vista né le une né le altre.



La città non aspetta chi è ancora impegnato a decidere come chiamare il proprio approccio, perché la città cambia e chiede di essere accompagnata. E forse è giunto il momento di riconoscere che l'ingegnere, da quando è nata la sua figura, ha sempre coltivato il sogno di progettare il "sempre", l'opera che resiste al tempo e non chiede revisioni, ma che la realtà delle città che mutano, si stratificano e sorprendono gli impone oggi un'ambizione diversa e per certi versi più ardua: imparare a progettare il "dopo", lo stato successivo, quello che nessun piano ha ancora immaginato e che nessuna intelligenza artificiale potrà immaginare.

Quello che la città del prossimo futuro chiede non è una rivoluzione teorica ma qualcosa di più semplice nella formulazione e assai più difficile nella realizzazione, ovvero essere un luogo dove si stia bene, dove l'aria sia respirabile, dove gli spazi siano davvero fruibili, dove la mobilità sia una scelta e non una costrizione, dove il quartiere sia una comunità e non un aggregato anonimo di edifici. Queste aspirazioni non sono nuove, ma gli strumenti per perseguirle stanno cambiando, e la sfida dell'urbanistica contemporanea è di saperli usare con intelligenza, senza esserne sopraffatta e senza illudersi che lo strumento sia già la soluzione.

L'Italia, con la stratificazione millenaria delle sue città, con la varietà morfologica che rende ogni caso irripetibile e con una tradizione di ingegno civile che ha pochi eguali nel mondo occidentale, possiede risorse intellettuali e materiali che nessun algoritmo può replicare. La rigenerazione urbana, intesa non come operazione tecnica ma come possibile riscrittura del patto tra la città e chi la abita, è la frontiera più alta alla quale questa stagione chiama la professione. Una frontiera che non si conquista con proclami né con l'invenzione di nuovi vocabolari, ma con lavoro quotidiano, metodo rigoroso e la disposizione, non sempre facile, a mettere l'interesse collettivo davanti a qualsiasi ambizione individuale.

# DOUBLE DAMP®

La tecnologia antisismica bidirezionale per i prefabbricati industriali



**Dissipazione bidirezionale, retrofit poco invasivo, configurazione su misura e monitoraggio: la risposta evoluta di WISEcivil.**

Nel prefabbricato industriale, il **nodo trave-pilastro** è il punto principale di vulnerabilità sismica.

**Double Damp®**, sviluppato da **WISEcivil**, è un dispositivo capace di operare in due direzioni, controlla gli spostamenti e migliora la risposta globale agendo sul nodo della struttura.

La **bidirezionalità** assicura elevate performance nel controllo dell'energia sismica dove il rischio di perdita di appoggio delle travi e danno delle colonne è massimo.

Il sistema è progettato per il **retrofit** dell'esistente con limitata invasività, grazie a installazioni rapide e compatibili con la continuità produttiva.

La **personalizzazione** in base a geometria, vulnerabilità e obiettivi prestazionali e la riutilizzabilità dopo l'evento offrono vantaggi in sostenibilità e riduzione dei costi di ciclo vita.

Il possibile **monitoraggio** nel tempo, integra analisi, progettazione e controllo delle performance in una strategia misurabile di resilienza industriale.

Dalla protezione alla **business continuity**, Double Damp® trasferisce ricerca avanzata in performance reali.



Double Damp

## **Bidirezionale**

Dissipa l'energia sismica nelle due direzioni principali

## **Poco invasivo**

Retrofit rapido, compatibile con edifici e processi esistenti

## **Su misura e monitorabile**

Configurazione custom e controllo delle performance nel tempo

[wisecivil.it](http://wisecivil.it)



# L'Ingegneria Marittima tra rischio climatico e responsabilità pubblica

**MARIO CALABRESE**

Professore Ordinario in Regime e Protezione dei Litorali e di Costruzioni Marittime nella Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II", Componente del Gruppo di Lavoro sull'Ingegneria del mare del CNR

**C**hi si occupa di strutture, geotecnica e infrastrutture sa bene che la progettazione sta cambiando. La seconda generazione degli Eurocodici tiene conto esplicitamente dell'impatto del cambiamento climatico sul progetto strutturale e orienta il quadro normativo verso una maggiore resilienza del costruito. Il concetto di non stazionarietà delle azioni, la necessità di ragionare in termini probabilistici lungo l'intera vita utile dell'opera e l'attenzione alla prestazione oltre che alla resistenza sono ormai acquisizioni condivise dell'ingegneria civile contemporanea. L'ingegneria costiera e portuale si colloca pienamente in questo quadro, ma su questo terreno comune si innestano specificità che rendono l'ingegneria marittima, per

ragioni fisiche prima ancora che normative, una disciplina di pubblica tutela in senso particolarmente stringente.

## L'operatività come stato limite

In ingegneria strutturale il quadro normativo distingue tradizionalmente stati limite ultimi, legati al collasso, e stati limite di esercizio, legati alla funzionalità in condizioni di servizio. Le *Recomendaciones para Obras Marítimas* (ROM) spagnole, elaborate da Puertos del Estado, introducono un terzo concetto: lo **stato limite di arresto operativo**. Avviate nel 1987, le ROM costituiscono oggi uno dei riferimenti tecnici più strutturati nel campo della progettazione di opere portuali e costiere, in dialogo con Eurocodici, norme ISO e rapporti PIANC.



Non si tratta di un dettaglio classificatorio, ma di un vero cambio di prospettiva. Un porto può rimanere strutturalmente integro e non subire alcun collasso, ma risultare comunque inutilizzabile per la sua funzione principale: ad esempio perché le tracimazioni sulla diga foranea impediscono le operazioni sulle banchine, perché il canale di accesso si è insabbiato riducendo il pescaggio oltre i limiti operativi, o perché l'agitazione interna del bacino rende impossibile l'attracco in sicurezza delle navi. In tutti questi casi il porto ha già fallito la propria funzione, pur non essendo crollato.

Le ROM formalizzano questo requisito assegnando probabilità massime di arresto operativo al pari di quelle di collasso. È un approccio che nasce dalla realtà fisica e funzionale dell'opera marittima: essa non serve solo chi la utilizza direttamente, ma un sistema territoriale ed economico molto più ampio. La sua prestazione si misura quindi non soltanto in termini di sicurezza strutturale, ma soprattutto di continuità della funzione.

sostituibili. L'effetto di un disservizio si propaga lungo le filiere produttive, la distribuzione, l'approvvigionamento energetico e la mobilità delle persone.

Il PIANC ha sviluppato negli ultimi anni un corpus tecnico coerente su questo tema. La guida del Working Group 178 del 2020, *Climate Change Adaptation Planning for Ports and Inland Waterways*, propone un framework in quattro fasi — comprensione degli impatti, valutazione della vulnerabilità, stima del rischio, costruzione di percorsi di adattamento — integrato da note successive sulla gestione delle incertezze e sul business case per gli investimenti in resilienza. In questi documenti il porto non è mai una semplice struttura da verificare, ma un nodo da mantenere operativo. Le misure di adattamento non sono solo strutturali: includono anche modifiche gestionali, regimi manutentivi e strategie istituzionali. Questa visione sistemica è da tempo costitutiva dell'ingegneria portuale e costiera, perché la realtà fisica e funzionale delle opere la impone.



Figura 1. Tracimazione sulla diga foranea del porto di Napoli durante una mareggiata. La struttura non crolla, ma la funzione portuale risulta compromessa: è il caso tipico di arresto operativo (Foto: M. Calabrese).

### Il porto come nodo di rete

Qui si apre il punto forse più importante per comprendere la dimensione pubblica dell'ingegneria marittima. Un edificio danneggiato resta, in prima approssimazione, un problema locale. Un ponte che chiude impone deviazioni, talora gravose ma circoscrivibili. Un porto che perde operatività interrompe invece un nodo di una catena logistica spesso priva di alternative immediate. L'interfaccia modale mare-terra può avvenire solo in porto, e i porti dotati di adeguato pescaggio, attrezzature e connessioni di hinterland sono pochi e non facilmente

In Italia, il Consiglio Nazionale degli Ingegneri ha fatto propria questa visione promuovendo, attraverso il Gruppo di Lavoro sull'Ingegneria del mare, un ciclo di eventi dedicati alla portualità in dialogo diretto con le Autorità di Sistema Portuale, Assoporti e il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. L'obiettivo è richiamare l'attenzione sulla centralità del progetto nelle strategie di sviluppo portuale e nella sostenibilità dei territori costieri. In un sistema portuale, del resto, l'ingegneria è ovunque: nelle opere di protezione e nelle banchine, nella logistica e nei sistemi energetici, nell'ingegneria gestionale e in quella ambientale. Il porto, per chi lo guarda con gli

occhi dell'ingegnere, è di fatto un manifesto della complessità e della responsabilità che questa professione porta con sé.

### Un confine che si muove, un livello che sale

A queste specificità funzionali se ne aggiungono due di natura fisica che non trovano equivalenti negli altri settori dell'ingegneria civile.

La prima riguarda le forzanti. Mentre vento, neve o temperatura sugli edifici possono modificarsi in modo variabile a seconda del contesto geografico, il livello del mare sale. È un processo monotono, cumulativo e unidirezionale che modifica non solo la coda degli eventi estremi, ma la linea di base su cui operano tutte le altre azioni. Ogni centimetro in più di livello medio aumenta la frequenza di superamento delle soglie prestazionali, riduce i franchi di sicurezza, accelera l'erosione costiera e amplifica gli effetti delle mareggiate. In ingegneria marittima la non stazionarietà non è una complicazione statistica: è un dato strutturale del problema.

La seconda specificità riguarda il confine fisico sul quale l'opera insiste. Un edificio sorge su un suolo che, in condizioni ordinarie, può essere assunto come sostanzialmente stabile. Un'opera costiera interagisce invece con un sistema — il litorale — che si rimodella continuamente sotto l'azione di onde, correnti, trasporto sedimentario e della struttura stessa. La morfodinamica costiera è un processo attivo: la spiaggia avanza o arretra, i fondali si modificano, i canali si insabbiano. E spesso l'erosione, una volta innescata, presenta caratteri difficilmente reversibili.

Progettare su un confine mobile, per un clima che cambia, sotto forzanti multiple e correlate, rappresenta una condizione unica nell'ingegneria civile.

### La manutenzione come atto di tutela

Da queste considerazioni discende un corollario importante, che vale per l'intera ingegneria civile ma assume nell'ingegneria marittima un'urgenza e una centralità particolari: l'opera non esaurisce la propria vita prestazionale al momento del collaudo e della messa in servizio.

Un molo di sopraflutto che si degrada modifica l'agitazione interna del porto. Un ripascimento non rinnovato espone il litorale retrostante. Una scogliera che perde massi

riduce la protezione della strada costiera.

Le stesse *Recomendaciones para Obras Marítimas*, che introducono lo stato limite di arresto operativo, considerano esplicitamente la fase di **mantenimento, conservazione e riparazione** tra le fasi del ciclo di vita dell'opera e raccomandano piani di ispezione, monitoraggio e strategie di conservazione per garantire nel tempo i livelli di funzionalità e operatività richiesti. In un contesto climatico non stazionario, e soprattutto su un confine fisico mobile come quello costiero, la prestazione che l'opera garantisce al collaudo non coincide necessariamente con quella che potrà assicurare tra venti o trent'anni: le forzanti cambiano, il contesto morfodinamico si trasforma, la funzione richiesta può essa stessa evolvere.

Per questa ragione, manutenzione e monitoraggio non sono attività accessorie, ma **parte integrante della tutela pubblica**. Pensare l'opera come un dispositivo da gestire nel tempo — con scenari evolutivi, soglie di allarme e possibilità di adattamento progressivo — è l'unico modo per onorare davvero la responsabilità assunta con la firma del progetto.



Figura2. Banchina portuale durante una mareggiata. Sullo sfondo la diga foranea danneggiata, con varchi che consentono al moto ondoso di penetrare nel bacino e di compromettere l'operatività della banchina. È il caso concreto in cui il degrado dell'opera di protezione si traduce in perdita di funzione di parte del sistema portuale (Foto: M. Calabrese).

### Ma chi la farà?

Resta una domanda ineludibile. Se l'ingegneria marittima è una disciplina con queste specificità e queste responsabilità, occorre che esistano competenze adeguate per esercitarla. Il percorso avviato dal CNI va in questa direzione, ma il nodo strutturale resta la formazione universitaria specialistica, già circoscritta a pochi atenei e in progressivo indebolimento.

Nessuna normativa, per quanto raffinata, può sostituire il giudizio dell'ingegnere competente. Quel giudizio non si improvvisa: si costruisce attraverso formazione, esperienza, confronto con la comunità tecnica e pratica professionale qualificata. Ogni scelta progettuale — il livello di protezione di una costa, la quota di coronamento, la soglia di rischio accettabile, il regime manutentivo — incorpora decisioni di rilievo pubblico. L'ingegnere che le assume trasforma conoscenza specialistica in responsabilità verso la collettività.

La pubblica tutela, nel dominio marittimo, comincia molto prima dell'evento dannoso. Comincia nella qualità delle analisi, nella prudenza del progetto, nella continuità della manutenzione. Ma comincia anche nella formazione di tecnici capaci di farsi carico di una disciplina che, per ragioni fisiche prima ancora che normative, è tra le più esigenti dell'intera ingegneria civile. Senza quelle competenze, la tutela pubblica rischia di arretrare dalla prevenzione all'emergenza.



7-10  
ottobre 2026

# GEO<sup>25°</sup> FLUID

Drilling & Foundations

Mostra internazionale  
delle Tecnologie ed  
Attrezzature  
per la Ricerca,  
Estrazione e Trasporto  
dei Fluidi Sotterranei

Preregistrati qui  
e scarica il tuo  
biglietto ▼



PIACENZAEXPO



[www.geofluid.it](http://www.geofluid.it)

Uffici e Quartiere fieristico  
PIACENZA EXPO Spa - Tel. +39.0523.602711  
geofluid@piacenzaexpo.it  
ITALIA



# Il ruolo strategico dell'ingegneria aeroportuale

**RAFFAELLA CHITI**

Planning Manager della Direzione Infrastrutture presso Aeroporto G. Marconi di Bologna S.p.A.

**N**el sistema delle infrastrutture strategiche di un territorio, gli aeroporti costituiscono i nodi fondamentali della connettività e dello sviluppo economico. Essi rappresentano non solo punti di scambio tra territori e mercati internazionali, ma anche infrastrutture complesse la cui progettazione e gestione richiedono elevati standard tecnici, organizzativi e di sicurezza. In questo contesto l'ingegneria aeroportuale, mediante il lavoro di ingegneri specializzati, assume un ruolo centrale nel garantire che il sistema del trasporto aereo operi secondo principi di sicurezza, efficienza e sostenibilità, contribuendo quindi in modo concreto alla tutela della collettività. L'ingegnere aeroportuale opera in un settore professionale nel quale competenze tecniche, visione sistemica e responsabilità sociale si intersecano garantendo l'operatività efficiente degli scali. È proprio grazie alla pianificazione, alla progettazione, alla gestione e all'innovazione delle infrastrutture aeroportuali che gli ingegneri contribuiscono in maniera concreta alla sicurezza del trasporto aereo, alla resilienza delle infrastrutture e allo sviluppo della connettività tra aeroporti.

## **Pianificazione aeroportuale e sviluppo infrastrutturale resiliente**

La pianificazione delle infrastrutture aeroportuali rappresenta un processo complesso che richiede il possesso di una visione strategica di lungo periodo. Lo sviluppo del sistema aeroportuale italiano è guidato dal Piano Nazionale degli Aeroporti, elaborato sotto il coordinamento

dell'Ente Nazionale per l'Aviazione Civile, che individua gli scali strategici e definisce le linee di sviluppo infrastrutturale della rete aeroportuale nazionale.

La pianificazione aeroportuale ha l'obiettivo di garantire un adeguato livello di capacità infrastrutturale, prevenendo fenomeni di congestione e assicurando al contempo elevati standard di sicurezza operativa. Essa riguarda non solo la progettazione delle infrastrutture airside — quali piste di volo, taxiway e piazzali aeromobili — ma anche le infrastrutture landside, tra cui terminal passeggeri, aree cargo e sistemi di accesso intermodale. Infatti, oltre allo studio della realtà interna allo scalo, un elemento fondamentale della pianificazione aeroportuale è rappresentato dall'integrazione dell'aeroporto con il territorio circostante: gli aeroporti necessitano di una progettazione integrata, tale da favorire l'interconnessione con le reti di trasporto ferroviarie e stradali, contribuendo alla realizzazione di sistemi di mobilità integrati ed efficienti. In questo contesto, il contributo dell'ingegnere aeroportuale risulta determinante nel tradurre gli indirizzi strategici della pianificazione in soluzioni infrastrutturali sicure, efficienti e capaci di rispondere alle esigenze di mobilità della società contemporanea garantendo la tutela della collettività.

## **La progettazione di infrastrutture: la sicurezza nel sistema del trasporto aereo**

Oltre alle attività di pianificazione degli interventi di sviluppo, l'ingegneria aeroportuale interviene in modo determinante nella progettazione e nella



verifica delle principali infrastrutture operative: piste di volo, taxiway, piazzali aeromobili, sistemi di segnalamento luminoso e impianti tecnologici di supporto alle operazioni aeroportuali. La definizione degli standard internazionali tecnici per la progettazione delle infrastrutture aeroportuali è affidata principalmente a organizzazioni internazionali e ad agenzie governative, che stabiliscono norme e pratiche raccomandate per garantire la sicurezza, l'efficienza e la regolarità del trasporto aereo. Nello specifico l'ICAO - International Civil Aviation Organization - è l'agenzia responsabile della definizione degli standard internazionali. I requisiti tecnici fondamentali per la progettazione e l'operatività degli aeroporti sono contenuti nell'Annesso 14 "Aerodromes" della Convenzione di Chicago. Nei Paesi Europei, l'EASA - European Union Aviation Safety Agency - trasforma gli standard ICAO in legislazione vincolante per i paesi membri, assicurando alti livelli di sicurezza, mediante regole tecniche, quali il Regolamento UE n. 139/2014. In Italia, la regolazione e la vigilanza del settore sono affidate a ENAC - Ente Nazionale per l'Aviazione Civile - che garantisce l'applicazione degli standard internazionali e il corretto sviluppo del sistema aeroportuale, in coordinamento con le normative europee emanate dall'EASA.

Oltre alla normativa tecnica da rispettare, la progettazione di interventi infrastrutturali è strettamente correlata al tema della sicurezza aeroportuale, attraverso una visione di sistema basata sull'analisi e la gestione

del rischio. L'adozione di sistemi di Safety Management durante la progettazione di interventi di sviluppo, consente di mappare tutte le operazioni aeroportuali coinvolte, individuare potenziali criticità ed implementare misure di prevenzione finalizzate alla riduzione del rischio. Le analisi inerenti alla gestione del rischio e l'elevata attenzione agli aspetti di resilienza infrastrutturale favoriscono lo sviluppo di progetti in grado di garantire continuità operativa, anche in presenza di eventi critici, quali condizioni meteorologiche estreme o emergenze operative. La sicurezza delle infrastrutture aeroportuali non rappresenta dunque soltanto un requisito tecnico, ma costituisce un elemento essenziale per il corretto funzionamento di un sistema di trasporto che riveste un ruolo strategico nell'economia e nella mobilità globale, dove il ruolo dell'ingegnere assume una particolare rilevanza nella progettazione di infrastrutture resilienti e nell'implementazione di soluzioni tecnologiche innovative che consentano di migliorare gli standard di sicurezza e di affidabilità.

#### **Aeroporti generatori di sviluppo economico**

Il contributo dato dall'ingegneria aeroportuale mediante la realizzazione di infrastrutture aeroportuali efficienti e moderne che favoriscono la connettività internazionale, l'attrazione di investimenti e la crescita delle attività turistiche e commerciali, genera ricadute positive sull'intero sistema economico del territorio. Studi di settore riportano come gli aeroporti contribuiscano direttamente alla creazione di occupazione

attraverso personale operativo, tecnico e amministrativo, e indirettamente tramite servizi logistici, commerciali e industriali collegati, alimentando un indotto che genera un impatto significativo anche sul tessuto produttivo territoriale. L'ingegneria aeroportuale riveste dunque anche questo ruolo trasversale, che non si limita solamente allo sviluppo di infrastrutture nel contesto territoriale ma allo studio ed alla valorizzazione degli impatti economici e sociali potenzialmente generati sulle infrastrutture dell'indotto, rappresentando uno strumento di sviluppo economico-sociale indiretto.

### **Sostenibilità ambientale e innovazione tecnologica**

Oltre al valore socio economico generato dallo sviluppo di infrastrutture aeroportuali, la sostenibilità ambientale rappresenta oggi una delle principali sfide per il settore dell'aviazione civile. Gli aeroporti sono chiamati a ridurre il proprio impatto ambientale attraverso politiche di decarbonizzazione, efficientamento energetico e gestione sostenibile delle risorse. La declinazione dei pilastri di sostenibilità all'interno degli interventi di sviluppo viene implementata dall'ingegneria aeroportuale che contribuisce alla progettazione di infrastrutture energeticamente efficienti, mediante proposte di implementazione di fonti di energia rinnovabile per il fabbisogno energetico e lo sviluppo di soluzioni tecnologiche innovative nella gestione dello scalo. Ad esempio, molti aeroporti stanno investendo in sistemi energetici intelligenti, impianti fotovoltaici integrati nelle infrastrutture e soluzioni per la gestione efficiente delle risorse. L'obiettivo è ridurre l'impatto ambientale delle attività aeroportuali e favorire la transizione verso modelli di trasporto aereo più sostenibili.

Oltre all'attenzione sui temi della sostenibilità ambientale, anche la digitalizzazione e l'innovazione tecnologica stanno trasformando profondamente la gestione delle infrastrutture, in quanto negli ultimi anni il settore aeroportuale ha conosciuto una significativa evoluzione tecnologica, determinata dalla crescente domanda di mobilità aerea, dall'esigenza di elevati standard di sicurezza e dalla necessità di migliorare l'efficienza operativa delle infrastrutture. In questo contesto, l'ingegneria aeroportuale svolge un ruolo centrale nell'introduzione e nell'integrazione

di sistemi innovativi capaci di ottimizzare la gestione degli aeroporti, ridurre i tempi operativi e migliorare l'esperienza dei passeggeri. Tra le innovazioni più frequenti messe in atto dagli scali vi è l'impiego di sistemi digitali per la gestione dei flussi passeggeri, mediante l'utilizzo di sensori, telecamere intelligenti e piattaforme di analisi dei dati, con cui gli operatori aeroportuali possono monitorare in tempo reale i movimenti all'interno dei terminal. Questi sistemi consentono di individuare real time eventuali situazioni di congestione nelle aree di check-in, ai controlli di sicurezza o ai gate di imbarco, permettendo una gestione più efficiente degli spazi e una migliore distribuzione dei flussi. Alcuni aeroporti internazionali hanno implementato piattaforme di analisi predittiva che permettono di stimare l'afflusso dei passeggeri nelle diverse fasce orarie e di adattare di conseguenza l'organizzazione dei servizi. Oltre a ciò, nel rispetto della legislazione, un altro ambito di sviluppo tecnologico è rappresentato dall'adozione di tecnologie biometriche per i controlli di sicurezza e le procedure di imbarco: riconoscimento facciale e altri sistemi di identificazione automatica consentono di verificare l'identità dei passeggeri in modo rapido e affidabile, riducendo i tempi di attesa e semplificando le procedure di accesso alle aree aeroportuali.

Oltre alle soluzioni implementate nella gestione delle infrastrutture aeroportuali, gli ingegneri aeroportuali utilizzano modelli digitali e tecnologie di monitoraggio intelligente anche per la conoscenza dello stato dell'arte delle infrastrutture, raccogliendo e analizzando dati relativi allo stato delle piste, dell'aerostazione e degli impianti, facilitando interventi di manutenzione programmata e prevenendo eventuali criticità operative.

Alla luce delle attività correlate allo sviluppo della realtà aeroportuale, in un contesto collettivo caratterizzato da trasformazioni e sfide sempre più rapide e consistenti, il ruolo dell'ingegnere aeroportuale ha pertanto una rilevanza strategica nella tutela dell'interesse pubblico, garantendo infrastrutture sicure, efficienti e adeguate a rispondere alle esigenze di mobilità della collettività, nella società contemporanea.

# Biografie



## **Biagio Bisignani**

Ingegnere Urbanista, Dottore di Ricerca in Pianificazione Territoriale Urbanistica, ha conseguito il titolo di Specialista in Metodi e Strumenti della Pianificazione Urbanistica e Territoriale, il Master in Storia ed Analisi del Territorio, il Master in Intelligence e Criminologia. E' Ingegnere abilitato. Già docente a contratto presso l'Università di Catania, ha maturato esperienze sul campo urbanistico non solo attraverso le attività accademiche ma anche attraverso le pratiche professionali. Direttore della Direzione Urbanistica del comune di Catania dal 2016, è progettista del nuovo PUG di Catania 2030. Negli ultimi anni ha trattato ambiti di studio nel campo della Rigenerazione Urbana, dei PUI e del decreto ex Caivano. Componente del Collegio di Vigilanza (Prefettura di Catania) per la ricostruzione del quartiere San Berillo Catania e dal 2011 al 2015 componente laico del Consiglio Regionale dell'Urbanistica presso la Regione Siciliana ARTA.

## **Nazzareno Bordi**

Svolge attività professionale di consulenza, CTP, finanza agevolata e docenza nei settori ICT/Gestione Aziendale/Automazione Industriale. Componente di Commissioni dell'Ordine di Ancona dal 2018. Docente a contratto Univpm dal 2002. È stato componente del CdA di azienda operante nell'automazione industriale, socio fondatore e Presidente del ClubTI delle Marche, consigliere di FIDA. Ha svolto attività di "Tutor" del MIUR, di Co-Fondatore e Presidente/AD di start-up nel settore ICT, ICT Manager nel settore Retail e Dirigente di azienda nel settore automazione industriale per automotive.

## **Mario Calabrese**

E' Professore Ordinario del settore scientifico disciplinare Costruzioni, idrauliche, marittime e idrologia (ICAR02). Titolare degli insegnamenti di Regime e Protezione dei Litorali e di Costruzioni Marittime nella Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II".

## Vincenzo Calvanese

Ingegnere civile edile, PhD, funzionario del Ministero della Cultura al Parco Archeologico di Pompei, dove è responsabile Ufficio Tecnico, Sismica e Safety & Security. Esperto di restauro e consolidamento strutturale, già libero professionista, ha operato su importanti siti e monumenti (Pompei, Colosseo). RUP di numerosi interventi su domus e complessi archeologici. Docente, relatore e autore scientifico, coordina accordi con diverse università ed è autore di circa 60 contributi scientifici sui temi del consolidamento e della gestione dei siti archeologici. Consigliere dell'Ordine Ingegneri Napoli e coordinatore ICAHM ICOMOS Italia, fa parte del gruppo di lavoro del CNI "Beni paesaggistici e culturali - Rapporti con Soprintendenze".

## Paolo Calveri

Ingegnere meccanico, inizia nel settore automotive con auto a ruote scoperte e per aziende automobilistiche primarie italiane, occupandosi di prove in pista e dinamica del veicolo. Prosegue in ruoli gestionali nell'industria manifatturiera e, dal 2005, in ambito certificazione di prodotto e sistemi volontari come manager e lead auditor. Si occupa dal 2013 di attività di supporto nei settori industriali, di sicurezza e compliance, consulenze giudiziarie (civile e penale). Membro di delegazioni ISO e UNI, è anche co autore di pubblicazioni su sistemi volontari e sicurezza macchine.

## Raffaella Chiti

Ha conseguito presso l'Università degli Studi di Bologna una laurea magistrale in ingegneria civile, con specializzazione in pianificazione dei trasporti ed un Master sullo sviluppo di soluzioni sostenibili in ambito trasportistico regionale "Sustainable and integrated Mobility in Urban Regions". Chiti è la Planning Manager della Direzione Infrastrutture presso Aeroporto G. Marconi di Bologna S.p.A, con oltre 11 anni di esperienza nello sviluppo infrastrutturale aeroportuale.

## Chiara Crosti

Ingegnere civile libero professionista, ha conseguito un dottorato di ricerca in Ingegneria delle Strutture nel 2011 presso l'Università di Roma "La Sapienza". Ha collaborato a diversi progetti in ambito nazionale e internazionale. In particolare durante il periodo del dottorato ha lavorato come Guest Researcher per oltre 2 anni al National Institute of Standards and Technology (NIST) negli Stati Uniti. E' professionista antincendio abilitata ex legge 818. Tratta la progettazione e l'adeguamento di strutture e infrastrutture a rischio incendio. Si occupa di Fire Safety Engineering. E' consulente in dispute di Ingegneria forense e membro del gruppo di lavoro Sicurezza Prevenzione Incendi del CNI. È membro, inoltre, della Commissione Tecnica per la Sicurezza delle Costruzioni di Acciaio in caso di Incendi della Fondazione Promozione Acciaio.

## Emanuele Frontoni

Professore ordinario di Informatica all'Università di Macerata e co-director del VRAI Lab, è anche Affiliated Researcher presso l'Istituto Italiano di Tecnologia di Genova e dal 2022 Direttore scientifico del NemoLab, presso l'Ospedale Niguarda di Milano. La sua attività di ricerca si concentra nel settore dell'intelligenza e della visione artificiale, dell'analisi del comportamento umano, della realtà aumentata e degli spazi sensibili. È autore di oltre 300 articoli internazionali e collabora con numerose aziende. Dal 2021 è stato inserito nella annuale lista "World's Top 2% Scientists" (nella categoria "Artificial Intelligence & Image Processing") curata dalla Stanford University e dalla Elsevier, che elenca il 2% degli scienziati più citati al mondo.

## Fulvio Giani

Laureato in Ingegneria Civile Sezione Edile al Politecnico di Torino. Dal 1988 al 2026 Ingegnere libero professionista con particolari competenze nel campo della sicurezza sui luoghi di lavoro. In ambito istituzionale è eletto Vice Presidente Vicario

dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino nel mandato 2022-2026, è stato Vice Presidente nella consiliatura 2013-2017 e consigliere nel quadriennio 2009-2013. E' stato Segretario della Fondazione dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino dal 2005 al 2009 e Presidente dal 2017 al 2022. E' componente del Gruppo di Lavoro di Sicurezza del Consiglio Nazionale Ingegneri.

## Lorenzo Ivaldi

Ingegnere elettronico, dottore di ricerca in cybersecurity, funzionario tecnico dell'Università di Genova, consulente in materia di sicurezza industriale. Oltre a svolgere attività di sistemista, esperto di sicurezza informatica ed informatico forense, è relatore in convegni e docente in master universitari negli stessi ambiti. È il coordinatore del gruppo di lavoro sulla cybersecurity del C3I e membro del comitato scientifico del Clusit.

## Marco Martellucci

Ingegnere Biomedico, Dottore di Ricerca in Neuroscienze, Esperto di Radioprotezione di III Grado, opera come libero professionista presso numerose amministrazioni nell'ambito della radioprotezione, tra cui l'Università e il Policlinico Campus Bio-Medico di Roma, il Policlinico Tor Vergata e il Policlinico Militare Celio, l'Istituto Superiore di Sanità. Chiamato durante il PRNN nelle cabine di regia il coordinamento in materia di Ricerca, Sviluppo e Innovazione nelle Scienze della Vita (Missioni M6.C2 e M4.C2), collabora attivamente con il Consiglio Nazionale degli Ingegneri per il rafforzamento della figura dell'Ingegnere Biomedico.

## Paolo Mocellin

E' ricercatore in Ingegneria Chimica presso l'Università di Padova, dove svolge attività di ricerca e didattica sulla sicurezza di processo e l'analisi del rischio. Si occupa dello sviluppo di metodologie per la

valutazione di scenari emergenti in ambito industriale ed energetico, con particolare riferimento alla transizione energetica, all'idrogeno e ai sistemi complessi interconnessi. Collabora con enti e imprese su progetti di ricerca applicata e attività di divulgazione sui temi della sicurezza e della gestione dei rischi.

## Alessandro Onali

Consigliere dell'Ordine di Cagliari, è stato insignito nel 2024 dell'onorificenza di Cavaliere al Merito della Repubblica Italiana, per il suo impegno costante per favorire l'inclusione sociale, le pari opportunità e la promozione della cultura del territorio. Impegnato da sempre nel campo dell'abbattimento delle barriere architettoniche che impediscono l'accessibilità di porti e imbarcazioni e in generale dell'ambiente che ci circonda nelle sue varie dimensioni, è stato l'anima del progetto IngegnAMOci, che ha come obiettivo la promozione di un'imbarcazione che consente alle persone disabili la navigazione a vela in piena autonomia. Ha promosso anche la realizzazione del primo campionato paralimpico tra le attività sportive e aggregative del CNI. Fa parte del Gruppo di lavoro del CNI "Ingegneria dell'inclusione e delle disabilità", che si occupa delle tematiche dell'accessibilità e della progettazione universale.

## Monica Pasca

Ingegnere, professore associato di Scienza delle Costruzioni presso l'Università di Roma "Sapienza". Autore di più di 100 pubblicazioni tecnico-scientifiche su riviste e a convegni. Si occupa di ambiente da oltre 25 anni: membro della Commissione Speciale VIA nel 2003-2008 e della Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale – VIA e VAS dal 2020, con il ruolo di Referente per la VIA delle Infrastrutture Lineari. E' stata esperta nazionale in Commissione Europea per VIA e VAS, suolo, Direttiva INSPIRE. Progettista e Direttore Lavori per opere pubbliche e valutatore di progetti, in primis per gli aspetti ambientali.

## Maria Rosaria Pecce

E' professore ordinario di Tecnica delle Costruzioni presso l'Università di Napoli Federico II. Attiva nella FIB (International Federation for Structural Concrete), nel CNR, nell'UNI e nel Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici per la redazione di documenti scientifici, Linee Guida e normative, anche Eurocodici. E' stato responsabile di diversi progetti e convenzioni di ricerca, ed è autore di circa 300 lavori scientifici relativi a ingegneria sismica, sicurezza e monitoraggio delle infrastrutture, vulnerabilità sismica delle strutture, materiali innovativi. Ha svolto diverse consulenze specialistiche in ambito strutturale per Enti pubblici e Società di Ingegneria.

## Paolo Reale

E' ingegnere elettronico e consulente tecnico informatico forense. Si occupa di digital forensics, telecomunicazioni e sicurezza delle informazioni, svolgendo attività di consulenza tecnica per magistratura, forze di polizia, aziende e privati. Docente universitario e relatore in convegni internazionali, è stato fondatore e primo presidente dell'Osservatorio Nazionale di Informatica Forense (ONIF). È consigliere dell'Ordine degli Ingegneri di Roma, delegato C3I e certificato CERT'ing come ingegnere esperto in ambito forense.

## Angelo Salducco

Avvia la propria carriera nel 1979 come dipendente nel settore delle telecomunicazioni, maturando competenze tecniche in progettazione hardware e software e nella gestione della qualità. Dal 1993 opera come consulente indipendente per sistemi di gestione, direttive di prodotto e conformità di macchine e impianti. È valutatore, ispettore, CTU/CTP e formatore UNI, autore e coautore di testi specialistici sulla sicurezza e sulla normativa tecnica.

## Daniele Spizzichino

Ingegnere ambientale e PhD in Scienze della Terra, è esperto in dissesto idrogeologico, geotecnica applicata ai rischi naturali e

osservazione della Terra. Ha coordinato progetti nazionali e internazionali, collaborando con enti per la protezione del Patrimonio Mondiale. Autore di oltre 150 pubblicazioni, è primo ricercatore ISPRA e responsabile dell'area GEO RIS. Membro del consiglio scientifico ISPRA, consigliere AGI e professore aggiunto della cattedra UNESCO di UNIFI.

## Francesco Starace

Laureato in Ingegneria Nucleare al Politecnico di Milano, ha lavorato per meno di un anno al PUN (Progetto Unificato Nucleare). In seguito, ha iniziato una carriera nell'impiantistica energetica prima in Sadelmi, società del gruppo General Electric successivamente acquisita dal gruppo ABB. Si occupa di realizzazione di centrali elettriche in molte parti del mondo e in varie tecnologie, arrivando ad occupare la posizione di responsabile mondiale per cicli combinati a gas del gruppo ABB con base a Baden Svizzera. E' entrato in Enel nel 2000, seguendo uno sviluppo professionale che attraversa l'Energy Management, il lancio e lo sviluppo della Direzione Mercato, l'IPO di Enel Green Power di cui è stato CEO. E' diventato Amministratore Delegato del gruppo nel 2014. E' chair di Science Based Target initiative e di SEforALL, Trustee di American Academy in Rome.

## Stefania Tibaldi

Laureata in ingegneria civile-edile presso l'Università degli Studi di Ancona, ha un Master in "Tecniche di Valutazione e controllo di gestione" e il Diploma di abilitazione alla professione di ingegnere civile-edile. Ha maturato un'esperienza professionale come Dirigente Tecnico presso la Provincia di Macerata, la Regione Marche e la Regione Umbria. Attualmente è distaccata presso l'ufficio speciale ricostruzione per il sisma 2016 e il sisma 2023 della Regione Umbria per dirigere l'ufficio "ricostruzione opere pubbliche e beni culturali". Si occupa di protezione civile, tutela delle acque, difesa del suolo e della costa, tutela del mare, genio civile (antisismica e manutenzioni idrauliche), autorizzazioni impianti da fonti rinnovabili, cave e miniere, lavori pubblici, urbanistica, patrimonio ed edilizia scolastica, manutenzioni.



# LIGHT IMPACT



Icefjord Centre Ilulissat, Groenlandia / Architetto: Dorte Mandrup / Foto: Adam Møck

**Già negli anni Ottanta, abbiamo cominciato a sensibilizzare la società e il mercato su come una luce evoluta contribuisca a salvaguardare l'ambiente e la salute delle persone.**

**Quella luce l'abbiamo realizzata, investendo in Ricerca e Sviluppo e innovando in termini di efficienza energetica, durabilità, tecnologie, materiali, processi industriali, comportamenti, riducendo sempre di più l'impatto sul nostro ecosistema.**

Oggi che questo sentimento è diventato un dovere collettivo, forti di una linfa che circola in noi da oltre 40 anni, continuiamo a essere in prima fila nella corsa verso l'obiettivo Emissioni Zero e nell'adesione all'Agenda 2030 dell'ONU.



*In un mondo in costante e profonda trasformazione come quello in cui viviamo, si avverte la necessità di una nuova definizione del ruolo specifico dell'ingegnere. Non un semplice fornitore di servizi tecnici, ma un garante: garante della correttezza dei processi, della solidità delle soluzioni progettuali, della coerenza tra innovazione e sicurezza. L'ingegnere è il soggetto che traduce la complessità in scelte consapevoli, che valuta e governa il rischio, che assicura che le tecnologie siano applicate in modo appropriato e responsabile. Questa funzione si estende oggi ben oltre gli storici confini, riguarda ad esempio la progettazione di infrastrutture resilienti, la gestione di sistemi energetici complessi, la sicurezza delle reti digitali, la protezione dei dati, la mobilità sostenibile. In tutti questi ambiti, la dimensione tecnica si intreccia con quella sociale, economica ed etica. Essere ingegneri oggi significa operare in un punto di equilibrio tra innovazione e tutela. Significa saper governare sistemi complessi senza perdere di vista l'obiettivo primario: la protezione della collettività. Significa assumere una responsabilità che non è solo tecnica, ma anche sociale. Per questo "Pubblica tutela", titolo della monografia de "L'Ingegnere Italiano", non è uno slogan, ma una funzione concreta e quotidiana. È il risultato di un insieme di attività che, quando esercitate con competenza, rigore e responsabilità, contribuiscono in modo determinante alla sicurezza, alla sostenibilità e allo sviluppo del Paese.*



CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI INGEGNERI



L'Ingegnere Italiano  
1 2026

n. 391 dal 1966 - n. 18 della nuova versione quadrimestrale  
a cura del Consiglio Nazionale degli Ingegneri  
Registrazione del Tribunale di Roma  
n. 46/2011 del 17 febbraio 2011

Editore  
Consiglio Nazionale degli Ingegneri  
via XX Settembre 5, 00187 Roma

Poste Italiane SpA  
Spedizione in abbonamento postale - 70%  
Aut. GIPA/C/RM/16/2013