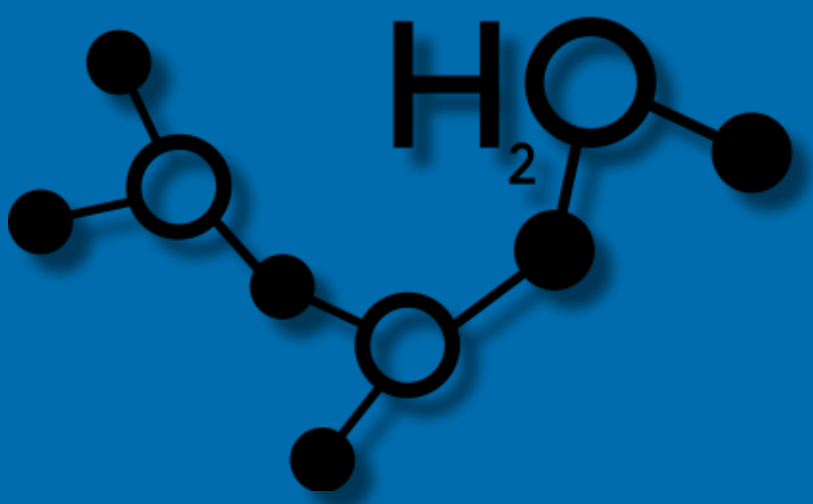
I

388

Acqua



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

usBIM.codesign AI



Inserisci uno schizzo, un disegno 3D o una foto, setti lo stile, dai un'immagine di riferimento a cui la tua architettura deve ispirarsi ed ottieni idee progettuali e rendering concettuali senza usare alcun software di progettazione architettonica.

Generi visualizzazioni di alta qualità a partire da modelli 3D realizzati con software come **Revit®**, **SketchUp®**, **Rhino®**, **Edificius**, **AutoCAD®** e **Archicad®**. 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

ACCA SOFTWARE

0827.69504 | info@acca.it | www.acca.it

Contrada Rosole 13 - 83043 BAGNOLI IRPINO (AV)

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.

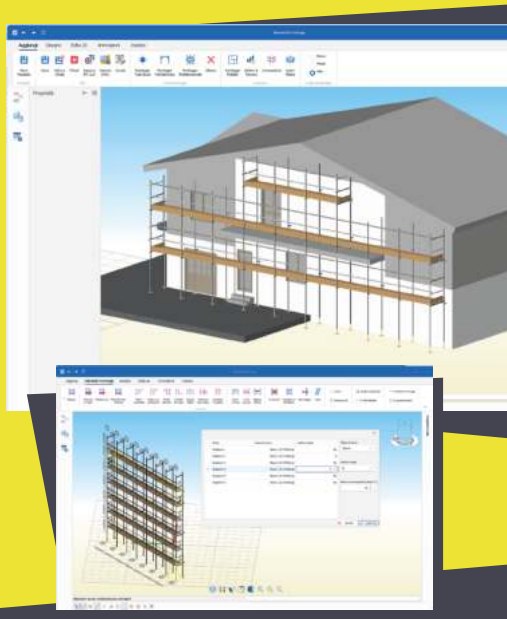
Direttore responsabile
Angelo Domenico Perrini
Direttore editoriale
Alberto Romagnoli
Curatore del numero
Francesco Fatone
Ideazione grafica
Stefano Asili
Coordinamento editoriale
Antonio Felici
Consulenza editoriale, testi e progetto grafico
PPAN – Paola Pierotti e Andrea Nonni | ppan.it
Stampa
Arti Grafiche Boccia | artigraficheboccia.it
Pubblicità
Agicom srl – Castelnuovo P. (Roma) | 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
Hanno collaborato a questo numero
Salvatore Alecci, Chiara Brivio (PPAN), Alberto Paolo Campisano, Giulia Carulli (PPAN), Giulio Conte, Matteo Dall'Amico, Michele Del Corso, Anna Laura Eusebi, Francesca Fradelloni (PPAN), Giulia Fuselli (PPAN), Orazio Giustolisi, Andrea Guerrini, Evina Katsou, Maria Giovanna Montalbano, Paola Pierotti (PPAN), Ivan Portoghese, Virginia Recanati, Emanuele Romano, Luigi Rucco (PPAN), Francesco Maria Sebastiani, Paolo Taglioli, Francesco Tornatore, Simone Venturini

l'Ingegnere Italiano

Blumatica Ponteggi

PiMUS e Calcolo Strutturale

Progettare un ponteggio non è mai stato così rapido e intuitivo!



Gestione completa dei ponteggi a telai prefabbricati, a tubi e giunti e multidirezionali, con modellazione 3D integrata.

Esegui i calcoli di resistenza e stabilità in conformità alle Norme Tecniche in vigore e produci gli elaborati grafici (disegni esecutivi), il Pi.M.U.S. e la relazione di calcolo.

Perchè scegliere Blumatica Ponteggi



- Dal modello 3D al Pi.M.U.S. e al disegno esecutivo senza dover ripetere i dati comuni.
- Modifica rapida della geometria del tratto, delle campate, degli impalcati e di tutti gli elementi particolari del ponteggio.
- Sovrapposizione e fusione in maniera rapida e agevolata dei tratti di ponteggio anche di tipologie diverse.
- Modifica di tutte le caratteristiche degli ancoraggi e delle basette in termini di geometria, ancoranti, supporto, ecc.
- Gestione integrata, calcolo ed editing del ponteggio con possibilità di identificare e modificare in tempo reale quanto necessario per completare la verifica strutturale.
- Verifica della pressione sul piano di appoggio indicando, nelle proprietà basette, il materiale.

Scopri di più

www.blumatica.it/pontin

blumatica
Software Edilizia e Sicurezza

Blumatica Srl, Via Carlo Mattiello 1, 84098 Pontecagnano Faiano (SA), Tel.: 089.848601 - Email: info@blumatica.it

Cosa può fare l'ingegneria per l'acqua

Di recente si è tenuta l'edizione 2025 della **Giornata Mondiale dell'Acqua**, un evento diventato giustamente ormai un classico. Il tema di quest'anno, in particolare, è stato quello della **conservazione dei ghiacciai**, essenziali per l'acqua potabile, l'agricoltura, l'industria, la produzione di energia pulita e gli ecosistemi sani. Il rapido scioglimento dei ghiacciai sta causando incertezza nei flussi d'acqua, con profonde ripercussioni sulle persone e sul pianeta. Il loro ritiro minaccia la devastazione diffusa del pianeta in termini di inondazioni, siccità, frane e innalzamento del livello del mare, danneggiamento degli ecosistemi. Persino il celebre **Perito Moreno**, il ghiacciaio argentino che appariva immune dal fenomeno, di recente ha cominciato a ridursi. In questo senso, la conservazione dei ghiacciai rientra in una più ampia strategia di sopravvivenza.

Lo scioglimento dei ghiacciai è solo una delle conseguenze del più ampio fenomeno del **cambiamento climatico** che provoca effetti di fronte ai quali noi ingegneri siamo costantemente chiamati in causa. Il **Consiglio Nazionale degli Ingegneri**, in particolare, è da anni impegnato sul tema del rischio idrogeologico che ha un impatto consistente sul nostro territorio nazionale. Un impegno costante che, tra le altre cose, è sfociato nell'ideazione della "**Giornata Nazionale della Prevenzione e Mitigazione del Rischio Idrogeologico**" che il CNI organizza assieme al **Consiglio Nazionale dei Geologi** e che quest'anno si tiene nel mese di maggio. Il nostro è un paese straordinariamente bello ma fragile. I fenomeni estremi diventano sempre più frequenti e ciò impone un ripensamento nella progettazione delle opere.
La messa in sicurezza del territorio non è più rinviabile, anche considerando il fatto che, sulla base dei dati elaborati dal Centro Studi CNI, prevenire costa circa un quinto di quanto si spende per riparare i danni degli eventi disastrosi. Negli altri paesi del mondo la situazione non è meno preoccupante, se si pensa che le alluvioni continuano ad essere il disastro naturale più frequente al mondo, **pari al 43% del totale**, e **coinvolgono una percentuale della popolazione mondiale che rappresenta il 56%** tra quella colpita da eventi meteo estremi.

Per quanto possa apparire paradossale, agli eventi estremi causati dall'acqua si associa anche la sua decrescente disponibilità. Sul piano globale se nel 1955 la disponibilità di acqua per abitante era di **17mila metri cubi**, nel 1995 era già scesa a **7.500 metri cubi**. **Circa il 20% della popolazione globale non ha accesso ad acqua potabile e il 37% non è servita da sistemi igienici adeguati**. Molte aree del pianeta, inclusi diversi paesi che si affacciano sulle sponde meridionali del Mediterraneo, hanno disponibilità di acqua pro capite inferiore a mille metri cubi per abitante per anno: la soglia limite della scarsità idrica. A fronte di tutto ciò, il consumo idrico a livello globale ha fatto registrare un'enorme crescita nel secolo scorso, certo a causa dell'aumento della popolazione, ma anche per l'incremento delle superfici coltivate e irrigate e per le crescenti richieste da parte dell'apparato industriale. In queste condizioni non si può prescindere dall'adottare una serie di iniziative quali l'ottimizzazione degli scambi di acqua virtuale tra i paesi, il miglioramento della gestione dei sistemi di approvvigionamento, un maggiore ricorso a fonti marginali e un aumento dell'efficienza dei sistemi irrigui. In ambito urbano, la riduzione delle perdite nelle reti di distribuzione e il riutilizzo delle acque meteoriche per usi non potabili. Così come la mitigazione del rischio idrogeologico, anche l'ottimizzazione delle risorse idriche passa, oltre che dalle scelte politiche, anche dalla progettazione di adeguate opere ingegneristiche.

In questo senso, il contributo dell'ingegneria per l'acqua risulta veramente ad ampissimo raggio. Si va dalla costruzione di nuove dighe ad alte prestazioni ai sistemi di smaltimento delle acque reflue; dallo sviluppo di nuove tecnologie per il risparmio idrico ai progetti atti a preservare gli ecosistemi idrici; dai progetti di desalinizzazione alle opere ingegneristiche atte a gestire le inondazioni, da un lato limitandone i danni, dall'altro consentendo il recupero e l'accumulazione delle acque meteoriche. C'è tanta ingegneria dietro ogni processo che ha per oggetto l'acqua. Per questo motivo abbiamo deciso di dedicare questa monografia de "**L'Ingegnere Italiano**" ad un tema che coinvolgerà sempre di più l'intera umanità e che vedrà l'ingegneria tra gli attori più importanti.

Angelo Domenico Perrini
Presidente del Consiglio Nazionale degli Ingegneri

Straus7®
Nativo Non-Lineare
L'eccellenza FEM accessibile.
www.hsh.info

Calcolo struttuale ad elementi finiti al vero secondo NTC 2018, EC2 e EC3

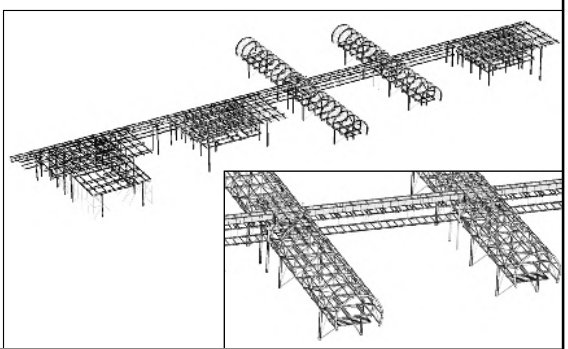
Nessun limite pratico al calcolo strutturale



CERN SCIENCE GATEWAY - GINEVRA

Con lo scopo di creare un hub educativo e di divulgazione scientifica per avvicinare le nuove generazioni alla scienza e alla tecnologia, in seno al CERN di Ginevra è nato lo Science Gateway. La struttura, con una superficie complessiva di 7.000 mq, offre una grande varietà di spazi espostivi, laboratori sperimentali e una sala conferenze da 900 posti destinata agli eventi scientifici. Il complesso è stato concepito per essere estremamente flessibile e adattabile: è costituito da tre padiglioni e due strutture in carpenteria metallica e vetro in forma di tubo disposte ai lati di una delle arterie che collegano Ginevra alla vicina Francia. Completa l'opera una passerella sopraelevata a 6 m di altezza in acciaio-vetro che permette di attraversare la strada e la linea tranviaria, nonché di collegare tra loro tutte le unità. Cimolai ha collaborato nella fase iniziale del progetto con il design team per la definizione delle connessioni della carpenteria metallica e progettazione dei sistemi di facciata metal cladding, delle scale e delle balaustre oltre a svolgere il coordinamento BIM multidisciplinare dei vari stakeholders dell'impresa generale di costruzione. Cimolai ha poi sviluppato il progetto costruttivo, di montaggio e delle relative attrezzature utili per la produzione e il montaggio della struttura metallica, del metal cladding, scale e balaustre e dei deck in lamiere grecate piolate. Cimolai si è anche occupata del dimensionamento e della realizzazione della protezione al fuoco di tutte le strutture metalliche tramite vernice intumescente. È stato utilizzato il codice di calcolo Straus7 per realizzare il modello FEM globale ad elementi finiti tipo beam della carpenteria metallica delle strutture del CERN SCIENCE GATEWAY e delle facciate metalliche assieme alle attrezzature di montaggio e movimentazione. Il modello di calcolo numerico ha permesso di condurre l'analisi strutturale delle varie opere permanenti Pavilions, Tubes, Passerelle Bridge e relative opere provvisorie in fase di costruzione: analisi NL step by step "construction stage analysis" delle fasi di montaggio degli elementi metallici e delle solette di piano (propping, de-propping), verifiche di resistenza, di stabilità e controllo deformativo. Modelli locali ad elementi finiti tipo plate sono stati utilizzati per verifiche delle attrezzature e verifiche dei dettagli dei nodi e connessioni dei sistemi di facciata, scale e balaustre.

COMMITTENTE: CERN (European Organization for Nuclear Research)
PROGETTO ARCHITETTONICO: Renzo Piano Building Workshop in collaborazione con Brodbeck Roulet Architectes Associés
PROGETTO STRUTTURALE: Arup – EDMS
GENERAL CONTRACTOR: ICM – Cimolai S.p.A.
PROGETTO STRUTTURALE ESECUTIVO FACCIATE METALLICHE: Cimolai S.p.A.
PROGETTO COSTRUTTIVO STRUTTURE METALLICHE E FACCIATE METALLICHE: Cimolai S.p.A.
FORNITURA STRUTTURE METALLICHE E FACCIATE METALLICHE: Cimolai S.p.A.
PROGETTO DI MONTAGGIO: Cimolai S.p.A.
COSTRUZIONE: ICM – Cimolai S.p.A.



Testo, foto e immagini del modello di calcolo per gentile concessione di Cimolai S.p.A.

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

HSH

HSH srl - Tel. 049 663888
Fax 049 8758747
www.hsh.info - straus7@hsh.info

Risorse idriche: strategia per una gestione sostenibile

L'acqua è un elemento essenziale per la vita, ma le sfide legate al cambiamento climatico, all'urbanizzazione e alla gestione delle risorse idriche stanno mettendo a dura prova la sua disponibilità e qualità. L'aumento delle temperature globali, la siccità, l'inquinamento e l'inefficienza dei sistemi di gestione dell'acqua richiedono interventi mirati per garantire un approvvigionamento idrico sicuro e sostenibile. Tutto ciò impone di valutare con attenzione l'impatto dei cambiamenti climatici, i rischi sanitari e ambientali, le misure di difesa idraulica nelle città e le tecniche di invarianza idraulica per ridurre gli effetti delle piogge intense nei contesti urbani. Per questo motivo abbiamo deciso di dedicare questa monografia de "**L'Ingegnere Italiano**" al tema "**acqua**", proprio per offrire ai nostri lettori una buona occasione di riflessione ed approfondimento su quello che rappresenta per tutti noi un bene primario irrinunciabile.

Il **cambiamento climatico** sta alterando il ciclo dell'acqua in modo significativo. L'aumento delle temperature provoca un'accelerazione dell'evaporazione e una variazione della distribuzione delle precipitazioni, causando periodi di siccità più frequenti e intensi in molte regioni del mondo. Questo fenomeno ha gravi ripercussioni sui sistemi di approvvigionamento idrico, specialmente nelle aree già soggette a stress idrico. Dal punto di vista dei sistemi idrici la siccità è gravida di conseguenze. Tanto per cominciare si registra una **riduzione della disponibilità di acqua** nelle falde acquifere: la scarsità di precipitazioni impedisce la ricarica naturale delle riserve sotterranee, compromettendo la disponibilità di acqua potabile. C'è poi la diminuzione della portata dei fiumi e dei laghi: l'abbassamento del livello degli invasi e dei corsi d'acqua influisce negativamente sulla produzione di energia idroelettrica e sull'irrigazione agricola. Senza contare la maggiore concentrazione di inquinanti: la riduzione dei volumi d'acqua nei bacini idrici comporta un aumento della **concentrazione di agenti inquinanti**, rendendo più complesso il trattamento delle acque potabili. Per affrontare tutte queste sfide, è necessario implementare strategie di gestione dell'acqua più efficienti, come il recupero e il riutilizzo delle acque reflue, la riduzione delle perdite nelle reti di distribuzione e lo sviluppo di infrastrutture resilienti ai cambiamenti climatici.

Di particolare rilievo è la questione della **qualità dell'acqua**, centrale per la salute pubblica e la sicurezza ambientale. La contaminazione delle fonti idriche da agenti patogeni, sostanze chimiche e microplastiche rappresenta una minaccia crescente, sia per l'acqua destinata al consumo umano che per quella utilizzata in agricoltura. In questo contesto le principali fonti di rischio sono l'inquinamento da nitrati e pesticidi, la presenza di metalli pesanti, la proliferazione di batteri e virus. Per mitigare questi rischi, è essenziale adottare un approccio integrato alla gestione della qualità dell'acqua, che includa il monitoraggio costante delle fonti idriche, il miglioramento delle tecnologie di filtrazione e disinfezione e l'implementazione di politiche di prevenzione dell'inquinamento. Il **riuso delle acque reflue** trattate per scopi irrigui rappresenta, ad esempio, una strategia efficace per ridurre la domanda di acqua dolce, ma richiede protocolli rigorosi per garantire la sicurezza sanitaria ed ambientale. Tecniche come **l'ultrafiltrazione**, l'**osmosi inversa** e la **disinfezione con raggi UV** sono fondamentali per eliminare contaminanti e agenti patogeni prima del riutilizzo.

C'è poi il **tema dell'urbanizzazione crescente** che sta aumentando il rischio di alluvioni e danni idraulici nelle città. L'impermeabilizzazione del suolo, dovuta alla cementificazione e alla riduzione delle aree verdi, impedisce il naturale assorbimento delle acque meteoriche, causando un rapido deflusso delle piogge nei sistemi fognari e nei corsi d'acqua. Per proteggere le aree urbane dagli eventi estremi, è necessario adottare soluzioni di difesa idraulica efficaci, tra cui vasche di laminazione, canali di drenaggio urbano, sistemi di allerta precoce, aree di espansione naturale dei fiumi.

Un principio fondamentale della gestione sostenibile dell'acqua in ambito urbano è quello dell'invarianza idraulica, che mira a **mantenere invariata la quantità e la velocità del deflusso idrico** a seguito di nuovi interventi urbanistici. Questo obiettivo si raggiunge attraverso soluzioni che favoriscono l'infiltrazione naturale dell'acqua nel suolo, riducendo il carico sulle reti fognarie e mitigando il rischio di allagamenti. Tali soluzioni sfruttano tecniche efficaci quali pavimentazioni permeabili, tetti verdi, giardini pluviali, serbatoi di accumulo per il riuso delle acque piovane. Tutto ciò consente di migliorare la resilienza delle città agli eventi climatici estremi, promuovendo un modello di sviluppo urbano più sostenibile e attento alla gestione dell'acqua.

L'acqua è una risorsa preziosa, ma sempre più vulnerabile. La gestione efficace delle risorse idriche richiede un approccio integrato che combini strategie di prevenzione, tecnologie avanzate e interventi infrastrutturali mirati. Investire in soluzioni per la difesa idraulica delle città, il riuso delle acque reflue e le tecniche di invarianza idraulica è essenziale per garantire la sicurezza e la sostenibilità dell'approvvigionamento idrico nelle generazioni future.

Alberto Romagnoli
Consigliere CNI con delega alla comunicazione

CRM System - Mapenet EMR

L'UNICO **SISTEMA CRM CERTIFICATO CVT** E **EPD**, A **EMISSIONI** RESIDUE DI **CO_2** INTERAMENTE **COMPENSATE**



CRM System - **Mapenet EMR** di Mapei è l'unico sistema di rinforzo con **intonaco armato**, progettato con formule ottimizzate per ridurre l'impatto sull'ambiente, che comprende:

- le reti preformate **Mapenet EMR** con maglie e dimensioni variabili (33/66/99)
- i connettori di varia lunghezza e gli angolari preformati
- le malte **MapeWall INTONACA & RINFORZA** e **Mape-Antique NHL ECO STRUTTURALE**

Tutti i prodotti sono **certificati EPD** e a **emissioni di CO_2 interamente compensate**.

CVT

CO_2 FULLY OFFSET IN THE ENTIRE LIFE CYCLE ZERO

Le emissioni di CO_2 misurate lungo il ciclo di vita dei prodotti della **linea ZERO** per l'anno 2025 tramite la metodologia LCA, verificate e certificate con le EPD, sono compensate con l'acquisto di crediti di carbonio certificati per supportare progetti di protezione delle foreste. Un impegno per il pianeta, le persone e la biodiversità.

MAPEI STRUCTURAL DESIGN

SCOPRI IL **SOFTWARE DI CALCOLO** PER I PROGETTI DI **RINFORZO STRUTTURALE**

structuraldesign.mapei.com

MAPEI

L'acqua come sfida multidisciplinare per l'ingegneria

L'acqua si conferma oggi come una delle sfide più rilevanti e trasversali per l'ingegneria contemporanea, in un contesto in cui sostenibilità, sicurezza e innovazione devono procedere in modo integrato. Analizzando i dati disponibili attraverso il portale WISE (Water Information System for Europe)[1] , emerge con evidenza che, a partire dal 2020, è in corso una profonda revisione del quadro normativo europeo in materia di risorse e servizi idrici. Il corpus legislativo preesistente (figura 1) è stato significativamente aggiornato mediante l'adozione di nuove direttive e regolamenti, mirati a rafforzare la governance e promuovere una gestione maggiormente sostenibile del ciclo idrico integrato.

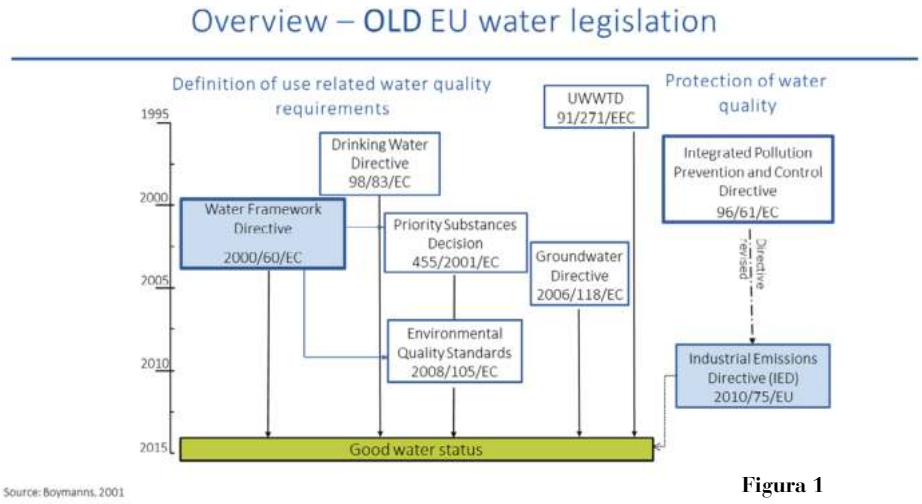


Figura 1

Dal rischio alla prevenzione: un cambio di paradigma

Questo processo ha comportato una ridefinizione degli obiettivi ambientali, dei requisiti tecnici e degli orizzonti temporali di riferimento, in un contesto geopolitico globale in cui il Mediterraneo rappresenta un hotspot climatico sempre più vulnerabile, segnato da scarsità idrica crescente, pressioni antropiche e necessità urgenti di transizione ecologica. Una delle innovazioni metodologiche più significative consiste nel passaggio dall'approccio alla minimizzazione del rischio come "buona pratica" a vero e proprio principio cardine, obbligatorio e strutturale, per pianificare, progettare e gestire sistemi idrici resilienti.

Il Nexus WEFE e le connessioni strategiche

Nel quadro del Nexus Water-Energy-Food-Ecosystems (WEFE), il settore idrico si conferma centrale rispetto a temi strategici quali l'approvvigionamento energetico, l'agricoltura sostenibile e la protezione degli ecosistemi. Alcune prime applicazioni dell'approccio WEFE si riscontrano già nelle nuove direttive – si pensi alla neutralità energetica del servizio di depurazione prevista dalla Direttiva 2024/3019 – ma resta ancora molto da fare per tradurre tali visioni in metriche, standard e strumenti operativi capaci di abilitare policy efficaci.

Risorse idriche e trasformazione industriale

La piattaforma Water Europe[2] ha recentemente ribadito che la disponibilità di risorse idriche adeguate non è soltanto una precondizione per l'agricoltura, ma anche un elemento abilitante per le politiche industriali e digitali europee, ad esempio in settori strategici come semiconduttori e data center. L'acqua, dunque, non è più solo una risorsa ambientale ma anche una leva per la resilienza economica e la competitività tecnologica.

Il contesto italiano: tra investimenti e criticità

In ambito nazionale, si registra un'accelerazione degli investimenti, grazie non solo al PNRR ma anche a strumenti ordinari, come il metodo tariffario idrico e fondi strategici pubblici, che hanno reso possibile la progettazione e realizzazione di opere fondamentali. Tuttavia, persistono situazioni critiche, tra cui infrazioni comunitarie, eventi estremi sempre più frequenti e interventi emergenziali gestiti mediante Commissari straordinari.

[1]https://www.isprambiente.gov.it/pre_meteo/idro/SeverIdrica.html

[2]https://watereurope.eu/publications/

La nuova strategia europea per la resilienza idrica

Per il prossimo futuro è in fase di definizione la nuova Strategia Europea per la Resilienza Idrica, che mira a:

- Ripristinare e proteggere il ciclo naturale dell'acqua
- Garantire accesso equo a risorse idriche sicure e servizi igienico-sanitari
- Promuovere un'industria idrica competitiva e sostenibile nell'ambito dell'economia circolare.

La strategia si articolerà su cinque assi d'intervento: governance e attuazione, infrastrutture, finanziamenti e investimenti, sicurezza e, infine, industria, innovazione e formazione. Un principio guida sarà quello del Water Efficiency First, con l'obiettivo di incentivare il riutilizzo e la circolarità attraverso strumenti tecnologici, normativi e finanziari.

Soluzioni integrate per territori più resilienti

L'aumento della disponibilità di acqua convenzionale di qualità passa da una maggiore resilienza territoriale, fondata sulla capacità di trattenere risorse idriche tramite una sinergia tra soluzioni basate sulla natura e infrastrutture grigie, integrando quando necessario fonti alternative, come il riutilizzo delle acque reflue trattate o la dissalazione. Tutto ciò va inserito in strategie sistemiche, orientate alla sostenibilità dei bilanci idrici nel breve, medio e lungo termine, alla luce dei cambiamenti climatici e delle migliori previsioni oggi disponibili.

La transizione digitale nel ciclo idrico

In questo quadro, la digitalizzazione si configura come leva essenziale per il miglioramento dell'efficienza e della resilienza del servizio idrico. L'impiego di gemelli digitali nei bacini idrografici rappresenta un'evoluzione sostanziale, capace di abilitare una gestione predittiva, integrata con sistemi GIS e dati meteo-climatici in tempo reale. Monitorare in modo intelligente quantità e qualità di acqua ed energia nei sistemi di distribuzione e trattamento significa ridurre le perdite, ottimizzare i processi e migliorare l'impatto tecnico, economico e ambientale delle infrastrutture.

Il ruolo progetti di R&S&I europei

L'Unione Europea ha investito in modo significativo nel settore idrico, ad esempio attraverso Horizon 2020, il programma quadro per la ricerca e l'innovazione (2014–2020), dove sono stati cofinanziati 313 progetti[3], per un valore complessivo di circa 1,6 miliardi di euro, di cui 1,35 miliardi a carico diretto della Commissione. I progetti hanno coperto l'intero spettro dell'innovazione: dalla ricerca di base a soluzioni dimostrative, fino alla formazione tecnica e al capacity building. Le tematiche affrontate spaziavano su otto aree chiave: ecosistemi acquatici, ciclo globale dell'acqua, gestione integrata delle risorse idriche, interazione acqua-società, uso efficiente in agricoltura, impieghi industriali, connessioni con il settore energetico, governance e policy. Molti progetti sono stati interdisciplinari, toccando aspetti del nexus acqua-energia-cibo-clima, e promuovono sinergie tra settori, come industria e ciclo urbano dell'acqua. Tuttavia, l'impatto dei progetti è tuttora difficile da quantificare. Il passaggio a piena scala di mercato è la sfida attuale, selezionare i risultati più promettenti e lavorare per superare la cosiddetta valle della morte della ricerca.

L'ingegneria come leva strategica

L'attuazione del nuovo quadro normativo europeo, unita alla sfida della digitalizzazione, impone una visione ingegneristica all'altezza della complessità attuale. Serve una nuova cultura tecnica, in grado di integrare competenze idrauliche, ambientali, gestionali e digitali. L'ingegneria è chiamata non solo a progettare soluzioni resilienti e circolari, ma anche a promuovere consapevolezza e partecipazione informata nella gestione dell'acqua come bene comune.

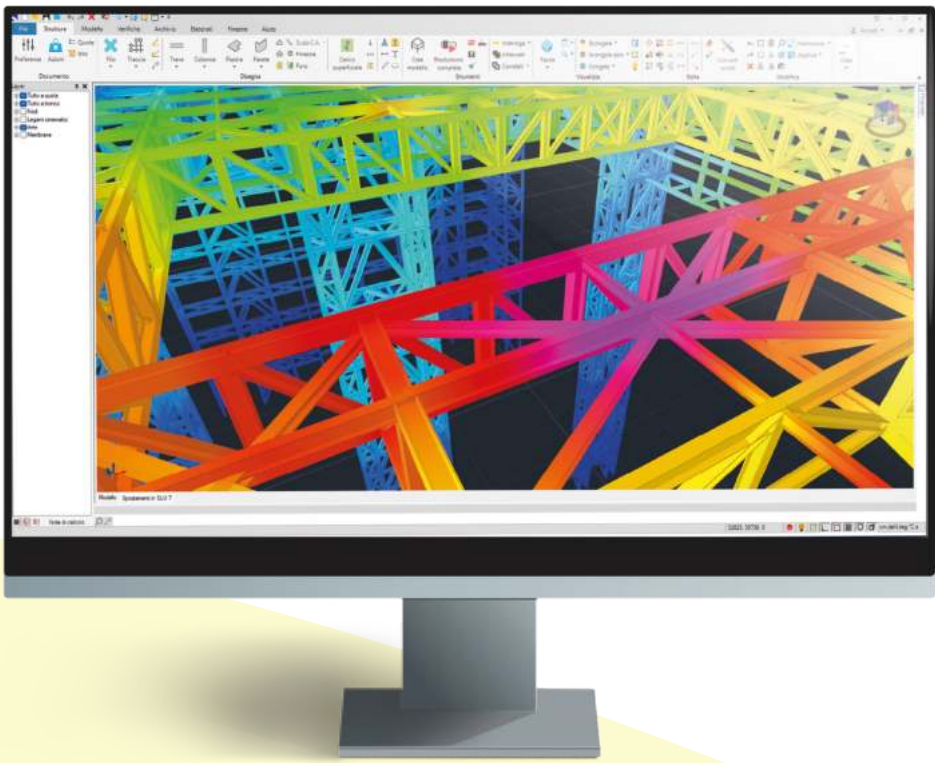
Questo numero evidenzierà soprattutto casi studio del panorama ingegneristico e tecnico-scientifico nazionale mostrando un'evoluzione concreta e multidisciplinare. Dalle soluzioni basate sulla natura (SUDS, NBS) per l'invarianza idraulica e la resilienza urbana, fino agli interventi strutturali per la sicurezza idraulica come nel caso di Olbia. Il settore idrico rinnovato grazie al contributo dei Digital Twin, sia per la gestione di bacini che per i servizi idrici integrati, affiancati da strumenti di regolazione come il sistema RQTI di ARERA. I cambiamenti climatici saranno citati anche perché impongono nuovi approcci nella gestione della siccità e del rischio sanitario-ambientale, mentre il riuso delle acque, la dissalazione e l'idroelettrico si confermano leve strategiche. Infine, si parlerà di come siano emerse nuove priorità: standardizzazione della circolarità e del WEFE nexus, modelli di governance e progetti europei innovativi come LIFE CLIMAX PO.

Francesco Fatone
Curatore di questo numero
Professore Ordinario di Ingegneria Chimica-Ambientale
presso l'Università Politecnica delle Marche

[3]https://research-and-innovation.ec.europa.eu/system/files/2022-03/water_research_and_innovation_projects_2014-2020.pdf

concrete
structural engineering software

Sostenitore
Ingegneria Sismica Italiana





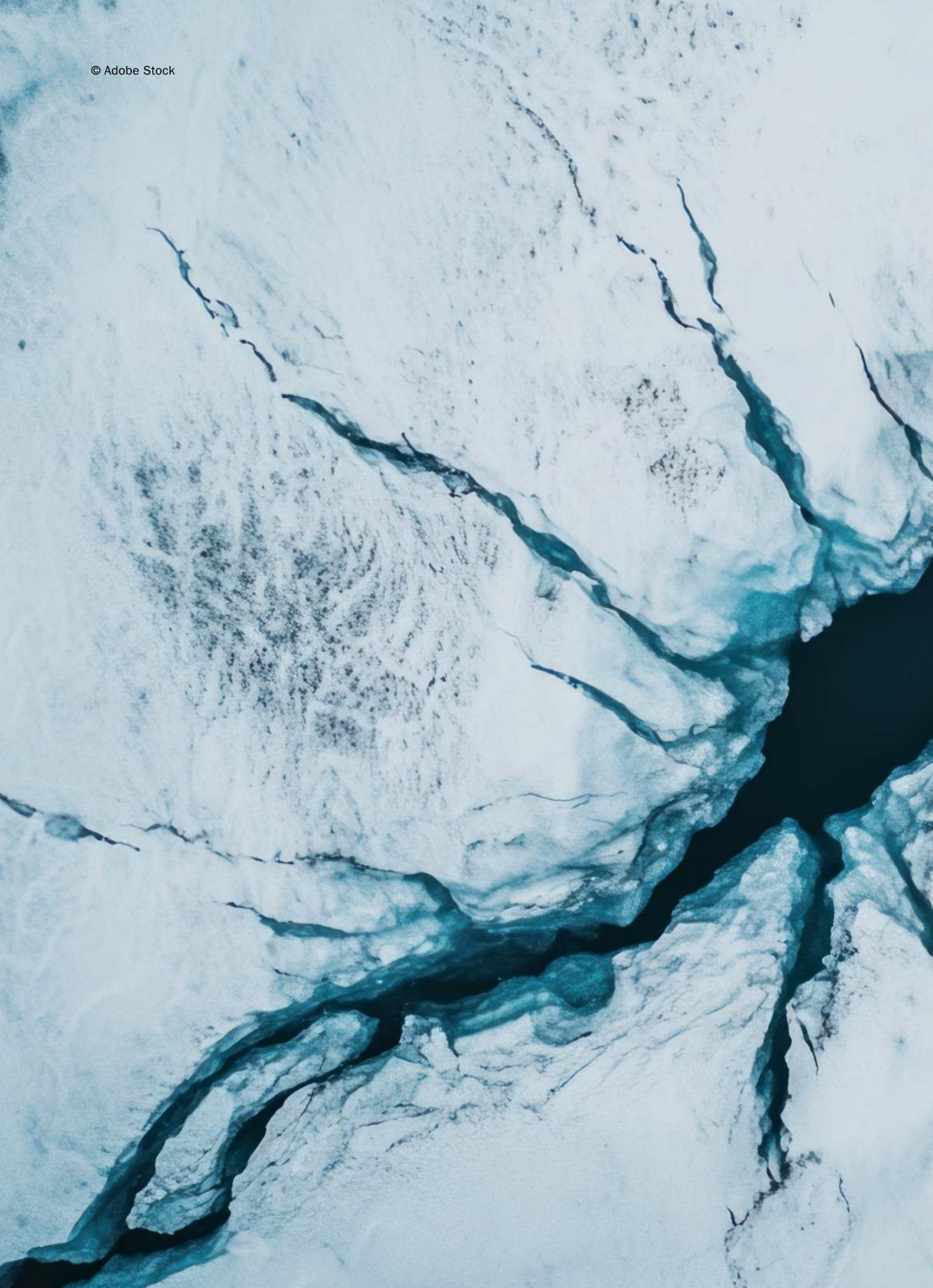
Guarda i tuoi progetti da una nuova prospettiva

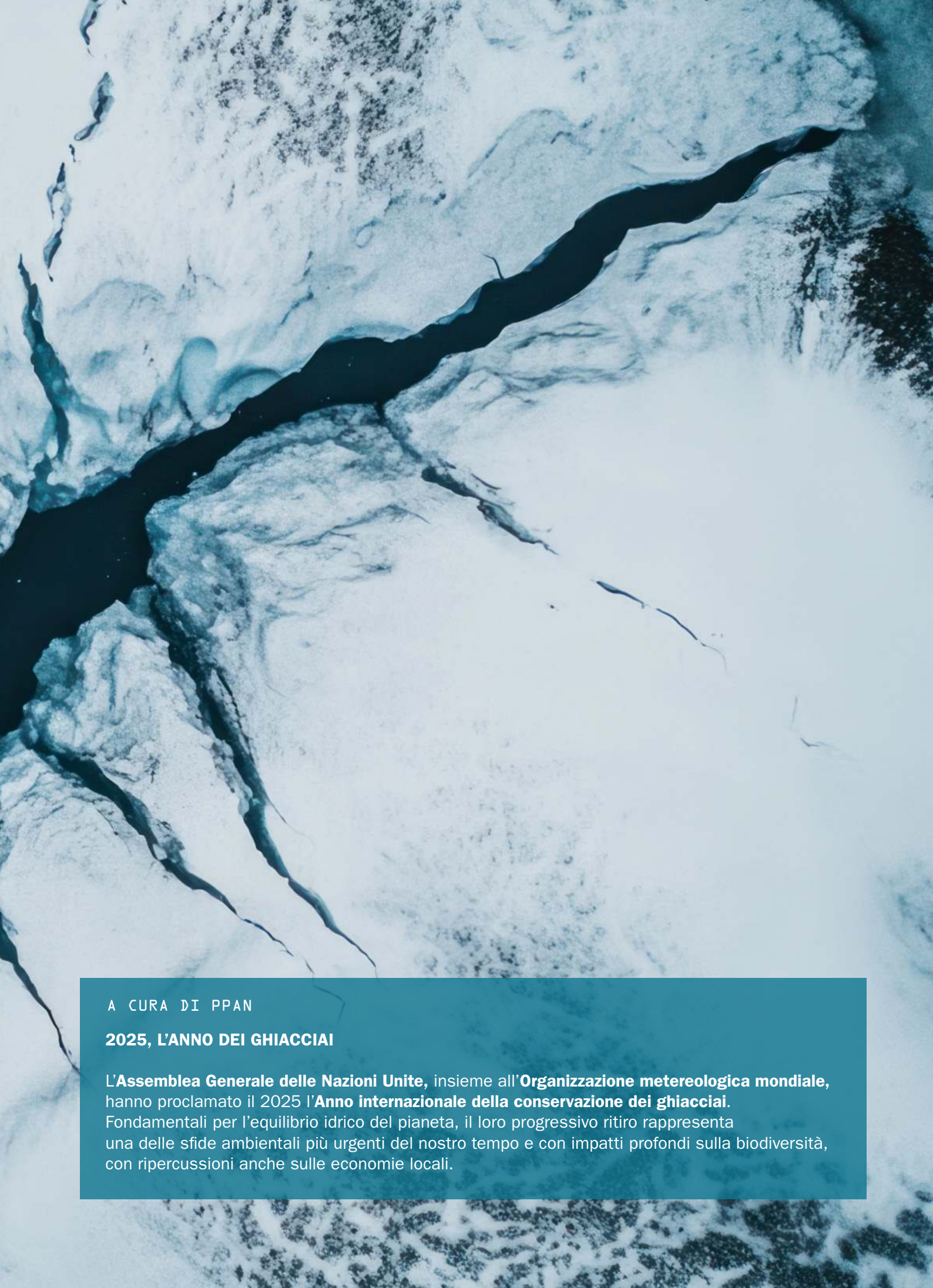
Sismicad si evolve con un pacchetto innovativo importante ed un cambio di major release: **arriva Sismicad 13**. Nuova interfaccia 3D, sistema di gestione delle geometrie, accesso ai comandi e alle licenze. Si aggiungono anche miglioramenti su pareti, rinforzi agli edifici esistenti, BIM e molto altro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

Non riusciamo a scrivere tutto qui: provalo!

Sismicad 13

Per maggiori informazioni **www.concrete.it**


© Adobe Stock



A CURA DI PPAN

2025, L'ANNO DEI GHIACCIAI

L'**Assemblea Generale delle Nazioni Unite,** insieme all'**Organizzazione metereologica mondiale,** hanno proclamato il 2025 l'**Anno internazionale della conservazione dei ghiacciai**.
Fondamentali per l'equilibrio idrico del pianeta, il loro progressivo ritiro rappresenta una delle sfide ambientali più urgenti del nostro tempo e con impatti profondi sulla biodiversità, con ripercussioni anche sulle economie locali.

PAG 3 EDITORIALI

Cosa può fare l'ingegneria per l'acqua
di Angelo Domenico Perrini

Risorse idriche: strategia per una gestione sostenibile
di Alberto Romagnoli

L'acqua come sfida multidisciplinare per l'ingegneria
di Francesco Fatone

PAG 14 Sezione scientifica

Katsou
Romano e Portoghese
Tornatore
Dall'Amico
Venturini
Campisano e Alecci
Conte
Giustolisi
Eusebi
Taglioli
Del Corso
Guerrini e Montalbano
Recanati e Sebastiani

PAG 98 Focusing
A CURA DI PPAN

388 SOMMARIO

Sezione scientifica

LOWARA
xylem

Pompe da Pozzo Lowara: efficienza e performance Sostenibile

Scopri la versatilità delle pompe da pozzo Lowara: una linea di **pompe sommerse all'avanguardia**, progettate per offrire elevate prestazioni e alta efficienza energetica.

- Oltre 500 modelli di pompe sommerse
- Disponibili in diverse tensioni, materiali, cablaggi motore, potenze (KW) e diametri.
- Progettate per resistere anche nelle condizioni più difficili

Utilizzate per irrigazioni agricole, uso domestico o applicazioni industriali, le pompe sommerse Lowara garantiscono un **approvvigionamento idrico costante, efficiente e sostenibile.**



Scopri di più sulle nostre soluzioni su
xylem.com/it-it/brands/lowara

© 2025 Xylem Inc. or its affiliates. All rights reserved.

Circolarità e nesso WEFE: ingegnerizzare la gestione dell'acqua in Europa

EVINA KATSOU
Chair Professor presso l'Imperial College di Londra

hanno collaborato **DAVID RENFREW, ELIZA NIKA, VASILEIA VASILAKI**

Introduzione: L'urgenza della gestione circolare dell'acqua

Il settore idrico europeo deve far fronte a una crescente pressione da parte di richieste municipali, industriali e ambientali, rendendo cruciali l'efficienza e la resilienza di questa risorsa. Oltre il 35% della popolazione dell'UE è attualmente soggetta a stress idrico stagionale, nonostante una riduzione del 19% del prelievo idrico tra il 2000 e il 2022[1]. Solo in Italia, le perdite economiche legate alla siccità superano 1,4 miliardi di euro all'anno, con proiezioni che raggiungono i 65 miliardi di euro all'anno per l'UE entro il 2100[2], con l'agricoltura (39-60% delle perdite) e l'energia (22-48%) come settori più vulnerabili[3], evidenziando la necessità di infrastrutture idriche resilienti e circolari.Per ridurre le perdite idriche e massimizzare la disponibilità di acqua dolce, l'UE ha inserito i principi dell'economia circolare dell'acqua nelle politiche chiave, facendo leva sul Piano d'azione per l'economia circolare, sul regolamento sul riutilizzo delle acque reflue (UE 2020/741) e sul Piano di gestione integrata dei nutrienti per promuovere il riutilizzo dell'acqua, il recupero delle risorse e l'efficienza dei processi[4]. Inoltre, la direttiva aggiornata sul trattamento delle acque reflue urbane (Uwwtd) prevede ora l'estensione del trattamento terziario e quaternario e la neutralità energetica[5], rafforzando il passaggio a sistemi interconnessi e a basso impatto. Ciononostante, permangono lacune critiche nella misurazione, standardizzazione e ottimizzazione della circolarità. Senza metriche di prestazione armonizzate, le soluzioni ingegneristiche faticano a scalare e a penetrare nei mercati e non sono in grado di allinearsi semplicemente con la reportistica della tassonomia UE, rallentandone l'adozione. I gruppi di ricerca applicata svolgono un ruolo fondamentale nel colmare questo divario, garantendo che l'analisi delle prestazioni dell'economia circolare si traduca in soluzioni scalabili e attuabili.

Ingegneria della circolarità: Il progresso delle tecnologie dell'acqua in Europa

La transizione verso un'economia circolare dell'acqua richiede più di una regolamentazione: richiede innovazione tecnologica, precisione ingegneristica e parametri di riferimento per le prestazioni. Presso l'Imperial College di Londra, la professoressa E. Katsou e il suo team sono leader nel sostegno all'implementazione, al potenziamento ed alla replica di tecnologie idriche circolari avanzate nell'ambito di importanti progetti finanziati dall'UE, sviluppando un portafoglio di valutazioni standardizzate a supporto di un processo decisionale basato su dati concreti. Basandosi su una vasta esperienza nei progetti europei Horizon, nei ruoli di leadership di Water Europe e nello sviluppo di standard ISO, il gruppo ha sviluppato un ecosistema olistico di innovazione che collega i progressi tecnologici con le politiche, gli investimenti e i quadri di governance. Questo ecosistema supporta gli sviluppatori di tecnologie, gli ingegneri, le aziende di servizi pubblici e i responsabili politici nella realizzazione di soluzioni idriche circolari resilienti, scalabili e misurabili.
Il lavoro del gruppo in un ampio portafoglio di progetti dimostra il successo del loro modello di R&S, ad esempio in WATER MINING (Horizon Europe) sono stati pionieri nell'analisi della desalinizzazione Zero Liquid

Discharge (ZLD), integrando la filtrazione a membrana, la cristallizzazione termica e la modellazione dell'elettrodialisi per ottenere l'80% di recupero dell'acqua estraendo $Mg(OH)_2$ e NaCl di elevata purezza. In iWAYS e R3Volution (Horizon Europe), il gruppo si è concentrato sull'ottimizzazione della sostenibilità delle tecnologie di distillazione e adsorbimento a membrana, migliorando i rendimenti del riutilizzo delle acque industriali e del recupero delle risorse. Nel trattamento delle acque reflue, progetti come SMART-PLANT e DEEP PURPLE (Horizon Europe) hanno favorito l'aumento di scala e lo sfruttamento della produzione di PHA e dei fotobioreattori anaerobici, che riducono il consumo di energia e le emissioni di gas serra, migliorando al contempo il recupero delle risorse. Nel frattempo, HYDROUSA e CARDIMED (Horizon Europe) sono stati una vetrina per le soluzioni ibride di trattamento decentralizzato in Europa, integrando reattori anaerobici, filtrazione basata su zone umide e compostaggio per creare modelli scalabili e a basso consumo energetico per le aree periurbane e rurali. Incorporando le metodologie di valutazione della circolarità nella pratica ingegneristica, questi progetti forniscono le basi per la standardizzazione delle metriche di valutazione, garantendo che la gestione circolare dell'acqua passi dall'idea all'implementazione, semplificando il benchmarking delle prestazioni e l'analisi comparativa.

Valutazioni di circolarità di nuova generazione e nesso WEFE

Le valutazioni della circolarità devono evolvere al di là delle metodologie frammentate per cogliere le interazioni tra le risorse a livello di sistema. La professoressa Katsou e il suo team hanno guidato lo sviluppo di quadri di valutazione della circolarità di nuova generazione, che offrono metodologie dinamiche e multisettoriali. Il Multi-Sectoral Water Circularity Assessment (MSWCA), sviluppato nell'ambito di HYDROUSA, quantifica i flussi di acqua, energia e nutrienti, integrando valutazioni di riferimento e dinamiche[6]. Nel trattamento delle acque reflue, il modello di valutazione della circolarità di DEEP PURPLE fornisce definizioni di tracciabilità delle risorse, garantendo il calcolo di indicatori standardizzati per la valorizzazione delle acque reflue[7].
Nel frattempo, WATER MINING ha introdotto metriche di circolarità standardizzate per la dissalazione, colmando le principali lacune nella gestione della salamoia, nella neutralità energetica e nel recupero dei minerali[8].
Il successo di queste metodologie si fonda sulla loro base nella norma ISO59000 per la misurazione e la valutazione delle prestazioni dell'economia circolare. Tuttavia, la ricerca della professoressa Katsou e del suo team ha dimostrato che l'approccio di valutazione di alto livello della norma ISO 59020 non coglie appieno le specificità dei sistemi idrici e delle acque reflue, richiedendo un ulteriore perfezionamento per garantirne l'applicabilità ai sistemi idrici. I modelli sviluppati dal gruppo vanno oltre la rendicontazione statica, consentendo una valutazione dinamica dei compromessi e il monitoraggio delle prestazioni intersettoriali. L'integrazione di questi strumenti nei modelli di governance WEFE Nexus assicura che acqua, energia, cibo ed ecosistemi siano gestiti come risorse interconnesse, piuttosto che come settori isolati.

Implementazione del nesso WEFE nella pianificazione idrica

Il nesso WEFE è fondamentale per l'implementazione di un'efficace economia circolare dell'acqua, in quanto evidenzia le interdipendenze tra acqua, energia, cibo ed ecosistemi, tuttavia la sua integrazione nel processo decisionale dell'ingegneria rimane una sfida. In Sardegna, ad esempio, l'aumento delle temperature e l'alterazione dei modelli di precipitazione hanno interrotto la disponibilità di acqua, creando conflitti tra i settori economici chiave dell'agricoltura, dell'energia idroelettrica e del turismo[9]. Nel frattempo, nel bacino del Po, la riduzione dei flussi fluviali durante la siccità costringe a compromessi tra l'irrigazione e la produzione di energia idroelettrica, creando vincoli operativi[10].
Per affrontare queste sfide, reti e progetti come CIRSEAU, NEXOGENESIS e SIM4NEXUS stanno sviluppando modelli per l'allocazione multisettoriale delle risorse. Tuttavia, la modellazione dei nessi rimane complessa a causa dei cicli di feedback, delle esternalità e della variabilità regionale. Un passo fondamentale è l'integrazione della digitalizzazione nella pianificazione idrica circolare, garantendo che i dati in tempo reale, la modellazione predittiva e le valutazioni territoriali informino il processo decisionale regionale. Questo è l'obiettivo del gruppo del Prof. Katsou nei progetti CCSBoost e THESEUS (Horizon Europe), dove le metodologie Circular Cities and Regions Initiative (CCRI) e Territorial Metabolism sono utilizzate per incorporare i quadri dell'economia circolare nelle strutture di governance. Questi progetti garantiscono che il riutilizzo dell'acqua, il recupero dell'energia e i servizi ecosistemici siano presi in considerazione nei modelli di pianificazione,

consentendo alla circolarità di passare da modelli teorici a strategie operative.

Ingegnerizzare il futuro: Digitalizzazione, politica e integrazione del mercato

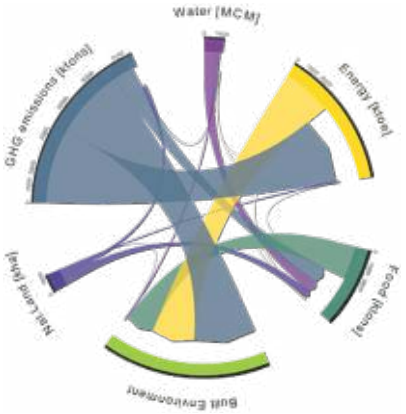
La prossima generazione di ingegneri deve integrare strumenti digitali, allineamento delle politiche e sostenibilità finanziaria per garantire che le soluzioni idriche circolari siano scalabili e pronte per gli investimenti. L'integrazione di gemelli digitali, sensori intelligenti e analisi guidate dall'intelligenza artificiale sta trasformando la gestione delle infrastrutture idriche. Il processo decisionale in tempo reale, la modellazione predittiva e il monitoraggio della circolarità consentono di ottimizzare in modo dinamico i compromessi tra il riutilizzo dell'acqua e il recupero delle risorse rispetto a questioni come l'efficienza energetica e l'uso di sostanze chimiche. Queste capacità, già testate nei progetti R3Volution e CCSBoost, devono essere ampliate per essere adottate su larga scala. Oltre alle competenze tecniche, gli ingegneri devono affrontare le sfide politiche e finanziarie. I fondi di coesione dell'UE, NextGen EU e il Fondo per l'innovazione forniscono finanziamenti fondamentali per le infrastrutture idriche circolari, ma garantire che i progetti siano in linea con la tassonomia UE per le attività sostenibili è essenziale per sbloccare le opportunità di investimento verde. Sebbene il PNRR italiano preveda 69 miliardi di euro per progetti preesistenti e 53,5 miliardi di euro per nuove infrastrutture[11], garantire che i principi di gestione circolare dell'acqua siano incorporati sia negli sviluppi esistenti che in quelli nuovi rimane una sfida fondamentale. L'allineamento di partenariati pubblico-privati strutturati (PPP) con le strategie di economia circolare sarà fondamentale per trasformare il settore idrico, ad esempio da impianti di trattamento delle acque reflue a biofabbriche e da impianti di desalinizzazione a centri di recupero dei minerali. Abbracciando la digitalizzazione, il pensiero sistemico e l'integrazione delle politiche intersettoriali, la prossima generazione di ingegneri guiderà la transizione verso un'economia circolare dell'acqua completamente interconnessa, basata sui dati e finanziariamente sostenibile.

Conclusione

La transizione verso un settore idrico circolare e integrato nei nessi non è più solo un'ambizione teorica, ma una necessità ingegneristica. Affinché l'Italia e l'Europa possano affrontare le crescenti sfide idriche, gli ingegneri devono colmare il divario tra i progressi tecnologici, la digitalizzazione e la conformità normativa. L'integrazione del monitoraggio dei nessi in tempo reale e della valutazione dinamica della circolarità sta trasformando il modo in cui i sistemi idrici vengono ottimizzati, ma l'adozione diffusa richiederà professionisti qualificati in grado di interpretare i complessi compromessi, di navigare nei quadri politici e di guidare soluzioni pronte per gli investimenti utilizzando la prossima generazione di strumenti digitali. Gli ingegneri italiani, in prima linea nella trasformazione delle infrastrutture europee, devono integrare la circolarità sia nei nuovi sviluppi che nell'adeguamento degli asset esistenti per rafforzare le interdipendenze acqua-energia-cibo. La sfida che ci attende è quella di applicare le più recenti ricerche all'interno dei vincoli del mondo reale, consentendo di realizzare sistemi idrici circolari più intelligenti e adattivi che garantiscano la resilienza economica e ambientale.

Riferimenti bibliografici:

[1]Water scarcity conditions in Europe | European Environment Agency's home page
[2]pesetaiv_task_7_drought_final_report.pdf
[3]Global warming could more than double costs caused by drought in Europe, study finds - European Commission
[4]EUR-Lex - 52020DC0098 - EN - EUR-Lex
[5]Urban wastewater: Council adopts new rules for more efficient treatment - Consilium
[6]https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135422007916?via%3Dihub
[7]https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135423013416?via%3Dihub
[8]https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135425000405?via%3Dihub
[9]Water-Food-Energy Nexus under Climate Change in Sardinia
[10]Drought hits Italy's hydroelectric plants
[11]https://www.realinstitutoelcano.org/en/analyses/italys-national-recovery-and-resiliency-plans-climate-impact/



Nexus Chord plot for Greece

Circularity and the WEFE Nexus: engineering the future of water management in Europe

EVINA KATSOU
Chair Professor, Imperial College London

in collaboration with **DAVID RENFREW, ELIZA NIKA, VASILEIA VASILAKI**

Introduction: addressing the urgency of circular water management

Europe's water sector faces increasing pressure from municipal, industrial, and environmental demands, making efficiency and resilience of this resource critical. More than 35% of the EU population currently experiences seasonal water stress, despite a 19% decline in water abstraction between 2000 and 2022[1]. In Italy alone, drought-related economic losses exceed € 1.4 billion annually, with projections reaching € 65 billion annually for the EU by 2100[2], with agriculture (39-60% of losses) and energy (22-48%) being the most vulnerable sectors[3], highlighting the need for resilient, circular water infrastructure.

To reduce water loss and maximise freshwater availability the EU has embedded the water circular economy principles into key policies, leveraging the Circular Economy Action Plan, Water Reuse Regulation (EU 2020/741), and the Integrated Nutrient Management Plan to drive water reuse, resource recovery, and process efficiency[4]. Furthermore, the updated Urban Wastewater Treatment Directive (UWWTD) now mandates expanded tertiary treatment and energy neutrality[5], reinforcing the shift toward low-impact, interconnected systems. Despite this, critical gaps remain in measuring, standardizing, and optimizing circularity. Without harmonized performance metrics, engineering solutions struggle to scale and penetrate markets, and are unable to simply align with EU Taxonomy reporting, slowing adoption.

Applied research groups play a pivotal role in bridging this gap, ensuring that circular economy performance analysis translates into scalable, actionable solutions.

Engineering circularity: advancing water technologies across Europe

Transitioning to a circular water economy requires more than regulation – it demands technological innovation, engineering precision, and performance benchmarks. At Imperial College London, Professor E. Katsou and her team lead the support of advanced circular water technology implementation, scale-up, and replication of across major EU-funded projects, by developing a portfolio of standardized assessments to support evidence-based decision making. Building on extensive expertise in Horizon European projects, Water Europe leadership roles, and ISO standards development, the group has developed a holistic innovation ecosystem that bridges technological advancements with policy, investment, and governance frameworks. This ecosystem supports technology developers, engineers, utilities, and policymakers in delivering resilient, scalable, and measurable circular water solutions.

The group's work across an extensive project portfolio evidences the success of their R&D model, for example in WATER MINING (Horizon Europe) they pioneered Zero Liquid Discharge (ZLD) desalination analysis, integrating membrane filtration, thermal crystallization,

and electrodialysis modeling to achieve 80% water recovery while extracting high-purity $Mg(OH)_2$ and NaCl. In iWAYS and R3Volution (Horizon Europe), the group's focus has been on optimizing membrane distillation and adsorption technology sustainability, enhancing industrial water reuse and resource recovery yields. In wastewater treatment, projects like SMART-PLANT and DEEP PURPLE (Horizon Europe) the group have driven the scaleup and exploitation of PHA-production and anaerobic photobioreactors, which lower energy consumption and greenhouse gas emissions while enhancing resource recovery. Meanwhile, HYDROUSA and CARDIMED (Horizon Europe) have been a showcase for hybrid decentralized treatment solutions in Europe, integrating anaerobic reactors, wetland-based filtration, and composting to create low-energy, scalable models for peri-urban and rural areas. By embedding circularity assessment methodologies into engineering practice, these projects provide the foundation for standardizing assessment metrics, ensuring that circular water management moves from concept to implementation by streamlining performance benchmarking and comparative analysis.

Next-generation circularity assessments and the WEFE Nexus

Circularity assessments must evolve beyond fragmented methodologies to capture system-wide resource interactions. Prof. Katsou and her team have led the development of next-generation circularity assessment frameworks, which offer dynamic, multi-sectoral methodologies. The Multi-Sectoral Water Circularity Assessment (MSWCA), developed within HYDROUSA, quantifies water, energy, and nutrient flows, integrating benchmark and dynamic assessments[6]. In wastewater treatment, the circularity assessment model from DEEP PURPLE provides resource traceability definitions, ensuring standardized indicator calculations for wastewater valorization[7]. Meanwhile, WATER MINING has introduced standardized desalination circularity metrics, filling key gaps in brine management, energy neutrality, and mineral recovery[8].

The success of these methodologies is founded on their basis in ISO59000 for circular economy performance measurement and assessment. However, research by Prof. Katsou and her team have shown that the high-level assessment approach of ISO 59020 does not fully capture the specificities of water and wastewater systems, requiring further refinement to ensure its applicability in water systems. The models the group develops move beyond static reporting, allowing for dynamic evaluation of trade-offs and cross-sector performance tracking. Embedding these tools into WEFE Nexus-based governance models ensures that water, energy, food, and ecosystems are managed as interconnected resources, rather than isolated sectors.

Implementing the WEFE Nexus in water planning

The WEFE Nexus is critical for implementing an effective circular water economy, as it highlights the interdependencies between water, energy, food, and ecosystems, however integrating it into engineering decision-making remains a challenge. For example in Sardinia, rising temperatures and altered precipitation patterns have disrupted water availability, creating conflicts among key agriculture, hydro-power and tourism economic sectors[9]. Meanwhile, in the Po River Basin, reduced river flows during droughts force trade-offs between irrigation and hydropower generation, creating operational constraints[10].

To address these challenges, networks and projects like CIRSEAU, NEXOGENESIS and SIM4NEXUS are developing models for multi-sectoral resource allocation. However, nexus modeling remains complex due to feedback loops, externalities, and regional variability. A key step is integrating digitalization into circular water planning, ensuring that real-time data, predictive modeling, and territorial assessments inform regional decision-making. This is the focus of Prof. Katsou's group in CCSBoost and THESEUS projects (Horizon Europe), where Circular Cities and Regions Initiative (CCRI) and Territorial Metabolism methodologies are used to embed circular economy frameworks into governance structures. These projects ensure that water reuse, energy recovery, and ecosystem services are accounted for in planning models, allowing circularity to transition from theoretical models to operational strategies.

Engineering the future: digitalization, policy, and market integration

The next generation of engineers must integrate digital tools, policy alignment, and financial viability to ensure circular water solutions are scalable and investment-ready. The integration of digital twins, smart sensors, and AI-driven analytics is transforming how water infrastructure is managed. Real-time

decision-making, predictive modeling, and circularity tracking enable dynamic optimization of trade-offs between water reuse and resource recovery against issues like energy efficiency and chemical usage. These capabilities, already being tested in R3Volution and CCSBoost projects, must be scaled up for widespread adoption.

Beyond technical skills, engineers must navigate policy and financing challenges. EU Cohesion Funds, NextGen EU, and the Innovation Fund provide critical funding for circular water infrastructure, but ensuring projects align with the EU Taxonomy for Sustainable Activities is essential for unlocking green investment opportunities. While Italy's PNRR includes €69 billion for pre-existing projects and €53.5 billion for new infrastructure[11], ensuring circular water management principles are embedded in both existing and new developments remains a key challenge. Aligning structured public-private partnerships (PPPs) with circular economy strategies will be crucial in transforming the water sector, for example from wastewater treatment plants into biofactories and desalination plants into mineral recovery hubs.

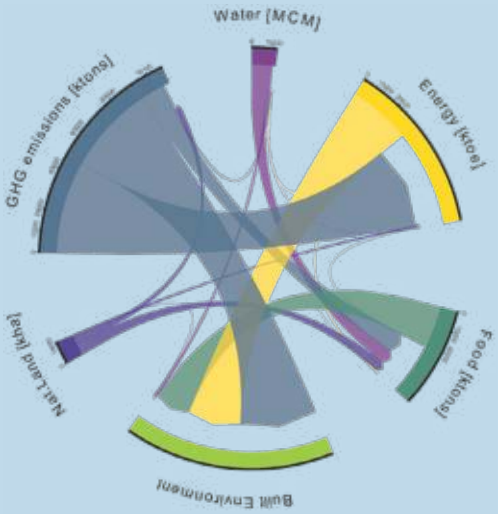
By embracing digitalization, systems thinking, and cross-sector policy integration, the next generation of engineers will drive the transition towards a fully interconnected, data-driven, and financially sustainable circular water economy.

Conclusion

The transition to a circular and nexus-integrated water sector is no longer just a theoretical ambition but an engineering necessity. For Italy and Europe to meet growing water challenges, engineers must bridge the gap between technological advancements, digitalization, and regulatory compliance. The integration of real-time nexus monitoring and dynamic circularity assessment is transforming how water systems are optimized, but widespread adoption will require skilled professionals who can interpret complex trade-offs, navigate policy frameworks, and drive investment-ready solutions using the next generation of digital tools.
Italian engineers, at the forefront of Europe's infrastructure transformation, must embed circularity into both new developments and the retrofitting of existing assets to strengthen water-energy-food interdependencies. The challenge ahead is to apply the latest research within real-world constraints, enabling smarter, more adaptive circular water systems that deliver economic and environmental resilience.

References:

[1]Water scarcity conditions in Europe | European Environment Agency's home page
[2]pesetaiv_task_7_drought_final_report.pdf
[3]Global warming could more than double costs caused by drought in Europe, study finds - European Commission
[4]EUR-Lex - 52020DC0098 - EN - EUR-Lex
[5]Urban wastewater: Council adopts new rules for more efficient treatment - Consilium
[6]https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135422007916?via%3Dihub
[7]https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135423013416?via%3Dihub
[8]https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135425000405?via%3Dihub
[9]Water-Food-Energy Nexus under Climate Change in Sardinia
[10]Drought hits Italy's hydroelectric plants
[11]https://www.realinstitutoelcano.org/en/analyses/italys-national-recovery-and-resiliency-plans-climate-impact/



Nexus Chord plot for Greece

A CURA DI PPAN

FOTOGRAFARE L'ACQUA

L'acqua è protagonista di numerosi concorsi fotografici che ne raccontano valore e bellezza. Dall'**Underwater Photographer of the Year**, dedicato agli ecosistemi sommersi, al **World Water Day Photo Contest**, che invita a riflettere sulla questione della conservazione e dell'accesso alla risorsa idrica. In Italia, concorsi come **H2O – La natura dell'acqua** e **Obiettivo Acqua** promuovono uno sguardo consapevole sul legame tra risorse idriche, paesaggio e cambiamento climatico. Nella fotonotizia, l'immagine vincitrice del Underwater 2025: si intitola **Radiant Bond** ed è opera del fotografo spagnolo **Alvaro Herrero** che mostra l'amore di una madre per il suo cucciolo.



© Alvaro Herrero/UPY2025

Cambiamenti climatici e siccità: l'impatto sui sistemi di approvvigionamento idrico

EMANUELE ROMANO
Ricercatore presso l'Istituto di ricerca sulle acque del CNR

IVAN PORTOGHESE
Ricercatore presso l'Istituto di ricerca sulle acque del CNR

Negli ultimi decenni eventi di crisi idrica hanno coinvolto, seppure in momenti diversi e con cause e dinamiche evolutive spesso molto differenti, tutto il territorio italiano. Menzioniamo, a titolo di esempio, la crisi idrica che ha interessato l'Italia centro-meridionale e insulare nel 2001-2002 o, molto più recentemente, la crisi che ha colpito le regioni centro-settentrionali nel 2022-2023 (in particolare Piemonte, Lombardia, Liguria, Veneto, Friuli-Venezia Giulia, Emilia-Romagna, Toscana, Marche, Umbria, Lazio).
Anche nel momento in cui scriviamo, alcune aree del centro-sud Italia sono interessate da condizioni di crisi idrica: allo stato attuale (marzo 2025), secondo gli Osservatori permanenti per gli utilizzi idrici, istituiti presso le Autorità di distretto idrografico, i distretti idrografici dell'Appennino centrale, dell'Appennino meridionale e della Sardegna si trovano in una condizione di severità idrica[1] "media", mentre il Distretto idrografico della Sicilia registra una condizione di severità idrica "alta". In relazione all'uso civile, attualmente è stato dichiarato lo "stato di emergenza da crisi idrica" l'intero territorio della Sicilia e alcune aree della Calabria e della Basilicata.
È fondamentale nel contesto emergenziale prima descritto distinguere il concetto di siccità dal concetto di *crisi idrica*: gli eventi di siccità sono, dal punto di vista statistico, periodi nei quali persiste una condizione di deficit rispetto alle condizioni normali dell'apporto meteorico, dello stato idrico del suolo o di un corpo idrico, sia esso superficiale o sotterraneo. Invece, il concetto di *stress idrico* fa riferimento al mancato soddisfacimento dei fabbisogni per le diverse esigenze antropiche ed ecologiche, per un periodo di tempo solitamente limitato. Uno stress idrico protratto nel tempo, quale che ne sia la causa, può determinare impatti socio-economici ed ambientali significativi (figura 1). Si parla in questo caso di "crisi idriche".

Un'analisi del fenomeno "siccità" può dunque essere finalizzata a diversi obiettivi: sul breve periodo, evitare che l'evento siccitoso in atto evolva in uno stato di crisi idrica; sul medio-lungo periodo, valutare la vulnerabilità dei sistemi di approvvigionamento idrico ai fini di una pianificazione efficace delle infrastrutture per la gestione delle risorse. Tale pianificazione strategica dovrebbe mirare a incrementare la resilienza di tali sistemi a condizioni di scarsità idrica, permettendo nello stesso tempo il mantenimento e ove necessario il ripristino dei servizi ecosistemici. È cruciale quindi per prevenire gli impatti della siccità l'adozione di un approccio integrato che prenda in considerazione molteplici aspetti, come di seguito riportati:

[1]Per una presentazione della funzione degli Osservatori permanenti per gli utilizzi idrici e della definizione di "severità idrica" si può fare riferimento alla seguente pagina curata dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA):
https://www.isprambiente.gov.it/pre_meteo/idro/SeverIdrica.html



Figura 1 - *Rappresentazione schematica dell'evoluzione di un evento siccitoso (da Romano e Portoghese, 2024).*

- i regimi meteo-climatici attuali e previsti in un contesto di cambiamento climatico e il loro impatto sulla variabilità stagionale e inter-annuale delle risorse superficiali e sotterranee;
- il monitoraggio meteo-idrologico e delle pressioni antropiche sui corpi idrici, sia in termini di utilizzi attuali sia in termini di scenari futuri di fabbisogno nei diversi settori. In figura 2 è riportata a titolo di esempio una stima dei prelievi idrici per uso civile, irriguo e industriale suddivisi per Distretto idrografico;
- lo stato e le performance delle infrastrutture esistenti, le loro condizioni operative e la loro vulnerabilità;
- la valutazione della fattibilità dell'utilizzo di risorse idriche non convenzionali (riutilizzo di acque reflue trattate, dissalatori, acquiferi off-shore, ecc.) e della sostenibilità socio-economica sul lungo periodo delle possibili misure di adattamento proposte (compresi strumenti tariffari, possibili incentivi, strumenti fiscali, ecc.) in relazione ai costi previsti di investimento, esercizio e manutenzione;
- la necessità di ripristinare e tutelare gli ecosistemi acquatici attraverso il mantenimento o il miglioramento del loro stato ecologico complessivo;
- la necessità di un riassetto nel medio e lungo periodo dell'uso del suolo;
- la necessitò di una revisione dei sistemi attuali di *governance* delle risorse idriche, anche mediante il coinvolgimento di stakeholder ed utenti finali.

Il quadro climatico e idrologico attuale

Negli ultimi decenni si è osservata una variazione del regime pluviometrico (Braca et al., 2024), sia in termini di diminuzione

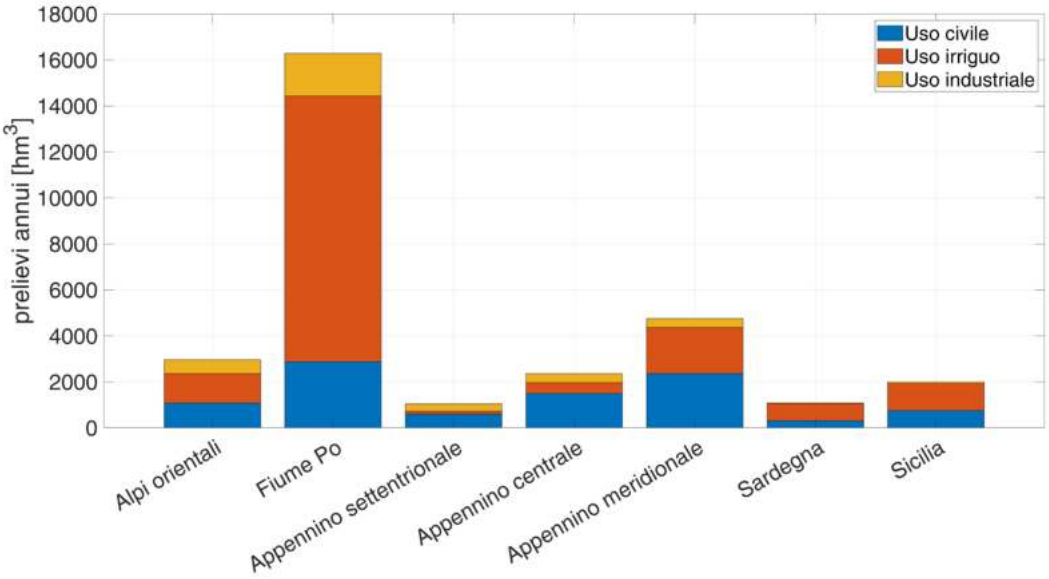


Figura 2 - *Prelievi idrici per uso civile, irriguo e industriale. Fonte: ISTAT (2019) (da Romano e Portoghese, 2024).*

delle precipitazioni totali annue che in termini di riduzione del numero di giorni piovosi. In particolare, a fronte di una media annua di 990 mm nel periodo 1921-1950, nell'ultimo trentennio climatologico (1991-2020) la precipitazione media annua, a livello nazionale, è scesa a 944 millimetri. Alla variazione osservata del regime pluviometrico, si aggiunge un significativo aumento delle temperature. Dal 2000, la temperatura media in Italia è stata quasi sempre superiore alla media del trentennio 1991-2020. Il 2022, anno con le precipitazioni più basse mai registrate, è risultato anche il più caldo dal 1961 (temperatura media superiore di 1.23 °C rispetto alla norma), superando di ben 1.0 °C il valore del 2021. Il cambiamento del regime termo-pluviometrico sta avendo un forte impatto innanzitutto sulla criosfera: è stata osservata una riduzione significativa del manto nevoso sulle Alpi quantificata da Ranzi et al. (2024) in – 4 mm/anno tra il 1967 e il 2020. In relazione alla criosfera appare molto importante il verificarsi sempre più frequentemente delle cosiddette *snow drought* (*siccità nevose*). Come mostrato in figura 3, il 2022 e il 2023 sono stati caratterizzati sull'arco alpino da significative anomalie negative di equivalente in acqua della neve associate ad anomalie positive di temperatura mai osservate in passato. Altrettanto significativi sono i segnali dell'impatto sui ghiacciai dell'arco alpino (si veda ad esempio il recentissimo lavoro di Securo et al. 2025 sui ghiacciai delle Dolomiti), con un significativo arretramento pari a – 60% rispetto alla cosiddetta "Piccola Era Glaciale" (approssimativamente dal XIV al XIX secolo, Haeberli et al. 2019). Dal punto di vista idrologico è stata osservata una diminuzione in media dell'umidità del suolo nel periodo 1950-2023 in aree come la Pianura Padana, la Sardegna e la Sicilia occidentale (Brocca et al., 2024). Anche i deflussi superficiali sono calati (Masseroni et al. 2021): ad esempio, dal 1800 a oggi, la portata del Po nei mesi estivi

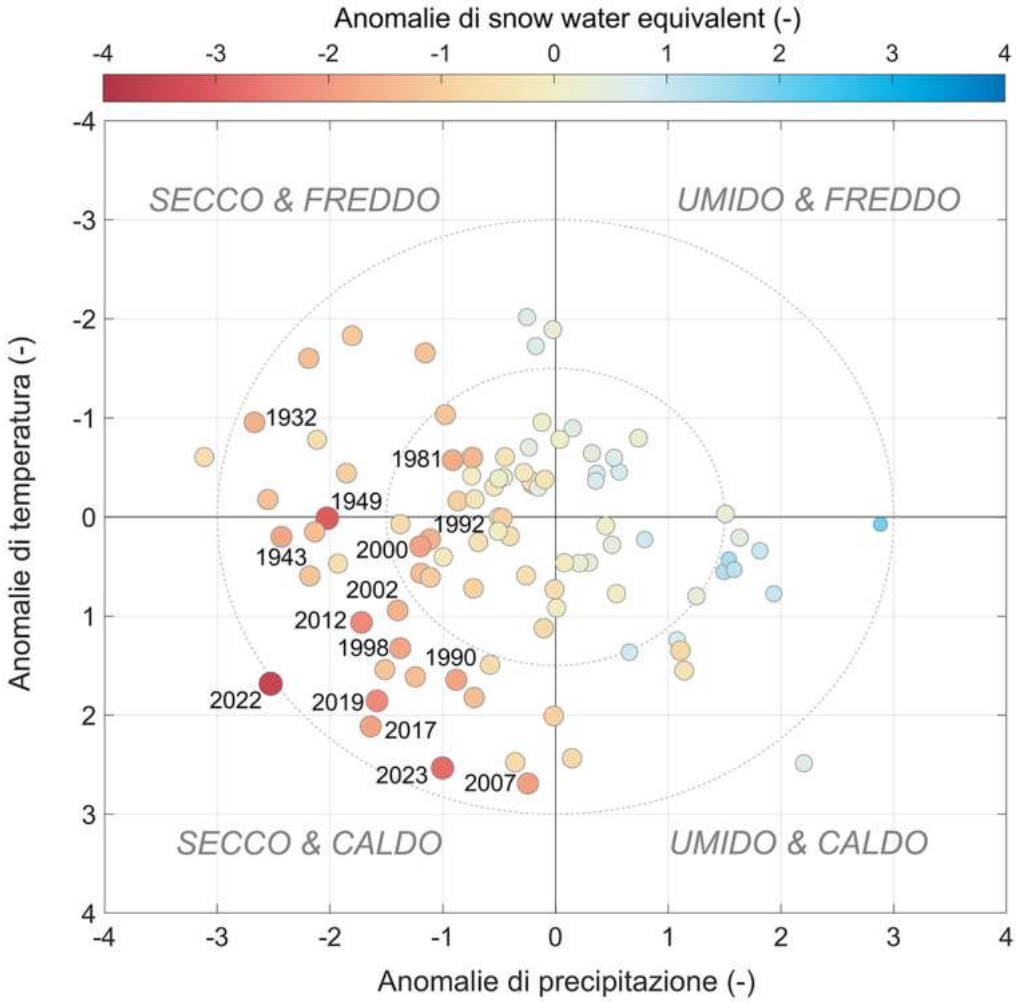


Figura 3 - *Anomalie di Snow Water Equivalent (SWE) a marzo (periodo 1930-2023) in funzione delle anomalie di precipitazione e temperatura. In figura sono indicati gli anni con anomalie di SWE < –1.5. (modificata da Colombo et al., 2024; in: Romano e Portoghese, 2024).*

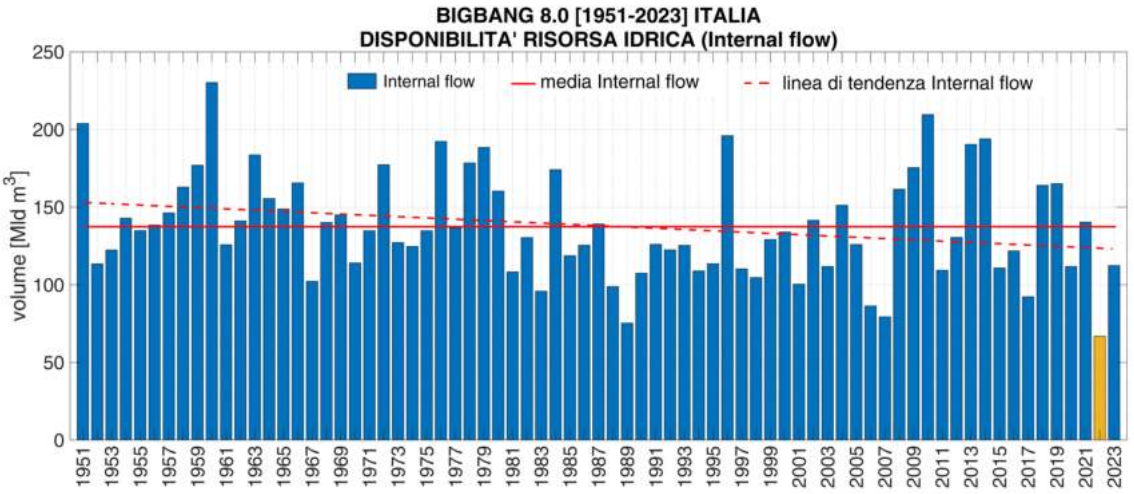


Figura 4 - *Serie storica 1951–2023 della disponibilità naturale della risorsa idrica rinnovabile interna (internal flow), media (tratteggiata in nero) e linea di tendenza (in rosso). In giallo è riportato il dato relativo al 2022. Elaborazione dell'ISPRA mediante il modello BIGBANG, versione 8.0, su dati degli uffici idro-meteorologici regionali e delle province autonome e quelli storici del soppresso Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (in: Romano e Portoghese, 2024).*

è diminuita di 2.53 m³/s all'anno (Montanari et al. 2024). Le acque sotterranee subiscono variazioni più complesse da stimare, sebbene i segnali di un progressivo depauperamento delle risorse idriche nel sottosuolo siano molteplici (Fiorillo et al. 2015; Citrini et al. 2020). A tali impatti di tipo quantitativo, occorre aggiungere gli impatti di tipo qualitativo associati: aumento delle concentrazioni a causa della diminuzione dei volumi disponibili, variazioni dei carichi di nutrienti, mobilizzazione di sedimenti e fosforo a seguito di eventi meteorici intensi, aumento della salinità nelle zone di transizione (ad esempio nel delta del fiume Po) e negli acquiferi costieri. L'insieme dei processi prima descritti hanno determinato, secondo le stime effettuate dall'ISPRA (Braca et al., 2024), una diminuzione della disponibilità naturale della risorsa idrica rinnovabile complessiva di circa il 20% nel periodo 1951-2023 (figura 4).
La riduzione della disponibilità di acqua, specie in condizioni emergenziali, limita l'approvvigionamento idrico per uso civile, agricolo, industriale e turistico, riduce la produttività, soprattutto in agricoltura, e penalizza la produzione energetica. A questi effetti si aggiungono le conseguenze, talvolta drammatiche, sugli ecosistemi acquatici e connessi, oltre all'impatto sulla qualità del suolo, contribuendo al fenomeno della *land degradation*.

Misure di adattamento

Sulla base di quanto prima esposto appare necessaria e non procrastinabile la programmazione e adozione di misure per incrementare la resilienza idrica, come previsto anche dalla European Water Resilience Strategy in fase di discussione in questi mesi. Una strategia che si articolerà su più fronti (figura 5) con misure organiche che possano mitigare gli impatti degli eventi siccitosi e favorire una gestione delle risorse idriche sostenibile sia dal punto di vista del soddisfacimento dei fabbisogni idrici per i diversi utilizzi antropici, sia degli impatti sugli ecosistemi e sul territorio. Senza entrare nel merito dell'efficacia dei singoli interventi, riteniamo utile qui sottolineare alcuni aspetti che possono orientare la valutazione ed eventualmente una prioritizzazione degli investimenti:

- l'utilità o meno di una determinata misura di adattamento, così come l'eventuale impatto sugli ecosistemi e più in generale sul territorio va sempre valutata con un approccio multi-scala che tenga conto sia degli impatti locali che degli impatti a scala di bacino. Ad esempio, la costruzione di un nuovo invaso superficiale può mitigare gli effetti della siccità su scala locale, ma avere impatti significativi sia sugli ecosistemi che sulla disponibilità di risorsa a valle sui bacini riceventi;
- per ogni misura di adattamento ipotizzata occorre definire in maniera univoca gli scenari futuri di riferimento. Gli attuali modelli di circolazione globale, utilizzati per sviluppare futuri scenari climatici, sebbene indichino in maniera univoca per l'area mediterranea un aumento degli eventi

siccitosi, hanno tuttavia un elevato livello di incertezza. In particolare, ci sembra importante sottolineare qui l'incertezza legata a una possibile variazione della durata degli eventi siccitosi futuri. Questo parametro è infatti fondamentale per sviluppare corrette strategie di adattamento, sia in termini di valutazione degli impatti, sia in termini di resilienza dei sistemi di approvvigionamento idrico e degli ecosistemi. A tal proposito, è importante sottolineare il fatto che in Italia il complesso degli effetti ambientali e socio-economici di eventi siccitosi pluriennali è sostanzialmente sconosciuto nonostante tali eventi siano statisticamente possibili;

- qualsiasi valutazione sull'efficacia di misure di adattamento deve necessariamente misurarsi in termini di effetti positivi sul bilancio idrico ossia, secondo quanto riportato nel Decreto 28 luglio 2004 del ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, sulla "comparazione, nel periodo di tempo considerato, fra le risorse idriche (disponibili o reperibili) in un determinato bacino o sottobacino, superficiale o sotterraneo, al netto delle risorse necessarie alla conservazione degli ecosistemi acquatici ed i fabbisogni per i diversi usi (esistenti o previsti)". Nell'equilibrio del bilancio idrico assume quindi particolare rilevanza il monitoraggio degli utilizzi, fondamentale ai fini di una gestione sostenibile delle risorse e conservazione dei corpi idrici e dei relativi servizi ecosistemici. Infatti, se da un lato gli usi civili e industriali in Italia, oltre ad essere piuttosto stabile nel tempo, risultano sufficientemente monitorati, specie mediante il "Censimento delle acque per uso civile" effettuato dall'ISTAT, i volumi idrici prelevati e/o utilizzati per usi agricoli, per loro natura variabili in funzione degli ordinamenti colturali e dell'andamento

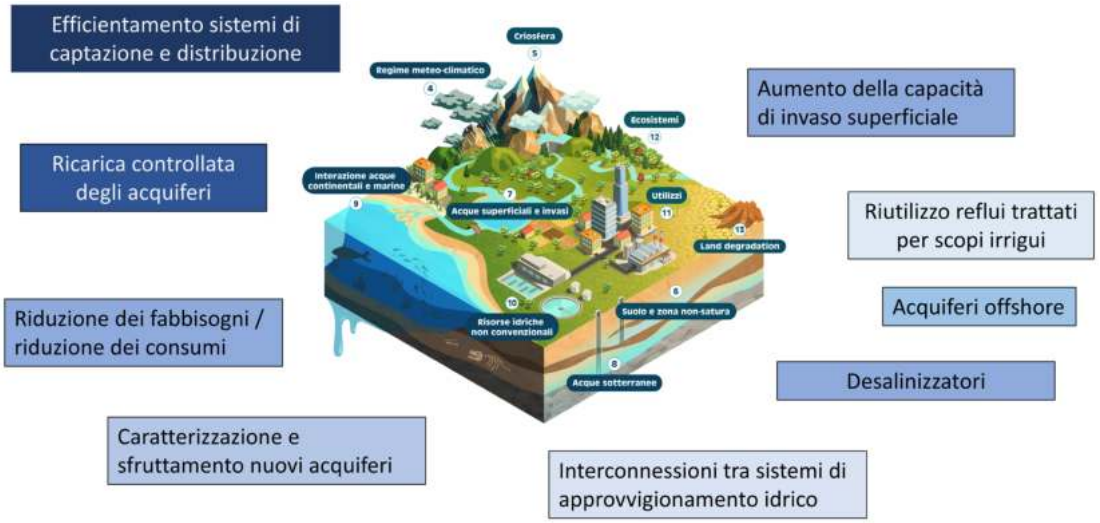


Figura 5 - *Possibili ambiti di adattamento agli eventi siccitosi (modificata da Romano e Portoghese, 2024; grafica a cura di Luminescientia.com).*

climatico stagionale, sono in generale oggetto di stima e non di misura diretta, soprattutto a causa dell'ampia diffusione di captazioni in autoapprovvigionamento. Questa mancanza introduce un'incertezza non trascurabile nella determinazione delle componenti del bilancio idrico (essendo il consumo irriguo di gran lunga il maggiore) che rende complessa sia la gestione delle emergenze che una pianificazione strategica efficace sul medio e sul lungo periodo.

Ringraziamenti

La presente nota sintetizza parte delle informazioni riportate nel volume "Siccità, scarsità e crisi idriche. Il contributo della ricerca a supporto della definizione del bilancio idrico", edito da Edizioni Cnr (https://doi.org/10.69115 habitatsigna-2024-1.). Il volume è basato principalmente sulle attività scientifiche condotte da ricercatrici e ricercatori del

Consiglio Nazionale delle Ricerche afferenti al Dipartimento Scienze del Sistema Terra e Tecnologie per l'Ambiente (DSSTTA) ed è stata curata dal Gruppo di Lavoro dipartimentale "Siccità, scarsità e crisi idriche", coordinato dall'Istituto di Ricerca sulle Acque del CNR. Il volume è arricchito dai contributi di alcune tra le principali Istituzioni nazionali operanti nella pianificazione e gestione delle risorse e infrastrutture idriche: l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), la "Struttura di missione per il contrasto della scarsità idrica e per il potenziamento delle infrastrutture idriche" della Presidenza del Consiglio dei Ministri e il Dipartimento della Protezione Civile della Presidenza del Consiglio dei Ministri (DPC).

Riferimenti bibliografici

Braca, G., Mariani, S., Lastoria, B., Tropeano, R., Casaioli, M., Piva, F., Marchetti, G., Bussettini, M., 2024. Bilancio idrologico nazionale: stime BIGBANG e indicatori sulla risorsa idrica. Aggiornamento al 2023. Rapporti n. 401/2024, ISPRA, Roma.

Brocca, L., Adamo, M., Boggero, A., Ciampittiello, M., Copetti, D., de Girolamo, A.M., Dresti, C., Garnier, M., Marziali, L., Massari, C., Polesello, S., Rana, F.M. 2024. "Acque superficiali e invasi", in Siccità, scarsità e crisi idriche, Emanuele Romano, Ivan Portoghese (a cura di), Habitat signa 1, 237-264. Roma: Cnr Edizioni. https://doi.org/10.69115/habitatsigna-2024-1/07

Citrini, A., Camera, C., Beretta, G. P. 2020. Nossana spring (northern Italy) under climate change: Projections of future discharge rates and water availability. Water 12(2), 387. https://doi.org/10.3390/w12020387

Colombo N., Guyennon, N., Valt, M., Salerno, F., Godone, D., Cianfarra, P., Freppaz, M., Maugeri, M., Manara, V., Acquaotta, F., Petrangeli, A. B., Romano, E., 2023. Unprecedented snow-drought conditions in the Italian Alps during the early 2020s. Environmental Research Letters. https://doi.org/10.1088/1748-9326/acdb88

Fiorillo, F., Petitta, M., Preziosi, E., Rusi, S., Esposito, L., Tallini, M., 2015. Long-term trend and fluctuations of karst spring discharge in a Mediterranean area (central-southern Italy). Environ. Earth Sci. 74, 153–172. https://doi.org/10.1007/s12665-014-3946-6

Haeberli, W., Oerlemans, J., Zemp, M., 2019. The future of Alpine glaciers and beyond. In: Oxford Research Encyclopedia of Climate Science. Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190228620.013.769

ISTAT, 2019. Utilizzo e qualità della risorsa idrica in Italia. A cura di Stefano Tersigni. ISBN 978-88-458-1976-6. https://www.istat.it/produzione-editoriale/utilizzo-e-qualita-della-risorsa-idrica-in-italia/

Masseroni, D., Camici, S., Cislaghi, A., Vacchiano, G., Massari, C., Brocca, L., 2021. The 63-year changes in annual streamflow volumes across Europe with a focus on the Mediterranean basin. Hydrology and Earth System Sciences, 25(10), 5589–5601. https://doi.org/10.5194/hess-25-5589-2021

Montanari, A., Nguyen, H., Rubinetti, S., Ceola, S., Galelli, S., Rubino, A., Zanchettin, D., 2023. Why the 2022 Po River drought is the worst in the past two centuries. Science Advances, 9(32), eadg8304. https://doi.org/10.1126/sciadv.adg8304

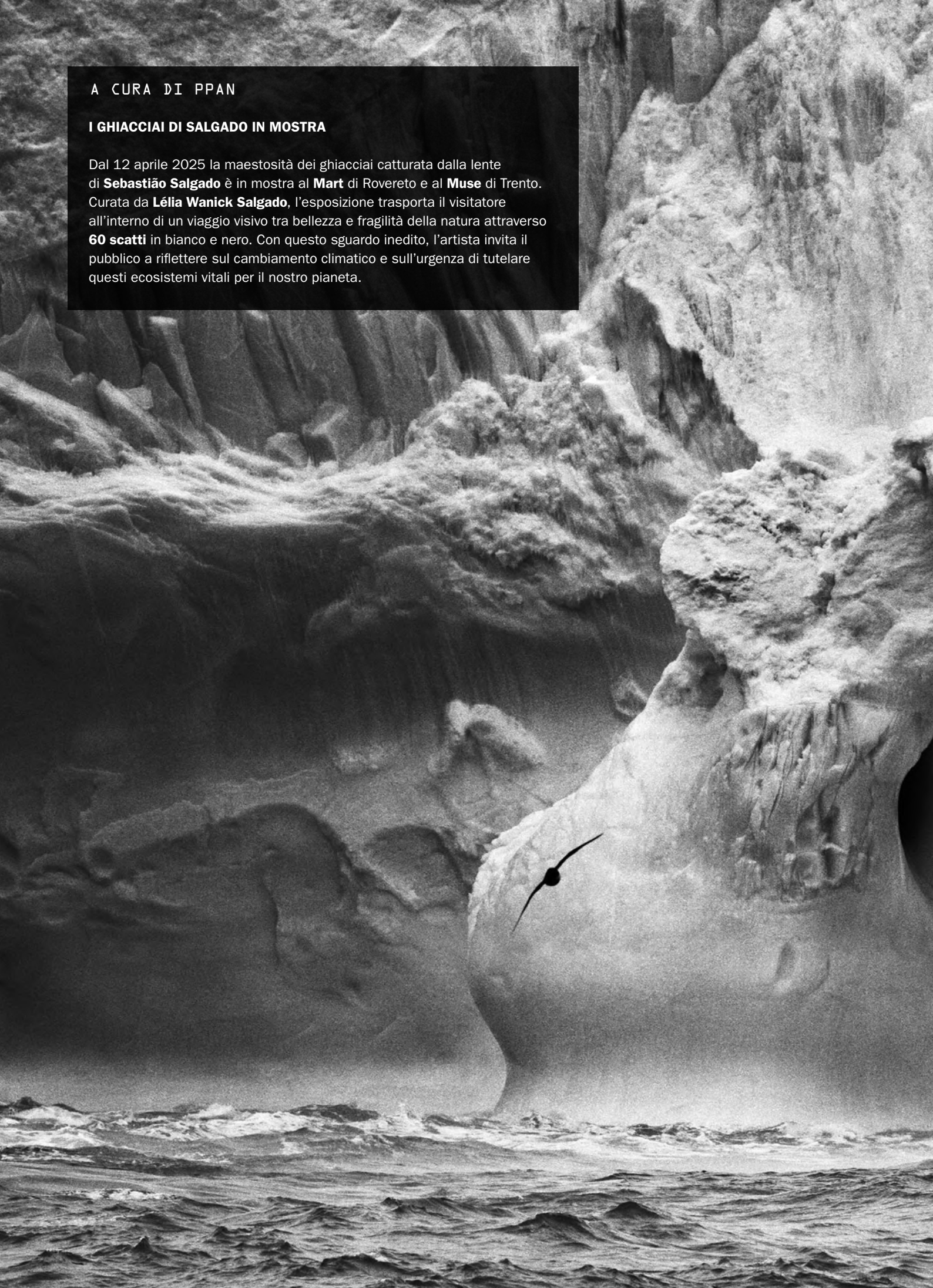
Ranzi, R., Colosio, P., Galeati, G., 2023. Climatology of snow depth and water equivalent measurements in the Italian Alps (1967-2020). Hydrology and Earth System Sciences Discussions, 2023, 1-38. https://doi.org/10.5194/hess-2023-80

Romano, E., Portoghese, I. (a cura di) 2024. Siccità, scarsità e crisi idriche. Il contributo della ricerca a supporto della definizione del bilancio idrico". Cnr Edizioni, 2024. ISBN (ed. digitale) 978 88 8080 674 5. https://doi.org/10.69115/habitatsigna-2024-1.

A CURA DI PPAN

I GHIACCIAI DI SALGADO IN MOSTRA

Dal 12 aprile 2025 la maestosità dei ghiacciai catturata dalla lente di **Sebastião Salgado** è in mostra al **Mart** di Rovereto e al **Muse** di Trento. Curata da **Lélia Wanick Salgado**, l'esposizione trasporta il visitatore all'interno di un viaggio visivo tra bellezza e fragilità della natura attraverso **60 scatti** in bianco e nero. Con questo sguardo inedito, l'artista invita il pubblico a riflettere sul cambiamento climatico e sull'urgenza di tutelare questi ecosistemi vitali per il nostro pianeta.




© Sebastião Salgado

Catenda

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

www.cspfea.net

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

Life Climax Po: il progetto per salvaguardare il fiume e i suoi ecosistemi

FRANCESCO TORNATORE
Dirigente del Settore Pianificazione e gestione degli usi della risorsa presso l'Autorità di bacino distrettuale del fiume Po

Il Distretto Idrografico del fiume Po (DIP) è un'area strategicamente importante in termini economici, sociali e politici. Il DIP si estende per circa 87.000 km2, comprendendo otto regioni, la Provincia autonoma di Trento e parte del territorio francese e svizzero. Quasi un terzo della popolazione italiana, circa 20 milioni, vive nel suo territorio. Nello stesso territorio viene prodotto oltre il 40% del PIL nazionale, il 55% della produzione idroelettrica e sono presenti oltre 3 milioni di ettari di superficie agricola. Per sostenere una tale concentrazione di attività industriali, agricole e di abitanti, c'è bisogno di un'elevata disponibilità di risorse naturali e di acqua in particolare, ragion per cui il DIP risulta estremamente sensibile ai cambiamenti climatici in atto.

Secondo quanto riportato negli Assessment Report dell'Intergovernamental Panel on Climate Change (IPCC), i modelli di previsione climatica globali e regionali pongono il DIP nella zona di transizione climatica fra il Mediterraneo ed il Nord Europa, caratterizzata da un alto grado di indeterminatezza previsionale che genera incertezza sugli sviluppi futuri del clima, in particolare sulla distribuzione delle precipitazioni, anche nevose, e sulla frequenza con cui potranno presentarsi periodi siccitosi e temperature superiori alla media storica.
Non a caso, quindi, sebbene il Distretto del fiume Po sia sempre stato caratterizzato da una variabilità meteorologica ed idrologica inter-annuale, nell'ultimo trentennio è stato misurato un netto aumento della frequenza con cui si alternano anni con precipitazioni abbondanti e anni con precipitazioni scarse. A partire dal 2000, infatti, ci sono stati ben sette anni in cui il bilancio idroclimatico (ovvero la differenza tra precipitazioni ed evapotraspirazione) del Distretto è risultato fortemente negativo e quattro in cui il bilancio idroclimatico è stato fortemente positivo. Inoltre, a partire dal 2000 sono stati misurati per il DIP l'anno con il record storico positivo di precipitazioni (2014 con 109,33 Mld di m3) e l'anno con il record storico negativo di precipitazioni (2022 con 47,6 Mld di m3).

In termini di precipitazioni in generale si rileva un aumento dell'intensità dei singoli eventi piovosi ma una riduzione complessiva del numero di eventi totali col risultato di un rilevante calo delle precipitazioni medie (-20 % circa) nel periodo marzo settembre a cui corrisponde un decremento della portata media in chiusura di bacino (sezione del Po a Pontelagoscuro) di circa il 45% con grave impatto sul delicato sistema deltizio, che può essere considerato come un indicatore di sintesi dello stato dell'intero bacino.
Per quanto attiene all'andamento delle temperature, analogamente a quanto sta accadendo a livello globale e a scala nazionale, anche nel Distretto del fiume Po, nell'ultimo trentennio, è stato registrato un aumento delle temperature su tutto il territorio.

La tendenza al riscaldamento si evince anche dall'analisi dei valori estremi di temperatura nonché dall'aumento medio dei "giorni estivi" e dall'aumento medio delle cosiddette "notti tropicali" rispetto alla media climatologica.
La diminuzione progressiva delle precipitazioni osservata nell'ultimo trentennio, ascrivibile, come detto, soprattutto al periodo marzo-settembre, sommata all'aumento della

temperatura media, hanno comportato un aumento della richiesta d'acqua in alcuni settori ed in particolare nel settore agricolo. Ogni anno nel Distretto vengono prelevati per i diversi usi circa 20 miliardi di metri cubi d'acqua, di cui quasi il 75% è destinato agli usi irrigui (14 miliardi di metri cubi di cui circa 4 miliardi destinati alla sola produzione risicola), mentre la restante parte è destinata a soddisfare gli usi industriali e civili. Gran parte dei volumi d'acqua prelevati provengono da fonti superficiali, ma un contributo importante è fornito anche dalle falde, soprattutto per soddisfare gli usi civili ed industriali. Ovviamente, il fabbisogno irriguo risulta essere molto variabile di anno in anno in quanto strettamente dipendente dall'andamento meteo-climatico annuale nonché dagli andamenti colturali: a parità di colture praticate, questo risulta essere maggiore negli anni più caldi e asciutti il che determina, di conseguenza, un aumento della domanda di acqua ad uso irriguo. Ma se il fabbisogno complessivo di risorsa a scala distrettuale risulta essere ancora sostenibile in condizioni di normalità e abbondanza, in periodi di siccità, che stando ai modelli previsionali potrebbero diventare sempre più frequenti e duraturi nei prossimi decenni, il sistema non è più in grado di sostenere la domanda come accaduto nel 2022, facendo emergere importanti problemi di scarsità soprattutto nel settore irriguo. Se nel settore della gestione della risorsa nel DIP ci si sta confrontando sempre più spesso con periodi di siccità, nel settore della difesa del territorio ci si sta confrontando con un aumento significativo della frequenza e della magnitudo con cui si manifestano eventi di precipitazione intensa come quelli occorsi nel maggio 2023 in Emilia-Romagna.



© Francesco Tornatore

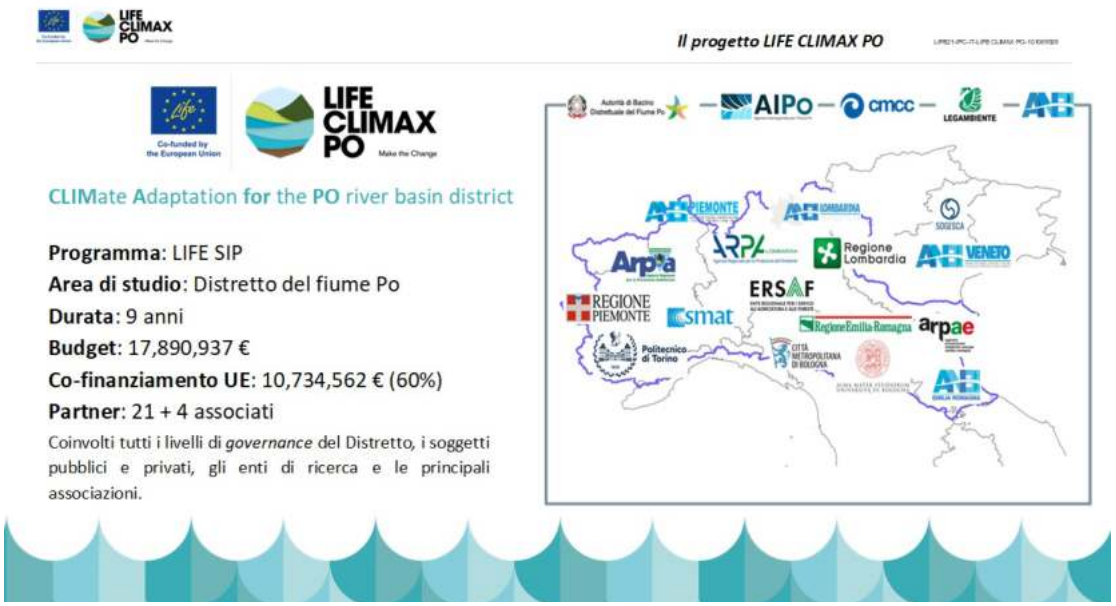
Gli eventi del 2023

Durante il mese di maggio 2023, al termine di una prolungata siccità, la regione Emilia-Romagna è stata interessata da una successione di eventi di precipitazione eccezionali in termini di volumi di pioggia caduta e vastità del territorio interessato, che hanno generato fenomeni di piena superiori ai massimi storici in tutti i corsi d'acqua del settore centro-orientale della regione, con numerose esondazioni, rotte, sormonti arginali e conseguenti allagamenti di vaste zone agricole, nonché di insediamenti civili e produttivi nella pianura bolognese, ravennate e forlivese. I danni registrati sul territorio dell'Emilia-Romagna sono stati superiori a quelli degli eventi di piena storici del 1939 e del 1966. Gli eventi principali sono avvenuti tra l'1 e il 3 maggio e tra il 16 e il 17 maggio. Tra questi due eventi si sono susseguite sugli stessi territori piogge sparse a più riprese, che hanno generato dal punto di vista idrologico un elevato stato di saturazione dei suoli e onde di piena di eccezionale altezza e durata. Nelle zone comprese tra i rilievi del

bolognese e della Romagna, dove si sono osservate le maggiori precipitazioni, è stato valutato che l'80% dei pluviometri ha registrato record storici di precipitazione, con valori medi di oltre 300-400 mm cumulati in 17 giorni e massimi di 609,8 mm a Trebbio (Modigliana, bacino del Lamone) e 563,4 mm a Le Taverne (Fontanelice, bacino del Santerno). La pioggia caduta in queste zone nell'intero periodo rappresenta circa un terzo del valore climatico annuo e localmente più della metà, mentre ciascuno dei due eventi principali (1-3 maggio e 16-17 maggio) ha superato nettamente il valore climatico mensile. Alla luce di quanto sin qui evidenziato, risulta chiara la ragione per cui la Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti climatici (SNAC), una strategia mirata ad analizzare gli impatti più rilevanti del cambiamento climatico e ad individuare le possibili strategie di adattamento, definisca il Distretto del fiume Po come uno dei "due casi speciali nazionali", un territorio le cui peculiarità ben si addicono a costituire un'area pilota per valutare le strategie di adattamento climatico, con specifico riferimento al settore della gestione delle risorse idriche, sia per quanto concerne la natura strategica dell'uso delle risorse nel distretto padano sia per quanto concerne la complessità dell'assetto del territorio.

Il progetto

In questo contesto nasce il progetto CLIMAX PO che si pone l'obiettivo di identificare, valorizzare e ottimizzare, partendo dal Distretto del fiume Po (CLIMate Adaptation for the PO river basin district), le migliori strategie di adattamento ai cambiamenti climatici volte a proteggere, conservare e ripristinare la risorsa idrica e gli ecosistemi correlati, compresi i bacini fluviali, le falde acquifere e i laghi.
Il progetto CLIMAX PO è un progetto LIFE strategico integrato, finanziato nell'ultimo ciclo di finanziamento LIFE-2021-STRAT-two-stage, avviato ufficialmente il primo 1° febbraio 2023 e coordinato dall'Autorità di bacino distrettuale del fiume Po. In termini numerici, il progetto avrà una durata di nove anni con un budget complessivo di circa 18 milioni di euro e vedrà coinvolti 25 partner, di cui 4 associati, che lavoreranno in maniera sinergica al fine di concorrere al raggiungimento degli obiettivi comuni prefissati. In particolare, il Consorzio di progetto, di cui l'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po è coordinatore, è costituito da enti che operano nella gestione delle risorse idriche e rappresentano tutti i livelli di governance comprendendo diverse realtà: enti pubblici nazionali, enti interregionali, enti regionali, enti locali, istituti di ricerca, associazioni ambientaliste e società che si occupano di gestione e tutela delle acque e di consulenza anche della tutela ambientale.
Il *fil rouge* delle attività di progetto è la promozione dell'adattamento ai cambiamenti climatici attraverso una gestione "climaticamente intelligente" delle risorse idriche di Distretto, con l'obiettivo di: migliorare la governance dell'adattamento a livello distrettuale, condividere la conoscenza sul clima, costruire capacità e consapevolezza sui temi del cambiamento climatico, migliorare la sicurezza idrica e la resilienza climatica e istituzionalizzare l'adattamento climatico a scala distrettuale.



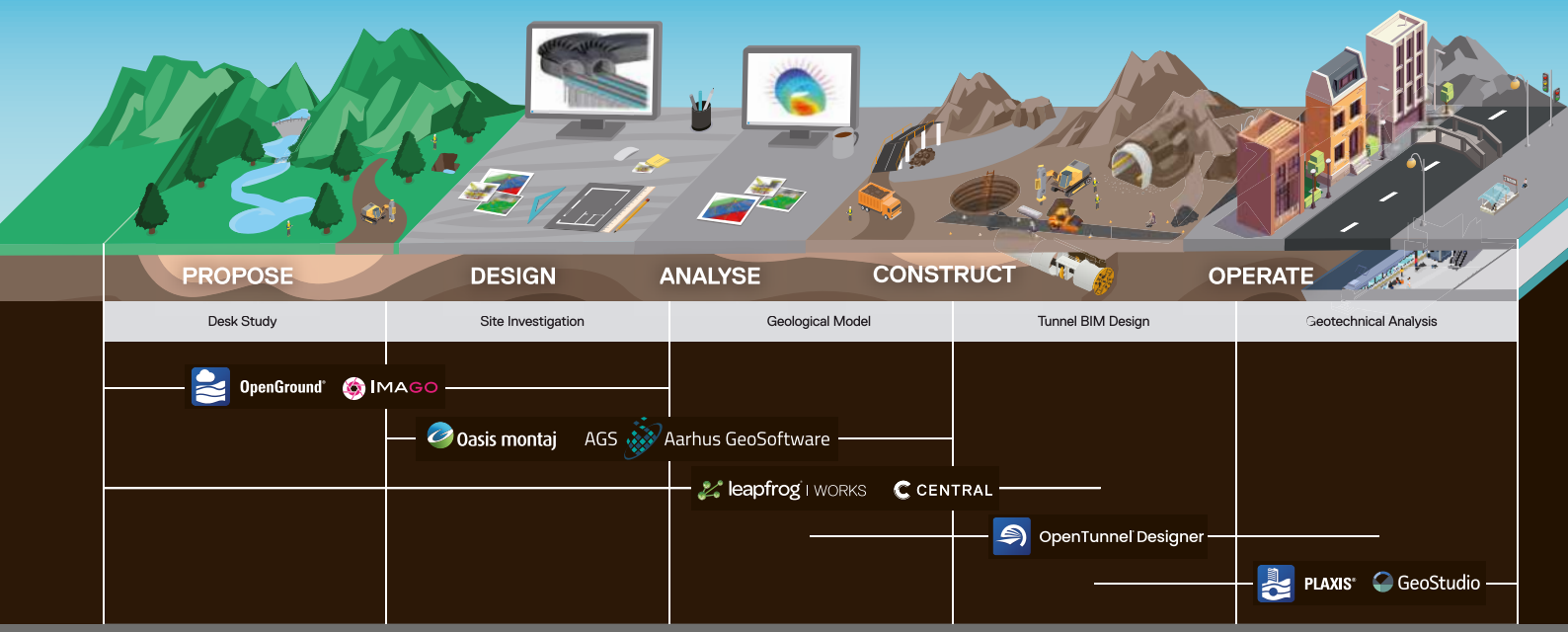
CLIMAX PO punta, quindi, a raggiungere obiettivi ambiziosi che intende perseguire attraverso attività strutturate in undici pacchetti di azioni (Work Packages - WP).
Dal punto di vista organizzativo, i pacchetti di azioni sono stati classificati come *trasversali e verticali*.

I WP *trasversali* seguono e sostengono tutto il Progetto attraverso azioni di coordinamento, coinvolgimento dei portatori di interesse, disseminazione e comunicazione, valutazione delle attività e delle azioni di progetto e dei relativi rischi.

I WP *verticali* costituiscono il *cuore* operativo del progetto e mirano a promuovere e attuare una serie di attività sul territorio: le *azioni pilota*. Tali WP affronteranno diversi macro-tematiche: gestire i grandi laghi regolati e gli invasi artificiali definendo strategie di adattamento al cambiamento climatico per questioni non direttamente legate alla risorsa idrica; migliorare la sicurezza idrica e la resilienza ai cambiamenti climatici attraverso soluzioni basate sulla natura e sugli ecosistemi (Natured Based Solution – NBS); favorire l'implementazione di buone pratiche finalizzate alla mitigazione del rischio alluvionale, anche costiero; analizzare strumenti e tecniche per un'irrigazione.

Il progetto, che è arrivato al suo terzo anno di attività, viene portato avanti in stretto contatto con l'Unione Europea, che lo finanzia in maniera importante (quasi 11 milioni di euro) trattandosi di una sperimentazione che interessa una delle aree che, dal punto di vista socio-economico, rappresenta un unicum a livello europeo.
Tutte le informazioni relative al progetto sono reperibili nel sito dedicato raggiungibile al seguente link:
https://www.lifeclimaxpo.adbpo.it/.

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

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

Bentley®
SEEQUENT

Per saperne di più

Il Digital Twin, una soluzione innovativa nella gestione idrica

MATTEO DALL'AMICO
Fondatore di Waterjade

In un'epoca caratterizzata da rapidi cambiamenti climatici e crescente pressione sulle risorse naturali, la gestione efficiente dell'acqua rappresenta una tra le sfide più critiche per la sostenibilità ambientale ed economica della società. Il panorama idrico globale è sempre più segnato da eventi estremi - periodi di siccità prolungata si alternano a precipitazioni intense con conseguenti alluvioni - che si verificano con maggiore frequenza e intensità. Questa discontinuità rispetto alle tendenze del passato sta rendendo sempre più necessaria l'integrazione di tecnologie innovative a supporto della gestione e dell'approvvigionamento delle risorse idriche.

Una soluzione innovativa per la gestione idrica: il "Digital Twin"

Il "Digital Twin" (DT), o gemello digitale, rappresenta una replica virtuale di un sistema fisico di cui simula il comportamento. Applicato ai bacini idrografici, questo concetto si traduce in un sistema modellistico avanzato che integra dati osservati da stazioni di monitoraggio tradizionali, dati satellitari, modelli fisici e matematici del ciclo idrologico per simulare il ciclo dell'acqua a scala di bacino. A differenza dei modelli idrologici tradizionali, il DT mette a disposizione strumenti modellistici più recenti, ad esempio modelli machine learning, e architetture modellistiche a componenti, necessarie per tenere conto della complessità fenomenologica idrologica (es. carsismo, ghiacciai, neve stagionale) nonché della presenza di opere idrauliche che influenzano il naturale flusso dell'acqua. Il DT viene configurato sui dati storici meteorologici e su una variabile "target", quale per esempio la portata di un corso d'acqua o di una sorgente o il livello della falda, per permettere di caratterizzare il sistema di ricarica del bacino idrografico ed evincere i tempi di residenza

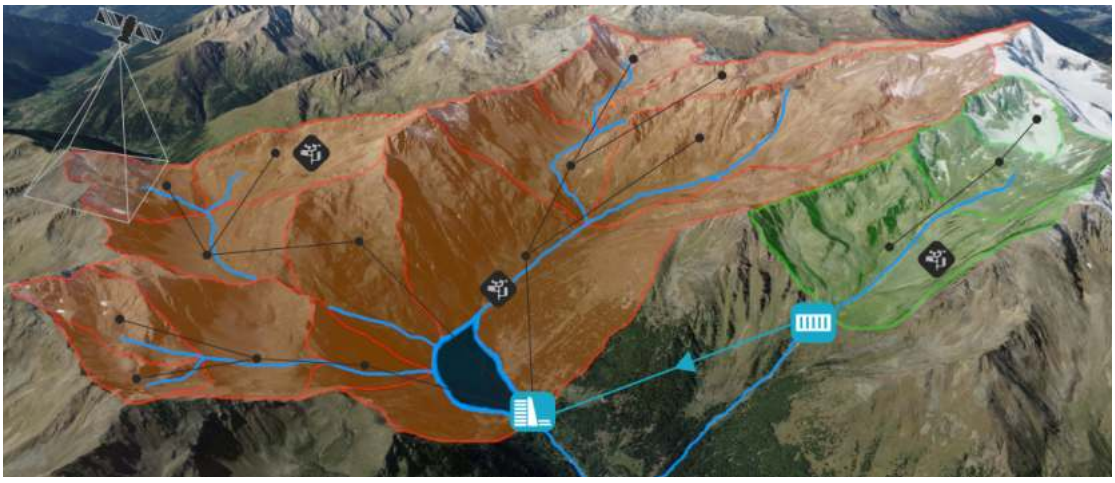


Figura 1 - *Esempio di un Digital Twin applicato ad un bacino idrografico montano composto da una diga (area arancione) e un bacino allacciato (area verde). In loco sono poste tre stazioni meteorologiche, l'opera di presa e il monitoraggio da satellite. Credits: Waterjade Srl.*

dell'acqua. Una volta configurato, il DT del bacino idrografico permette di monitorare in tempo reale i parametri idrologici del bacino, nonché di simulare scenari previsionali in accordo, ad esempio, con l'evoluzione meteorologica o al verificarsi di eventi accidentali sulle opere antropiche (rotture, manutenzioni) o di cambiamenti strutturali sulle opere di adduzione.

Rianalisi della neve nel bacino del Po

La neve svolge un ruolo cruciale nel bilancio idrico del bacino del Po, la cui portata dipende fortemente dall'apporto stagionale della neve nelle Alpi e nell'Appennino settentrionale. Il manto nevoso funge da serbatoio naturale d'acqua, accumulandosi durante i mesi invernali e rilasciando progressivamente il suo contenuto in acqua nel periodo primaverile ed estivo, garantendo una fornitura costante alle pianure, essenziale per l'agricoltura, l'industria e il consumo umano. Il cambiamento climatico sta alterando profondamente questa dinamica. L'aumento delle temperature globali sta portando a una riduzione dell'innevamento stagionale e a una modifica dei tempi e delle modalità di fusione della neve. Si osserva una tendenza a nevicate più tardive, un picco di accumulo più basso e un anticipo della morbida. Il concetto di DTn è stato applicato per ricostruire l'innevamento nel bacino del Po ad alta risoluzione (500 m) e granularità giornaliera per gli ultimi 30 anni (1991-2021) per ottenere un dataset coerente di equivalente in acqua della neve (SWE o *"snow water equivalent"*), ossia la massa di acqua per unità di superficie. Il dataset è stato generato attraverso un approccio modellistico che combina un modello fisicamente basato con tecniche geostatistiche di interpolazione dati meteorologici e assimilazione delle osservazioni nivometriche e immagini satellitari. La procedura tecnica è stata descritta in una pubblicazione scientifica elaborata dagli scriventi, l'Università di Trento e dall'Autorità di Bacino Distrettuale del fiume Po, disponibile sulla rivista *Nature Scientific Data*[1] (figura 2).

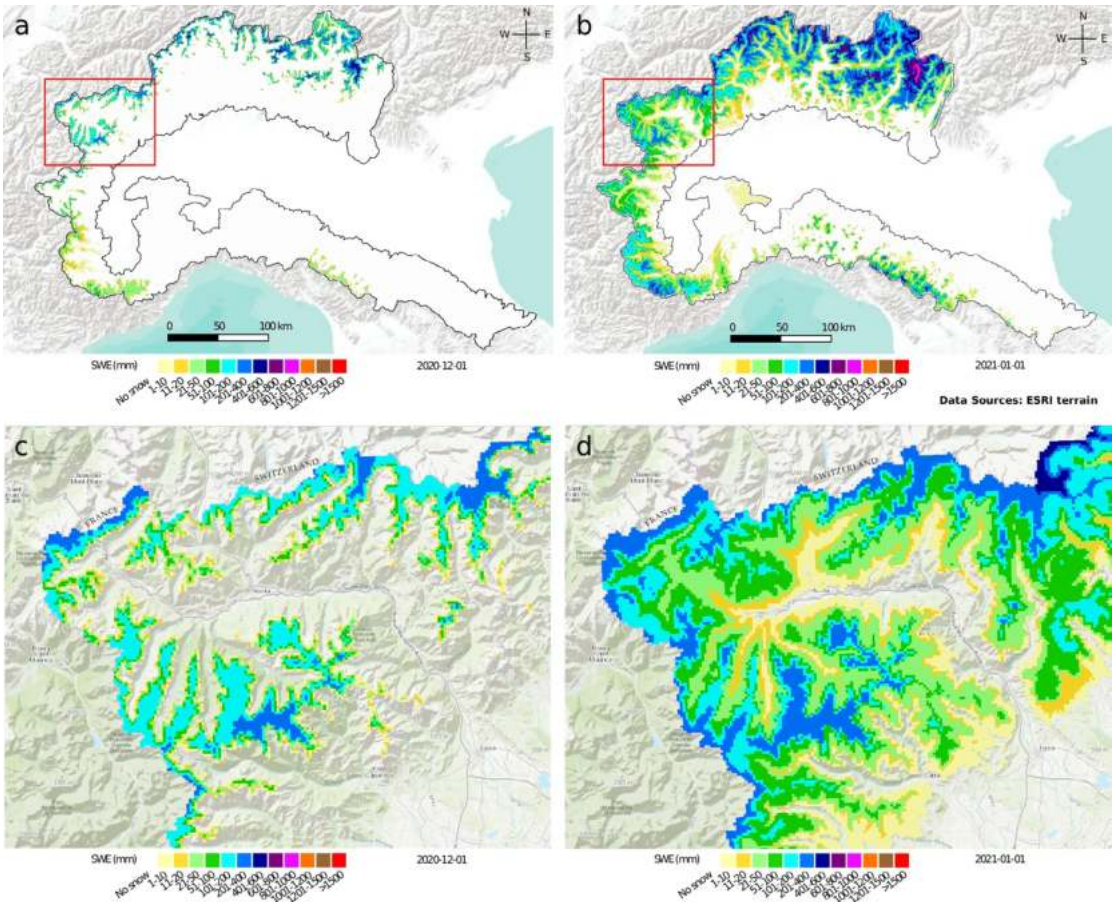


Figura 2 - *Esempio di mappa di innevamento sul bacino del Po al 1.12.2020 (a e c) e 1.1.2021 (b e d).*

[1]*Dall'Amico, M., Tasin, S., Di Paolo, F., Brian M., Leoni P., Tornatore F., Formetta G., Mohd Wani J., Rigon R. & Roati G. 30-years (1991-2021) Snow Water Equivalent Dataset in the Po River District, Italy. Sci Data 12, 374 (2025).*

L'obiettivo principale di questa analisi è elaborare una fonte di dati ad alta risoluzione, secondo un approccio coerente e scientificamente basato, per poter studiare l'evoluzione degli ultimi 30 anni dell'innevamento nel bacino del Po rispondendo alla necessità di fornire un dato storico condiviso tra tutte le regioni e gli enti afferenti e gestire le risorse idriche in un contesto di cambiamenti climatici. In particolare, il dato di SWE risulta essenziale per comprendere il fenomeno della cosiddetta "*snow drought*" (siccità nivale), che si verifica quando l'accumulo di neve invernale è inferiore alla norma. Questo può avvenire per due motivi principali:

- **diminuzione delle nevicate** – con temperature più elevate, una maggiore frazione delle precipitazioni invernali cade sotto forma di pioggia anziché neve, specialmente nelle quote più basse e medie delle Alpi e degli Appennini;
- **fusione precoce** – anche quando l'innevamento è normale, il riscaldamento anticipa la fusione della neve, riducendo l'apporto idrico nei mesi critici. L'impatto della snow drought nel bacino del Po è stato evidente in alcune stagioni particolarmente siccitose, come nel 2022, quando la scarsità di neve invernale ha contribuito a una delle peggiori crisi idriche mai registrate nell'area.

Il DT permette quindi di monitorare lo stato di innevamento attuale e di compararlo con la media storica per capire le anomalie esistenti e quindi anticipare l'insorgenza di eventuali situazioni di allerta.

Analisi idrologica di sorgenti

Un'altra applicazione del DT del bacino idrografico è l'analisi della disponibilità idrica storica e futura di sorgenti e pozzi utilizzati per l'approvvigionamento idrico da parte dei gestori del Servizio Idrico Integrato. Il caso studio qui presentato è il bacino della Valassina (CO) dove Como Acqua Srl, gestore del Servizio Idrico Integrato della Provincia di Como, dispone di fonti di approvvigionamento. L'obiettivo del gestore è di simulare come potrebbe variare il regime idrico del bacino e quindi la disponibilità d'acqua nel 2050 secondo scenari di cambiamento climatico. La prima fase dello studio, nella quale è stata fondamentale la partecipazione attiva del gestore Como Acqua, si è focalizzata sulla calibrazione del DT secondo dati storici sui prelievi e sulla disponibilità idrica. In particolare, si è costruita la griglia di calcolo estraendo il bacino idrografico chiuso in un punto di misura coincidente con l'idrometro di Caslino d'Erba (CO).

Nella figura 3 viene riportata l'immagine del bacino includendo il punto di interesse, in questo caso la sorgente "Arcenc" situata nel Comune di Canzo (CO). Dopo aver estratto la rete idrologica e i relativi sottobacini sono stati reperiti i dati di precipitazione e temperatura delle stazioni meteorologiche presenti nell'area di studio, che sono stati poi spazializzati tramite tecniche geostatistiche al fine di ottenere l'input meteorologico a livello di sottobacino. Il modello idrologico è stato quindi alimentato coi dati storici nel periodo 2004-2023 a risoluzione giornaliera per simulare gli afflussi all'idrometro. In figura 4 si mostra il risultato della calibrazione, in cui le serie di

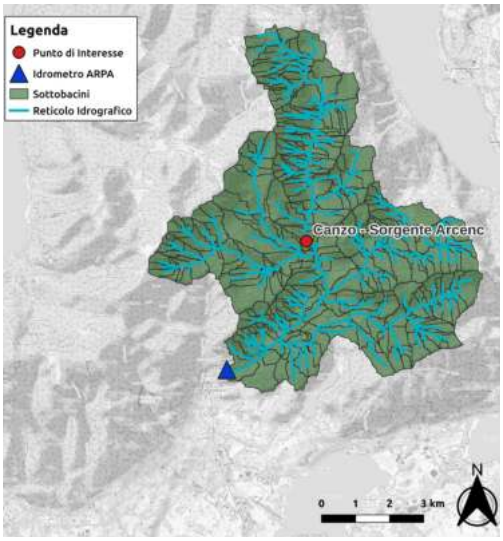


Figura 3 - *Estrazione geomorfologica della Valassina (rete idrologica e sottobacini) e punti di interesse.*

dati simulati (linea rossa) e osservati (linea blu) sono stati ricampionati mensilmente.
La calibrazione ha dato esito incoraggiante con un valore di KGE (*Kling Gupta Efficiency*[2] ,

[2]*Gupta, Hoshin V., Kling, H., Koray K. Yilmaz e Guillermo F. Martinez (2009), "Decomposition of the mean squared error and NSE performance criteria: Implications for improving hydrological modeling", Journal of Hydrology, 377, 1, p. 80-91 https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.08.003*

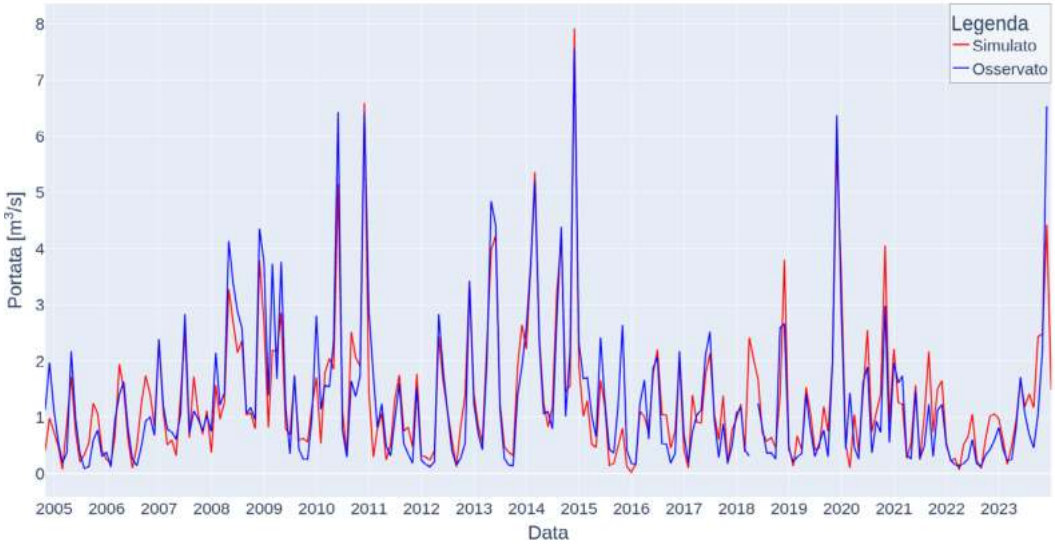


Figura 4 - *Confronto tra simulato e osservato del deflusso naturale all'idrometro ARPA di Caslino d'Erba. La simulazione è stata effettuata con il modello idrologico giornaliero, e poi ricampionata mensilmente.Waterjade Srl.*

metrica solitamente utilizzata in idrologia) pari 0.91, molto prossimo al valore ottimale (pari a 1). Una volta verificato il bilancio idrologico sul punto di chiusura è stato possibile interrogare il DT per ottenere le serie storiche delle componenti del ciclo dell'acqua (precipitazioni, fusione nivale, evapotraspirazione ecc.) sul punto di interesse, in questo caso la sorgente. Tali variabili possono essere utilizzate come "*features*", ossia come regressori, per calibrare un modello *machine learning* che permetta di ricostruire gli andamenti storici delle portate emunte alla sorgente.

Il grafico in figura 5 riporta il risultato dell'addestramento su una sorgente, applicando un modello di regressione lineare multipla (*RIDGE*[3]) che ha fornito degli ottimi valori di prestazione con un R2 pari a 0.82 nella fase di addestramento.
Infine i modelli calibrati sono stati utilizzati per simulare gli apporti alla sorgente secondo scenari di cambiamento climatico.
In particolare sono stati utilizzati dati di temperatura e precipitazione provenienti da *CORDEX-EUR11*[4] , un progetto di regionalizzazione di dati climatici ad alta risoluzione (10 km) a partire dal *Coupled Model Intercomparison Project Phase 6* (CMIP6)[5].
I dati sono stati poi ulteriormente "downscalati" per rimuovere errori sistematici (bias) rispetto al dato osservato.
Nel presente caso di studio si è scelto di considerare due scenari di cambiamento climatico (detti anche "*Representative Concentration Pathways*" o RCP): RCP 4.5, scenario in cui le emissioni in atmosfera vengono ridotte ma non interrotte e RCP 8.5, scenario in cui invece si continua ad emettere senza particolari provvedimenti a riguardo (*business as usual*). Al fine di indagare possibili modifiche negli andamenti stagionali dei deflussi e dei prelievi, sono state analizzate le medie mensili con riferimento all'anno 2050 in confronto al periodo di storico (baseline) definito come il periodo 2014-2023. Il risultato di questa analisi svolta per la sorgente "Arcenc" è mostrato in figura 6, in cui si grafica l'andamento mensile nel periodo di *baseline* (linea nera) e nella decade 2050 negli scenari RCP 4.5 (linea arancione) e RCP 8.5 (linea rossa), in termini di media pesata tra i modelli climatici utilizzati per le simulazioni. I pesi assegnati ai modelli climatici sono stati calcolati in base alle performance di tali modelli nel ricostruire le variabili meteorologiche nel passato, pesando maggiormente i modelli climatici che meglio ricostruivano i dati meteorologici storici.
Dal grafico si evidenzia una tendenza di calo

[3]*Taboga, Marco (2021). "Ridge regression", Lectures on probability theory and mathematical statistics. Kindle Direct Publishing. Online appendix https://www.statlect.com/fundamentals-of-statistics/ridge-regression*
[4]*https://cordex.org/*
[5]*https://wcrp-cmip.org/*

della risorsa idrica prelevabile dalla sorgente, generalizzato a tutti i mesi dell'anno, ma in modo più marcato per i mesi estivi (calo di circa 10% nello scenario RCP 4.5).

L'innovazione a supporto della sfida idrica

Strumenti avanzati come il Digital Twin consentono di passare da un approccio reattivo, basato sulla risposta alle emergenze, a uno proattivo, fondato sulla previsione e la preparazione. Questo cambiamento di paradigma permette di monitorare lo stato di riempimento di un bacino idrografico e prevedere la sua evoluzione sia nel breve che nel lungo periodo. Questo consente da un lato l'ottimizzazione della risorsa e dall'altro la valutazione delle strategie di adattamento migliore per affrontare le sfide del cambiamento climatico. In particolare, citando l'ing. Luis Gonzalez, responsabile Area Tecnica Gestione e Investimenti di Como Acqua, "tali strumenti danno l'opportunità di effettuare riflessioni strategiche sul regime idrico futuro, considerando la prospettiva infrastrutturale e la gestione resiliente del sistema di approvvigionamento". La scrivente azienda sta attualmente implementando istanze di Digital Twin a favore dei settori idroelettrico e dei servizi idrici integrati sia in Italia che all'estero.



Figura 5 - *Confronto tra simulato e osservato della portata emunta da una sorgente, simulata con il modello machine learning. La simulazione è stata effettuata con il modello machine learning a risoluzione mensile. Credits: Waterjade Srl.*



Figura 6 - *Distribuzioni mensili della portata prelevata negli scenari RCP 4.5 (in arancione) e RCP 8.5 (in rosso) in termini di media (linee continue) e medie pesate (linee tratteggiate), riferite all'anno 2025, e confronto con la media mensile storica nel periodo di baseline (2014-2023).*



Il catalogo software low-cost & free per l'edilizia con oltre 50 software per il vostro studio tecnico.

Acquista uno o più software oppure sottoscrivi un abbonamento annuale al catalogo completo.
Su www.softcat.it documentazione, video-tutorial ed offerte in corso.



Progettazione strutturale, geotecnica, idraulica ed impiantistica, topografia e strade, gestione studio, cantiere ed impresa, calcolo stime e millesimi.





© Archivio fotografico Muse

A CURA DI PPAN

LE RICERCHE MUSE SUI GHIACCIAI DELL'ANTROPOCENE

Dal 22 marzo al 9 novembre 2025, al **Muse** di Trento va in scena "**Dal ghiacciaio a noi**", una mostra che racconta le ricerche scientifiche del museo sui ghiacciai nell'Antropocene. Frutto di studi decennali condotti nelle **Terre Alte**, l'esposizione mostra metodi, strumenti e risultati delle indagini scientifiche su ecosistemi in rapido mutamento.
I ghiacciai, archivio del clima e della storia umana, diventano chiave per comprendere e affrontare il cambiamento climatico.

Olbia e le sue acque: interventi per la difesa idraulica della città

SIMONE VENTURINI
Consigliere delegato, Dirigente e Direttore Tecnico presso Technital S.p.A.

hanno collaborato **PAOLO MARTINI, GIANLUCA DAROIT, MARCO GALLETTI, ADRIANA PAPALE, SERENA GUZZONATO**

Il centro urbano di Olbia è storicamente soggetto ad allagamenti in occasione di eventi pluviometrici intensi che generano piene improvvise lungo i principali corsi d'acqua urbani (riu Seligheddu, riu Gadduresu, riu San Nicola – Zozò). La città è stata colpita da un grave evento alluvionale il 18 novembre del 2013 (denominato ciclone Cleopatra), a seguito del quale, la Regione Sardegna, attraverso il Commissario per il dissesto idrogeologico individuato nel Governatore regionale, in collaborazione con il Comune, a partire dal 2014, ha avviato una importante attività di progettazione al fine di individuare un complesso di interventi per la messa in sicurezza dal rischio idraulico del centro urbano di Olbia. Il Raggruppamento Temporaneo di Progettisti (di seguito RTP) costituito da Technital S.p.A. (Capogruppo), Beta Studio



Figura 1 - *Allagamento nelle strade di Olbia (Cleopatra, 18 Novembre 2013).*



Figura 2 - *Attraversamento sul riu san Nicola, con riduzione di sezione (via Galvani).*

S.r.l., Politecnica - Ingegneria e Architettura, Società cooperativa, e Metassociati S.r.l., è stato incaricato della redazione della progettazione di fattibilità tecnico ed economica che ne è seguita, con contestuale Studio di Impatto Ambientale. Di seguito si illustrano i caratteri salienti del progetto che oggi risulta in istruttoria presso il Servizio di valutazione Ambientale di regione Sardegna.

Le carenze della rete interna dei canali di Olbia

Le analisi condotte sulle condizioni di deflusso delle portate di piena che hanno interessato i corsi d'acqua cittadini nell'evento di Cleopatra del 2013 hanno mostrato come l'insufficienza dei corsi d'acqua e delle loro sezioni all'interno della città fosse di assoluto rilievo.
L'insufficienza idraulica di tutti i canali all'interno della città è notevole sia in relazione all'evento di Cleopatra sia in generale agli eventi di piena associati a tempi di ritorno prossimi ai 200 anni assunti a riferimento per i corsi d'acqua del reticolo idrografico regionale come sono quelli che interessano la città di Olbia. Si tratta spesso di un vero e proprio disordine idraulico, con restringimenti non accettabili dei canali, manufatti di attraversamento del tutto non adeguati e tombamenti privi di criterio idraulico.

Il ciclone Cleopatra

L'evento del 18 Novembre 2013 è stato il più catastrofico degli ultimi decenni che ha colpito gran parte della Regione Sardegna. Durante l'evento, la precipitazione cumulata è stata di 117,6 mm di pioggia al pluviografo di Olbia e 172,5 mm al pluviometro di Putzolu (nella zona agricola della città). Le analisi condotte mostrano, per l'evento del 18 novembre 2013, una frequenza di accadimento prossima ad un tempo di ritorno di circa 200 anni per le durate da 1 a 12 ore per la stazione di Putzolu. A seguito dell'evento, sono state perimetrate dal Comune di Olbia le aree interessate da allagamenti nel centro urbano di Olbia. Sono inoltre disponibili, a seguito della procedura di censimento danni, i livelli che si sono manifestati all'interno di abitazioni e strutture. Il complesso dei dati disponibili ha permesso di avere la definizione planimetrica delle aree allagate e, seppur in modo approssimato, dei tiranti idrici massimi che si sono registrati durante l'evento come riportato nell'immagine accanto. Una larga parte della città fu allagata con tiranti superiori a 50-70 cm.

La soluzione progettuale

Per far fronte alla grave carenza della rete urbana dei canali (in particolare del riu Seligheddu) la progettazione condotta dal RTP Technital ha posto a confronto diverse soluzioni. La scelta della soluzione è stata operata mediante l'applicazione di una analisi multicriteriale nell'ambito della redazione di un DOCFAP. La soluzione risultata ottimale si compone dei seguenti elementi:

Scolmatore 1 "Seligheddu – Padrongianus": con incile all'opera di presa sul rio Seligheddu (ad ovest di Olbia), prosegue verso sud, intercettando le acque dei rii Pasana e Paule Longa e scarica nel fiume Padrongianus le portate di piena dei rii intercettati.

Scolmatore 2 "Abba Fritta - Cabu Abbas": con incile all'opera di presa sul rio Abba Fritta, prosegue verso est, sottopassando la zona Sa Minda Noa, e scarica nel rio Cabu Abbas a monte della zona industriale di Olbia le portate di piena del riu Abba Fritta.

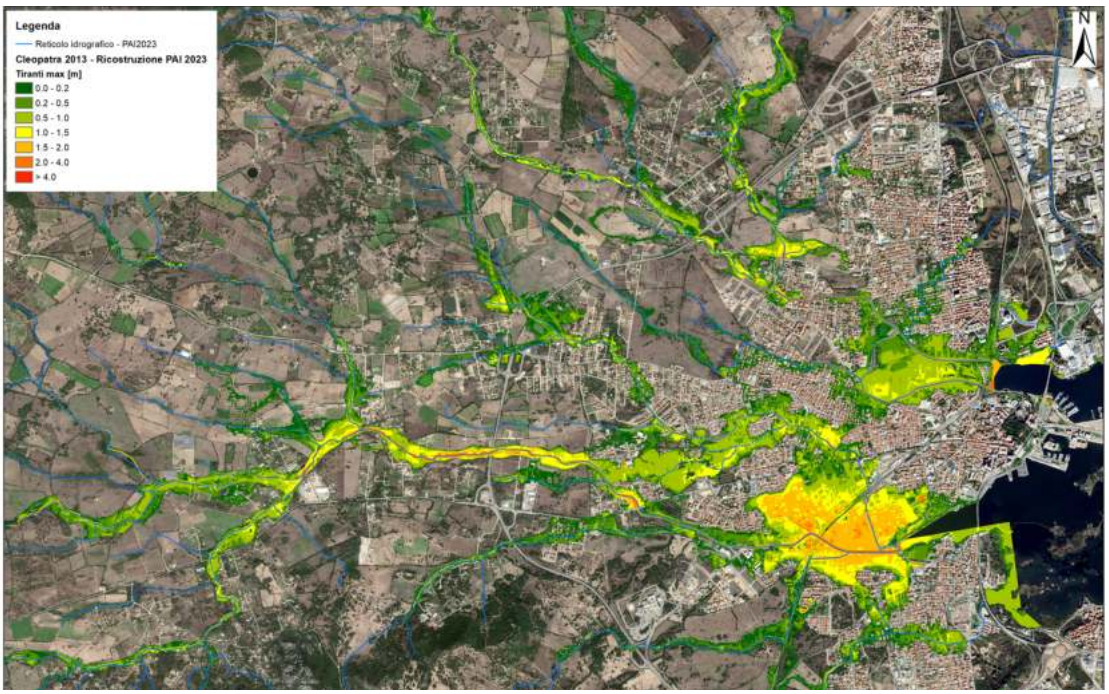


Figura 3 - *Aree allagate nella città di Olbia durante l'evento Cleopatra (16-18 Novembre 2013).*

Scolmatore 3 "San Nicola – Zozò": con incile all'opera di presa sul rio San Nicola, scarica nel tratto di monte del rio Zozò le portate di piena del Riu san Nicola.

Deviatore 1 Zozò: con incile sul rio Zozò, devia le portate di piena verso sud, nel rio Gadduresu.

Deviatore 2 Gadduresu: con incile sul rio Gadduresu, devia le portate di piena verso sud, nel rio Seligheddu.

Deviatore 3 Paule Longa - Tannaule: incile sul rio Paule Longa e devia le acque nel rio Seligheddu, raccogliendo sul suo percorso anche le acque del rio Tannaule.

Opere di adeguamento dei rii e dei canali
Si prevedono risezionamenti dei canali esistenti sia in ambito urbano (Pasana, Seligheddu, san Nicola, Zozò), con particolare riguardo ai tratti di foce dove è previsto il dragaggio del fondo dei rii San Nicola, Zozò e Seligheddu sino alla quota di -2,00 m s.m.m., sia in ambito extraurbano, a monte delle opere di presa. È previsto anche un importante intervento di risezionamento lungo il riu Ua Niedda ed il rio La Fossa, affluenti del rio Seligheddu. Gli interventi sono di modesta entità e poco impattanti sul tessuto urbano. Ciò è stato reso possibile dalle opere previste fuori dalla città che riducono le portate idrauliche che transitano in città.

I canali scolmatori in galleria 1 e 2 e il canale scolmatore 3

Lo scolmatore 1, prevalentemente in galleria (2.500 + 2.845 m, rispettivamente in galleria naturale e cut&cover), rappresenta l'opera principale. Le portate di tutti i rii intercettati vengono deviate nello scolmatore, lasciando defluire a valle solo una modesta portata per assicurare il deflusso ecologico al tratto urbano del corso d'acqua, compatibile con l'assetto del rio in città. Lo scolmatore ha una lunghezza complessiva di circa 5.760 m.
Lo Scolmatore 2, compreso tra l'opera di presa del Rio Abba-Fritta e il rio Cabu Abbas ha una lunghezza di 2.141,50 m. Per lo scolmatore 1 è stata prevista una galleria rettangolare, di altezza circa 7 m e larghezza 9, mentre per lo scolmatore 2 è stata prevista una galleria a sezione rettangolare di 6 m per 4 m di altezza. Lo scolmatore 3 è un canale a cielo aperto che ha incile presso la presa sul rio San Nicola del quale più che dimezza la portata di piena. A monte delle 3 opere di presa è stata prevista una briglia selettiva a pettine per intercettare eventuale materiale flottante grossolano.

Le opere di presa di immissione delle portate nei canali scolmatori

Le opere di presa immettono le portate derivate direttamente nei canali scolmatori. Esse sono composte da: una vasca di carico che ha anche funzione di trappola per

sedimenti e materiale grossolano; un'opera di regolazione trasversale all'alveo che limita le portate rilasciate verso valle; uno stramazzo laterale che immette le portate nello scolmatore. L'opera di regolazione trasversale è presidiata da paratoie piene e dotata di stramazzi di sicurezza che si possono attivare solo per portate associate a tempi di ritorno maggiori di TR200. Proponiamo alcuni schemi grafici dell'opera di presa sul riu Seligheddu. Si noti lo stramazzo ad arco che sfiora la portata intercettata in una vasca di dissipazione posta all'incile della galleria (di sezione 9 x 7 m) (figura 4). Le opere di presa sui rii sono: Seligheddu, Pasana e Paule Longa (per scolmatore 1) e Abba-Fritta (per scolmatore 2) e la portata intercettata, varia, rio per rio, da un minimo del 80% ad un massimo di quasi il 100% del valore associato a TR200 (a meno del deflusso ecologico sempre garantito ai rii) (figura 5).

Modalità di scavo degli scolmatori in galleria

Le tipologie costruttive degli scolmatori per i tratti in galleria sono a galleria naturale e la galleria artificiale realizzata in "cut-and-cover". La prima tipologia è prevista in tratti ove il ricoprimento al di sopra della galleria è superiore a circa 8-10 m e risulta conveniente la realizzazione dello scavo con metodo tradizionale. Qualora i ricoprimenti siano inferiori agli 8-10 m e la galleria sia interessata, almeno nella sua parte superiore, dai graniti in facies arenizzata si è optato per la scelta della galleria artificiale. Questa tipologia di graniti è infatti caratterizzata da una roccia debole, rocce granitiche moderatamente degradate (arenizzate), caratterizzate da una consistenza debolmente lapidea per spessori variabili, non adatto alla costruzione di una galleria con metodo tradizionale, se non con l'adozione di onerosi trattamenti di consolidamento al fronte ed in calotta. La vasta campagna di indagine condotta ha evidenziato la presenza per lughi tratti di graniti di ottime caratteristiche geo-meccaniche testimoniate anche dalla integrità delle carote estratte (cfr. figura 6)

Per i tratti in galleria naturale, nella soluzione di progetto sono state previste delle chiodature radiali tipo Swellex, in favore di sicurezza per ancorare eventuali massi fratturati di granito ed evitare sfornellamenti. Molti tratti sono stati previsti privi di rivestimento, stanti le ottime caratteristiche dei graniti interessati dei quali è stato previsto lo scavo mediante filo diamantato, previa realizzazione del foro pilota per la perforazione dell'ammasso e la posa del filo. È stato programmato di riutilizzare i blocchi di granito ricavati con taglio con filo diamantato per il rivestimento dei canali urbani e delle opere di presa, attuando un cantiere a bilancio di materiali di scavo integrale. Anche i terreni sciolti provenienti dagli scavi,



Figura 4 - *Opera di presa su rio Seligheddu – inserimento paesaggistico.*

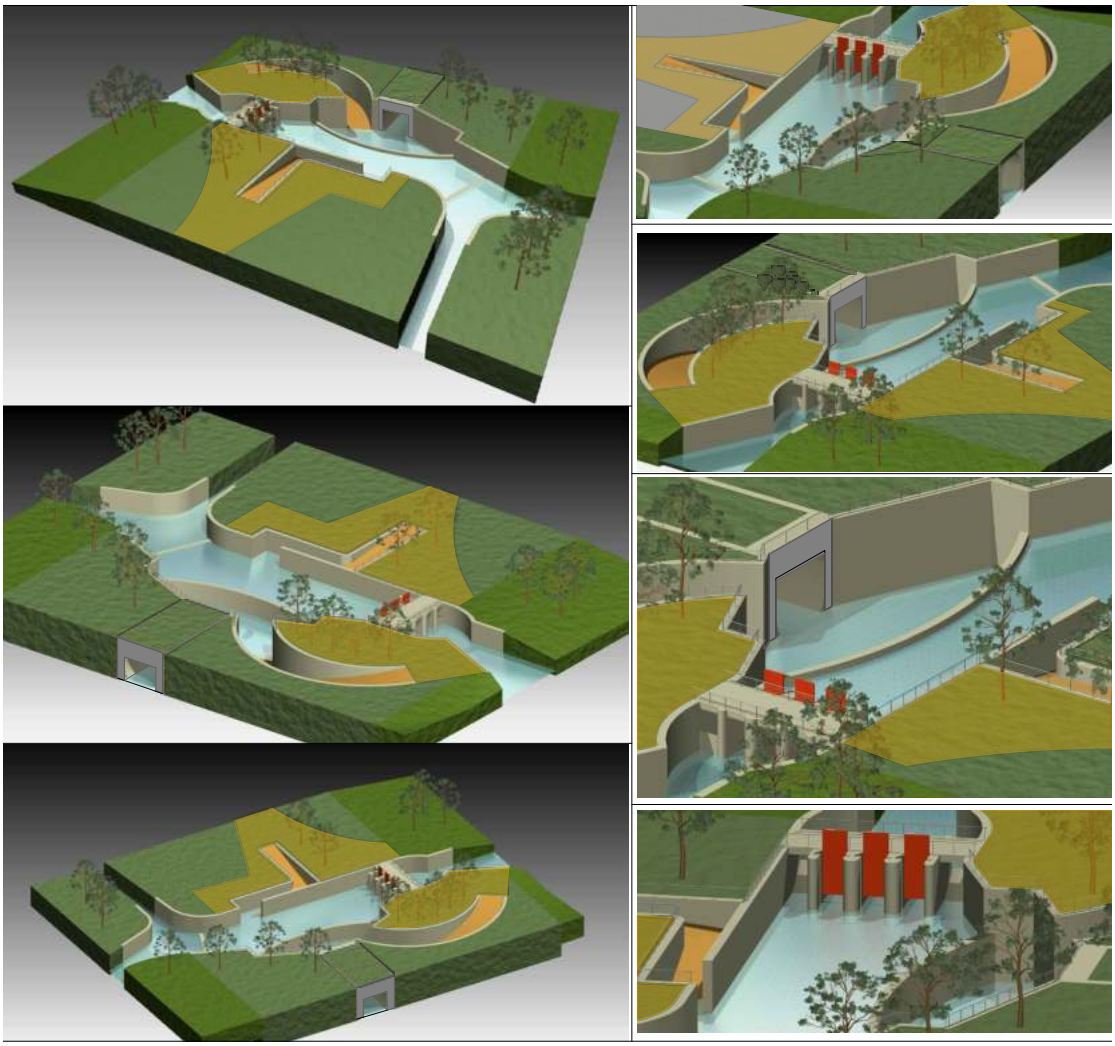


Figura 5 - *Opera di presa su rio Seligheddu – viste assonometriche.*

infatti, troveranno collocazione nelle opere di progetto con la creazione di parchi e parcheggi a servizio della città.

La gestione dei sedimenti e del trasporto solido

Oltre alle problematiche riguardanti il rischio di allagamento, il reticolo idrografico che gravita sulla città comporta un considerevole trasporto solido che si riversa inevitabilmente nel golfo di Olbia. La problematica dell'interrimento è di notevole rilevanza per una città come Olbia, che punta molto sullo sviluppo e potenziamento del suo porto. La realizzazione dei canali scolmatori e le relative opere di presa consente di intercettare, oltre alle acque, anche la maggior parte dei sedimenti trasportati in sospensione dalla piena e liberare le aree più interne del golfo dall'apporto di materiale veicolato dalle piene. In questo modo possono essere evitate le periodiche e costose operazioni di dragaggio e di smaltimento dei sedimenti.



Figura 6 - *Esempio di galleria non rivestita scavata in roccia con tecnologie da taglio.*

Gli effetti delle opere in termini di riduzione di portate nei canali urbani

La soluzione individuata si qualifica per le ridotte portate che vengono lasciate transitare in città. Basti considerare che anche la somma delle portate al picco alle foci dei rii

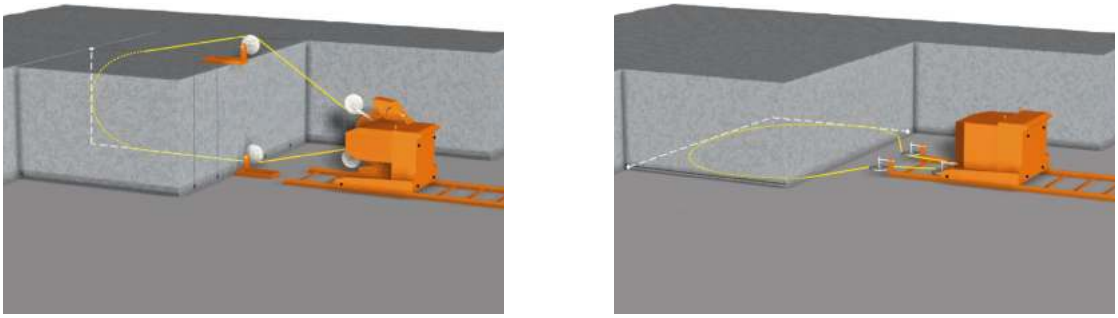


Figura 7 - *Modalità di scavo delle gallerie in granito mediante taglio con filo diamantato.*

Seligheddu, San Nicola, Zozò si riducono di circa il 50% passando da 629,3 m³/s a circa 326,1 m³/s (figura 7).Il valore medio della riduzione è dell'ordine del 60%. Solo il riu San Nicola non vede sostanziali riduzioni nel tratto di foce, per la necessità di sobbarcarsi parte della portata che oggi viene immessa nel diversivo esistente San Nicola – Zozò che però va a sovraccaricare il tratto di foce del canale Zozò, oltre la sua capacità di portata.Si riporta nell'immagine un dettaglio delle variazioni di portata indotte lungo i vari corsi d'acqua nello scenario di progetto (figura 9).

Conclusioni

Gli interventi di progetto garantiscono la sicurezza idraulica TR200 a tutta l'area urbana di Olbia presentando tutti i canali, in relazione ai livelli associati alla piena di progetto TR200, un franco ovunque superiore a 1 m. La figura a lato illustra come cambia il bacino contribuente dei corsi d'acqua confluenti in città. L'insieme della totalità dei bacini indicati con le diverse cromie rappresenta il bacino idrografico naturale che alimenta i 6 corsi d'acqua confluenti in città. Dopo la realizzazione delle opere di scolmo a monte, una parte rilevante di quel bacino non contribuirà più ad alimentare i corsi d'acqua perché le proprie acque di piena verranno scolmate verso ricettori che non passano attraverso il centro urbano. Si tratta in particolare delle aree rosa e verde chiaro indicata nella figura che segue. L'area gialla tratteggiata rappresenta la parte del bacino del Rio San Nicola che per circa la metà della sua portata di piena viene scolmata nello scolmatore 3 e quindi deviata verso la foce del Rio Seligheddu (figura 10).

Il costo delle opere

L'importo complessivo delle opere è di **230 milioni euro**. L'intero finanziamento necessario ammonta a circa 350 milioni euro.

TR200 $T_{p,cr}$	Area drenata SDF	SDF (var. PAI 2025)	d_{cr}* SDF	Area drenata SDP**	SDP	d_{cr} SDP	Efficienza idraulica, riduzione
	[km²]	Q [m³/s]	[min]	[km²]	Q [m³/s]	[min]	%
Foce del rio Paule Longa	4.4	37.1	150	0.9	21.4	30	-42%
Foce del rio Seligheddu a mare	38.3	395.0	100	14.7	156.9	130	-60%
Sbocco del rio Gadduresu nel Seligheddu	6.8	55.9	60	1.2	18.2	40	-67%
Foce del canale Zozò	2.2	71.0	40	1.9	35.1	100	-51%
Foce del rio San Nicola	20.0	126.2	120	16.5	112.7	90	-11%

Figura 8 - *Portate alla foce a mare. (SDF e SDP indicano rispettivamente lo stato di fatto (da PAI 2025) e di progetto (nello scenario di verifica).*

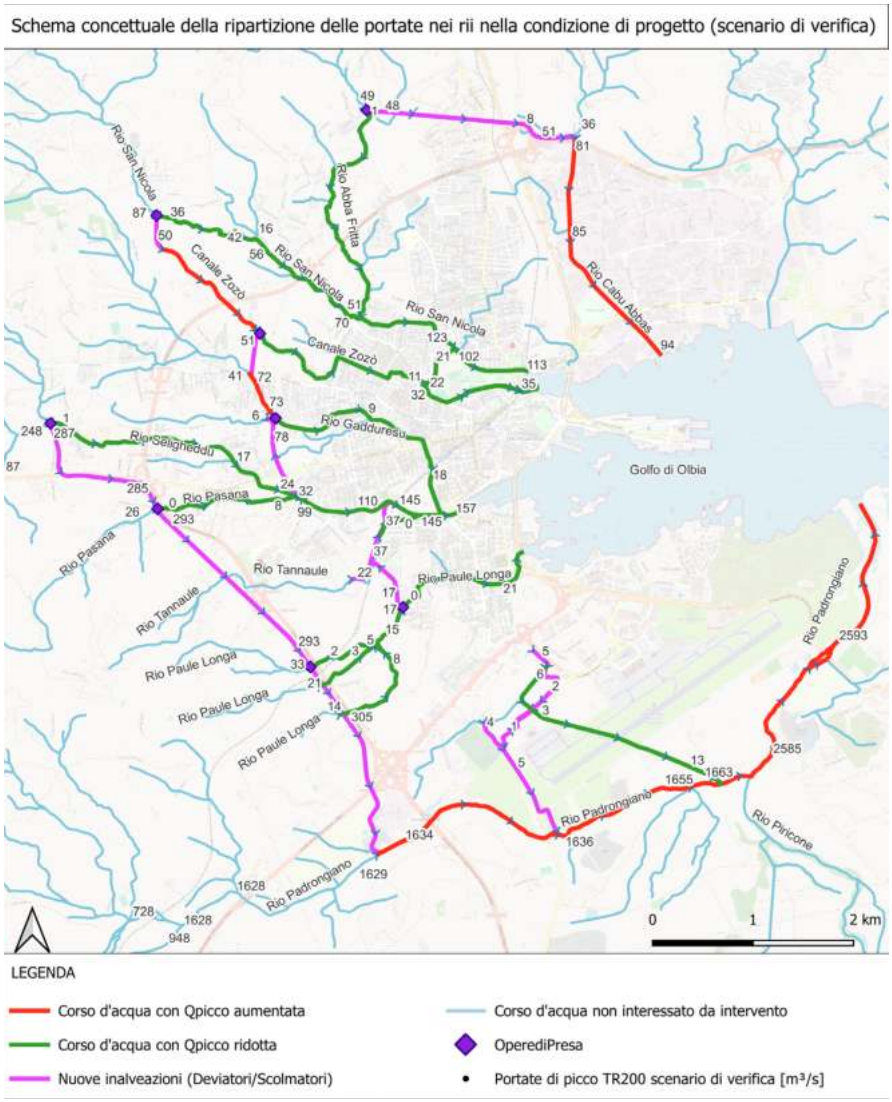


Figura 9 - *Variazioni di portata TR2000 nei canali urbani.*

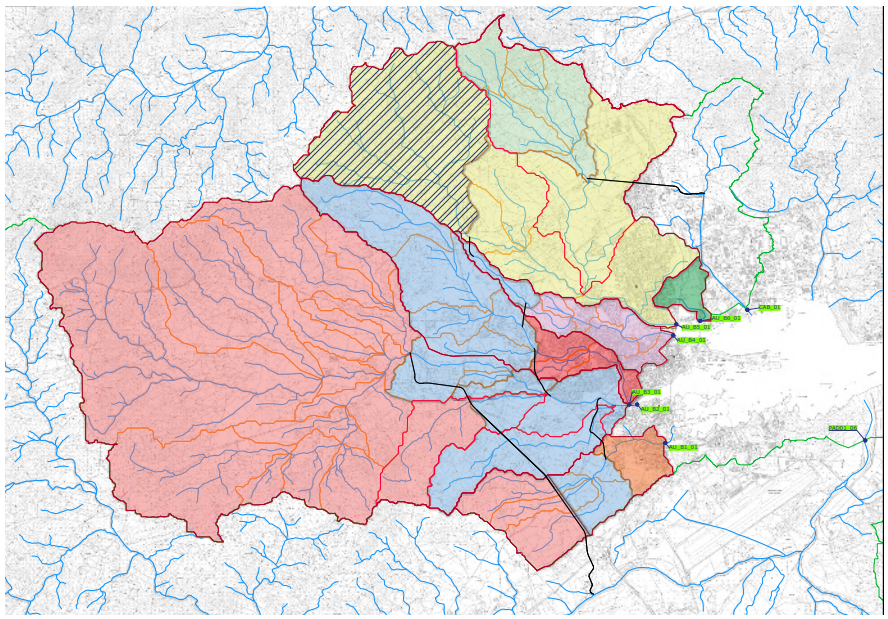


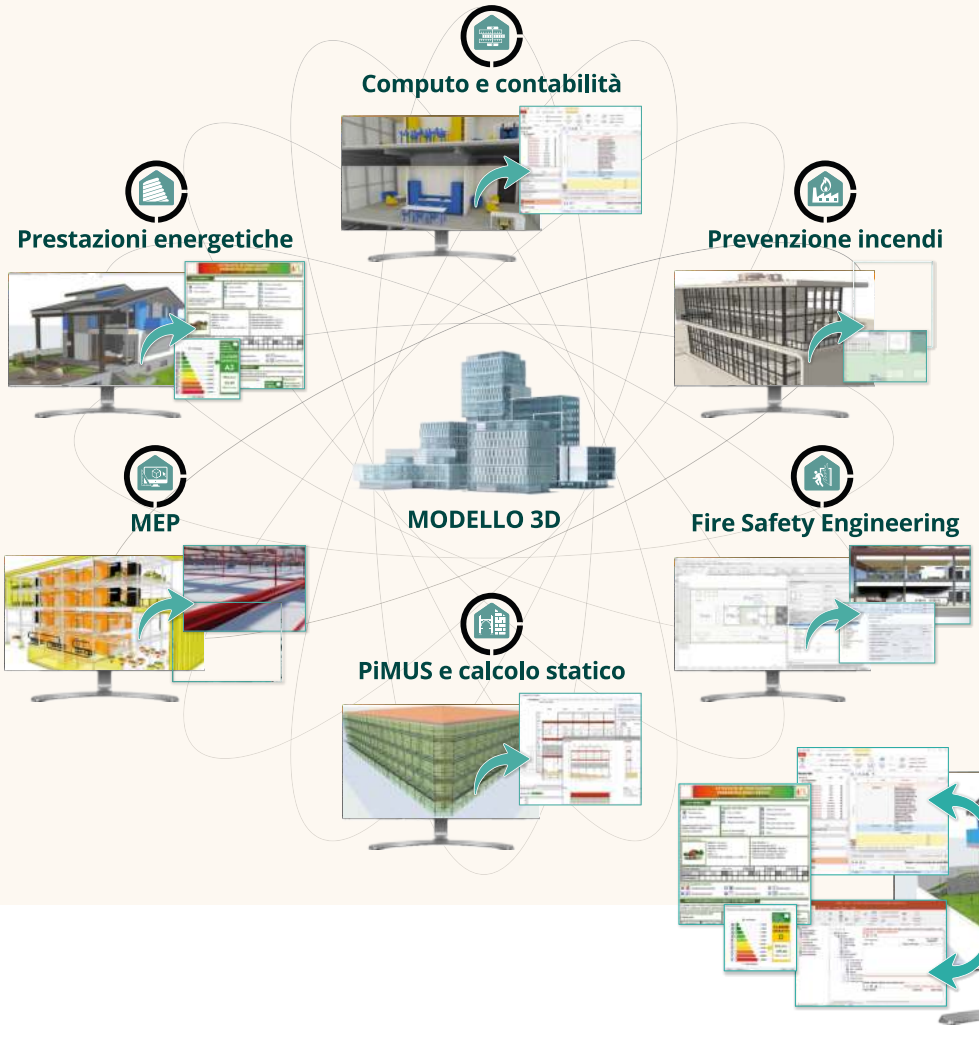
Figura 10 - *Bacini confluenti in città. L'insieme delle aree colorate indicata il bacino complessivo confluente in città. Le aree rosa e verde chiaro indicano la porzione di bacino che NON saranno più confluenti in città allorquando saranno realizzate le opere di scolmo a monte della città.*

Namirial

La perfetta integrazione BIM tra modello 3D e software per l'edilizia

I software Namirial totalmente integrati in Archicad consentono di lavorare con strumenti avanzati per una progettazione in tempo reale per **prestazioni energetiche, computo e contabilità, PiMUS e calcolo statico, prevenzione incendi, FSE, MEP (impianti antincendio, termotecnici e canali d'aria).**

Modellazione | Progettazione integrata | CDE



GRAPHISOFT **Archicad**®

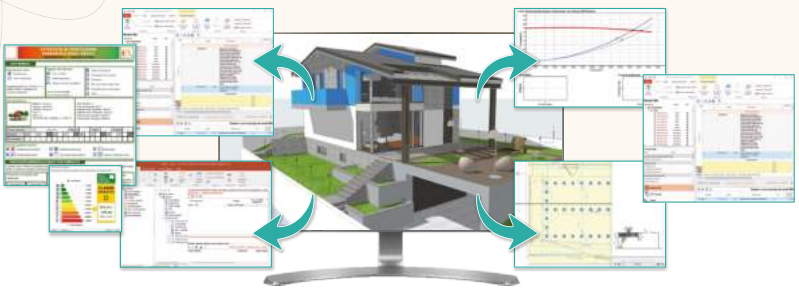
Siamo rivenditori autorizzati del software dalla indiscussa qualità.

NamirialBIM powered by Archicad

software di modellazione e progettazione integrata basato sul motore Archicad

Namirial Building in Cloud

Il potente CDE per gestire tutto il ciclo di vita dell'opera



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

I prodotti BIM di Namirial ti consentono di gestire con efficenza, precisione e conformità normativa ogni fase del tuo progetto.

Scopri di più

Namirial Spa Via Caduti sul Lavoro, 4 - 60019 Senigallia (AN) - Italy
www.edilizianamirial.it - e-mail: commerciale@edilizianamirial.it - Tel. +39 071 20 53 80

Invarianza idraulica e idrologica in aree urbane: le tecniche SUDS

ALBERTO PAOLO CAMPISANO
Professore ordinario di costruzioni idrauliche e marittime e idrologia presso il Dipartimento di ingegneria civile e architettura dell'Università degli Studi di Catania

SALVATORE ALECCI
Presidente di sezione e Consigliere nazionale dell'Associazione Idrotecnica Italiana e componente del CTS dell'Autorità di bacino della Sicilia

L'aumento della frequenza e della gravità degli eventi alluvionali nelle aree urbane ha condotto le comunità a sollecitare i soggetti preposti alla gestione del territorio e il mondo scientifico alla ricerca di nuove soluzioni tecniche per mitigare gli effetti di tali eventi. La letteratura scientifica evidenzia chiaramente l'incidenza sulla crescita dei deflussi in aree urbane determinata dai mutamenti territoriali, includendo in questi l'incremento del consumo di suolo con il conseguente aumento del grado di impermeabilizzazione dei bacini (Barberis et al., 2006; Pistocchi et al., 2015). Negli anni più recenti si è giunti alla formulazione dei *principi di invarianza idraulica* e di *invarianza idrologica* delle trasformazioni del suolo, con particolare attenzione ai bacini urbani. Per conseguire l'invarianza idraulica o idrologica e, più in generale, per mitigare gli effetti delle piene in ambito urbano, accanto all'*approccio tradizionale* basato principalmente sulla realizzazione di *opere di tipo concentrato* poste nella parte medio-valliva dei bacini, si sta sempre più sviluppando un *approccio sostenibile* che privilegia invece interventi di tipo distribuito sul bacino, incluse le sue porzioni più a monte. Secondo tale ultimo approccio, occorre ridurre le portate di piena già nelle superfici da trasformare, intervenendo così nel processo stesso di formazione dei deflussi. Nella letteratura internazionale, gli interventi sostenibili sono raggruppati nei Sistemi di Drenaggio Urbano Sostenibili (*Sustainable Urban Drainage Systems - SUDS* nella letteratura anglosassone - Fletcher et al., 2015; Woods Ballard et al., 2015), includendo in tale raggruppamento un insieme di tecnologie e tecniche per il contenimento degli apporti meteorici tramite controllo "alla sorgente" (laddove avviene la precipitazione). Nella pratica progettuale, le tecniche SUDS vengono spesso affiancate alle tecniche più tradizionali di tipo strutturale e sono prevalentemente indicate in letteratura come soluzione ai problemi legati alla formazione dei deflussi nel caso di eventi meteorici caratterizzati da piccoli tempi di ritorno. Obiettivo del presente articolo è illustrare il ruolo delle SUDS nel raggiungimento dell'*invarianza idraulica* e idrologica nei bacini urbani.

Invarianza idraulica e idrologica

Per *invarianza idraulica* delle trasformazioni del suolo si intende il contenimento del valore della massima portata defluente dalle aree urbanizzate o comunque sottoposte a trasformazione del suolo entro il valore della portata preesistente alla trasformazione. In tal modo nei ricettori di valle non si aggrava il grado di pericolosità correlato ai picchi di piena preesistenti all'urbanizzazione. Per *invarianza idrologica* delle trasformazioni del suolo si intende, invece, il mantenimento sia della massima portata sia del volume di deflusso meteorico entro i valori preesistenti alla

trasformazione. Ciò implica che non viene ad aggravarsi il grado di pericolosità correlato sia ai picchi sia ai volumi totali di piena (Pistocchi, 2001; Pistocchi e Zani, 2004; Pappalardo et al., 2017; Alecci et al., 2022, Woods Ballard et al., 2015). Il controllo delle acque meteoriche per conseguire l'invarianza può essere affidato a diversi tipi di processo fra i quali i principali sono:

- **laminazione**, basata sull'accumulo temporaneo in un invaso di volumi di deflusso superficiale con il loro successivo rilascio a portata massima ridotta entro il valore preesistente alla trasformazione;
- **infiltrazione**, basata sul consentire l'incremento del deflusso profondo (e il conseguente decremento del deflusso superficiale), aumentando l'estensione (o la permeabilità) delle aree permeabili;
- **evapotraspirazione**, ottenuta mediante l'incremento delle superfici vegetate;
- **recupero**, ottenuto mediante la raccolta e l'accumulo di volumi di deflusso superficiale con successivo utilizzo per gli usi compatibili. Con il termine *ritenzione* si intende infine la combinazione di processi di intercettazione, accumulo, infiltrazione ed evapotraspirazione che viene attuata in alcuni sistemi per conseguire l'invarianza idraulica o idrologica.

Appare chiaro, quindi, come, ad esempio, l'invarianza idrologica non possa ottenersi con sistemi basati sulla sola *laminazione* poiché tali sistemi non consentono di sottrarre volumi all'evento di piena. Al contrario, la condizione di invarianza idraulica può essere raggiunta con sistemi basati solo sulla laminazione o solo sul recupero.

L'approccio sostenibile mediante tecniche SUDS

La progettazione di SUDS può essere finalizzata al controllo quantitativo delle acque di deflusso urbano, al controllo della qualità delle stesse acque e anche al miglioramento della qualità dell'ambiente urbano e al miglioramento delle biodiversità. Woods Ballard et al., (2015) hanno identificato criteri e metodi di progettazione degli interventi SUDS in funzione dei benefici multipli potenzialmente ottenibili con l'adozione di tali tecniche.
Per il raggiungimento dell'invarianza idraulica e idrologica, le tecniche SUDS possono essere maggiormente efficaci per eventi di intensità non elevata, di breve e media durata.
Tali tecniche, risultano quindi idonee a mitigare inondazioni/allagamenti di tipo pluviale generalmente in bacini di piccole dimensioni come quelli urbani. Minore è invece la loro efficacia nei grandi sistemi di drenaggio, più sensibili agli eventi di lunga durata. Tuttavia, ciò non significa che gli interventi di tipo SUDS non siano utili anche in questi ultimi sistemi, potendo tali interventi avere ancora effetti positivi sul controllo delle portate e dei volumi del bacino, in dipendenza dei vincoli idraulici locali. Di seguito sono discusse le principali tipologie di interventi di tipo SUDS. La tabella 4.I riporta alcune tra tali tecniche, unitamente al campo di applicazione e ai relativi benefici ottenibili in ambito urbano.

Interventi per la laminazione delle portate

Gli interventi per la laminazione rientrano tra quelli maggiormente utilizzati per ridurre le portate di piena. Tra questi interventi, le vasche di laminazione sono state, nel tempo, molto utilizzate (AA.VV., 1996). Le vasche di laminazione possono essere realizzate con pareti e fondo impermeabili (in calcestruzzo, muratura, materiali plastici, etc.) o permeabili (in materassi Reno, geo-celle, geo-stuoie, etc.), associando, in quest'ultimo caso, il beneficio dell'infiltrazione a quello ottenuto con la laminazione. Vasche di laminazione con pareti permeabili verdi possono essere realizzate molto facilmente nelle rotatorie stradali in ambito urbano dove il verde non è frequentato da persone o mezzi di trasporto. La laminazione può avvenire anche utilizzando invasi rappresentati da tubazioni interrate di grande diametro (super-tubi), affiancate e collegate fra loro, in modo da costituire complessivamente il volume di invaso richiesto. In alternativa, si possono utilizzare sistemi ottenuti dall'assemblaggio di strutture reticolari (con un alto indice dei vuoti) costituiti da moduli di laminazione-dispersione prefabbricati in materiale plastico. Altri sistemi SUDS innovativi che sfruttano il processo di laminazione sono i *tetti blu* (*blue roofs* nella letteratura anglosassone). Tali sistemi consentono il controllo delle acque meteoriche provenienti dalle coperture degli edifici le quali, come è noto, costituiscono una porzione importante delle superfici impermeabili nelle città. In letteratura esistono soluzioni con sistemi basati sulla sola laminazione ma anche con sistemi misti di tipo blu-verde che includono sia strutture di invaso sia strati vegetativi per l'infiltrazione e la ritenzione.
La figura 1.1 mostra un sistema pilota di tipo modulare testato recentemente sul tetto piano di uno degli edifici del Campus universitario di Catania. Le osservazioni sperimentali hanno mostrato alte prestazioni in termini di efficienza di ritenzione (valore medio 54%)

Tabella 4.I. Tipologie di SUDS e criteri di progetto

Tipo di SUDS	Descrizione	Meccanismo di collettamento	Criterio di progetto								
			Aspetti quantitativi			Qualità dell' acqua	Aspetti estetici	Biodiversità	Ricarica falde	Uso acque meteoriche	Riduzione CO_2
				Volumi di deflusso							
			Portate al colmo	Eventi piccoli	Eventi grandi						
Opere per la laminazione	Riducono il picco di portata	P	X	X	X						
Recupero delle acque meteoriche	Accumulano i deflussi dalle coperture degli edifici o dalle superfici pavimentate per renderli disponibili all'utilizzo	P		X	X					X	X
Pavimentazioni permeabili	Infiltrano i deflussi superficiale nel suolo	S	X	X		X	X		X		X
Trincee di infiltrazione	Agevolano l'infiltrazione (*)	L		X		X			X		X
Pozzi disperdenti	Favoriscono l'infiltrazione (*)	P	X	X	X	X			X		X
Bacini di infiltrazione		S	X	X	X	X	X	X	X		X
Fasce filtranti	Convogliano e infiltrano i deflussi superficiali	L	X	X	X	X	X	X	X		X
Tetti verdi	Consentono la ritenzione dei deflussi meteorici sui tetti	S	X			X	X	X			X
Tetti blu	Consentono la laminazione dei deflussi meteorici sui tetti	S	X	X							

Meccanismo di collettamento prevalente: P = puntuale, L = lineare (monodimensionale), S = superficiale (bi-dimensionale).

(*) preferibilmente previa sedimentazione



Figura 1 - *Tetto blu di tipo modulare realizzato su un edificio della Cittadella universitaria di Catania (Campisano et al., 2021).*

e attenuazione del picco di piena (valore medio 72%), confermando la validità di tali sistemi per il controllo "alla sorgente" dei deflussi di piena in ambito urbano (Campisano et al., 2021).

Interventi per il recupero delle acque meteoriche

La figura 2 mostra uno schema di sistema di recupero delle acque meteoriche in ambito domestico. Tale sistema consente il recupero di parte delle acque meteoriche dalle coperture degli edifici per il loro successivo uso per scopi (normalmente) non potabili (Campisano et al., 2017). I pluviali discendenti dai tetti vengono canalizzati su uno o più serbatoi nei quali attinge una pompa per prelevare l'acqua e immetterla in una rete di distribuzione destinata solo agli usi compatibili, separata e ben riconoscibile. È importante interporre fra i pluviali ed il serbatoio un dispositivo deviatore, per l'allontanamento delle acque di prima pioggia.

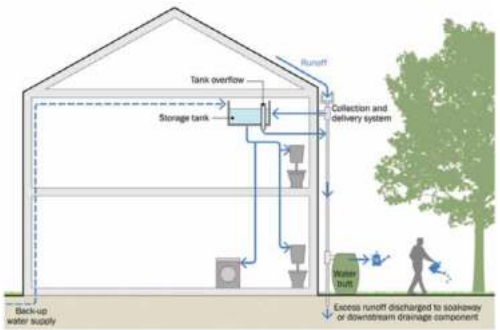


Figura 2 - *Schema di sistema per il recupero e utilizzo di acque meteoriche in ambito domestico (tratto da Woods Ballard et al., 2015).*

Interventi per l'infiltrazione e/o l'evapotraspirazione

Esistono diverse tipologie di soluzioni SUDS che possono essere utilizzate per facilitare l'infiltrazione nei suoli delle acque meteoriche. Tra le soluzioni più diffuse vi sono le *pavimentazioni permeabili, le trincee di infiltrazione, i pozzi disperdenti, i bacini di infiltrazione*. La figura 4 mostra un esempio delle fasi di realizzazione di una trincea di infiltrazione. La maggior parte degli interventi basati sull'infiltrazione soffre di limitazioni riguardanti la loro durata (inficiata dall'intasamento) e il rischio di inquinamento delle acque di falda quando tali interventi vengono realizzati in aree con presenza di insediamenti produttivi. Inoltre, le opere che si avvalgono del processo di infiltrazione consentono anche (in misura più o meno importante) la laminazione e l'evapotraspirazione. Ad esempio, nei bacini d'infiltrazione vi è un effetto di laminazione. Nelle *fasce* e nelle *cunette filtranti* (figura 3) si sfrutta anche l'evapotraspirazione. I *tetti verdi* (*green roofs* nella letteratura anglosassone) affidano la loro funzione principalmente all'evapotraspirazione, oltre che alla laminazione. Hanno il vantaggio di intervenire letteralmente "alla sorgente" della formazione dei deflussi e di offrire, se opportunamente integrate nella progettazione dell'edificio,



Figura 3 - *Cunetta filtrante (tratto da Strosser et al., 2014).*

JOTUN

jotun.com

Make it reliable

Jotun delivers market-leading anticorrosive solutions for all types of infrastructure. Our high-performance coatings are rigorously tested to meet industry standards and provide excellent fire protection when it matters most.

Build for generations without compromising on safety

SteelMaster

SteelMaster brings out the beauty of your steel design and enables you the freedom to design and let structure steel be an aesthetical part of your design vision, without compromising on safety. Combine with compatible topcoats with thousands of colours and metallic finishes in different gloss levels. The high-quality finish makes the SteelMaster products the preferred choice by architects.

Reliable, cerified fire protection

- 30-180 minutes fire protection
- Globally certified
- Most efficient thin film products globally within its category

allegro allegro.no | Illustration by percarlsen

ARCHITECTURE AND DESIGN



Figura 4 - *Alcune fasi della realizzazione di una trincea di infiltrazione.*

soluzioni estetiche che possono essere anche di grande pregio. Pregi di queste opere sono la molteplicità delle soluzioni possibili, la loro relativa facilità di realizzazione ed il loro costo, generalmente inferiore ai sistemi esclusivamente a laminazione.

Considerazioni conclusive

L'aumento dei deflussi in ambito urbano ha reso evidente la necessità di affiancare ai metodi basati sull'approccio tradizionale di incremento della capacità di portata delle reti di drenaggio, tecniche basate sull'approccio sostenibile dei deflussi urbani, intervenendo sulle trasformazioni del suolo per ridurre la formazione dei deflussi. L'uso congiunto di soluzioni basate sui due approcci può consentire di mitigare gli effetti delle piene urbane e di raggiungere l'invarianza idraulica o idrologica dei bacini. Le opere per la laminazione sono oggi realizzate in modo affidabile e sicuro con un ampio ventaglio di soluzioni, consentendo di perseguire l'invarianza idraulica ma non, da sole, anche l'invarianza idrologica. Gli interventi per incrementare l'infiltrazione o l'evapotraspirazione sono generalmente di più facile realizzazione e di minor costo ma raramente riescono a raggiungere, da soli, l'invarianza idraulica o idrologica.

Riferimenti bibliografici

AA.VV. (1996). Sistemi di fognatura e di drenaggio urbano, CUSL, Milano

Alecci S., Barbagallo S. e Campisano A (2022) - Invarianza idraulica e idrologica. Principi, tecniche e normative. Quaderni CSEI-Catania, Catania, pp. 70

Barberis R., Di Fabbio A., Di Leginio M., Giordano F., Guerrieri L., Leoni I., Munafò M., Viti S. (2006). Impermeabilizzazione e consumo dei suoli nelle aree urbane, in Qualità dell'ambiente urbano - III Rapporto APAT, Roma, pp. 631-649.

Campisano A., Butler D., Ward S., Burns M.J., Friedler E., DeBusk K., Fisher-Jeffes L.N., Ghisi E., Rahman A., Furumai H., Han M. (2017). Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives. Water Research, 115, pp. 195-209.

Campisano A., Modica C. e Gullotta A. (2021). Long-term experiments for the evaluation of the potential for storm water control of modular blue roofs in Mediterranean climate, Urban Water Journal, 18:1, 33-42, DOI: 10.1080/1573062X.2020.1850807

Fletcher T.D., Shuster W., Hunt W.F., Ashley R., Butler D., Arthur S., Trowsdale S., Barraud S., Semadeni-Davies A., Bertrand-Krajewski J.-L., Mikkelsen P.S., Rivard G., Uhl M., Dagenais D., Viklander M. (2015). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage, Urban Water Journal, 12 (7), pp. 525-542.

Pappalardo V., Campisano A., Martinico F., Modica C., Barbarossa L. (2017). A hydraulic invariance-based methodology for the implementation of storm-water release restrictions in urban land use master plans, in Hydrological Processes. 2017;31: 4046-4055

Pistocchi A. (2001). La valutazione idrologica dei piani urbanistici - un metodo semplificato per l'invarianza idraulica nei piani regolatori generali, Ingegneria Ambientale, vol. XXX, n. 7/8, luglio/agosto 2001

Pistocchi A., Zani O. (2004). L'invarianza idraulica delle trasformazioni urbanistiche: il metodo dell'Autorità dei bacini regionali romagnoli, in 29° Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Trento, 7-10 settembre 2004, Editoriale Bios, Cosenza

Pistocchi A., Calzolari C., Malucelli F., Ungaro F. (2015). Soil sealing and flood risks in the plains of Emilia-Romagna, Italy. Journal of Hydrology: Regional Studies, 4(2015). pp. 398-409

Strosser P., Delacàmara G., Hanus A., Williams H., Jaritt N. (2014). A guide to support the selection, design and implementation of Natural Water Retention Measures in Europe - Capturing the multiple benefits of nature-based solutions. European Commission, Brussels

Woods Ballard B., Wilson S., Udale-Clarke H., Illman S., Scott T., Ashley R., and Kellagher R. (2015). The SUDs Manual. CIRIA Report C753, RP992, CIRIA, London, UK, ISBN: 978-0-86017-760-9

LaVespucci nel mondo

Partito dal porto di Genova il 1° luglio 2023, il Tour ha visto la celebre Nave Amerigo Vespucci, emblema dell'Italia nel mondo, toccare 30 paesi. Contestualmente, nelle tappe che hanno toccato le città di Los Angeles, Tokyo, Darwin, Singapore, Mumbai, Abu Dhabi, Doha e Jeddah, è stato allestito il Villaggio Italia.
Promosso dal Ministro della Difesa Guido Crosetto, il Villaggio è stato uno spazio innovativo itinerante, che ha celebrato e promosso il patrimonio culturale, artistico, storico ed economico italiano.



05 Continenti

30 Paesi

35 Porti



46.000
Miglia nautiche percorse

77.550
Mq di Villaggio Italia

420.000
Visitatori

Nature-Based Solutions per edifici e città più resilienti

GIULIO CONTE
Socio fondatore di IRIDRA

Nell'ultimo ventennio – dalla *"direttiva quadro sulle acque"* (DIR 2000/60/CE, nel seguito WFD) alla Strategia sull'adattamento al cambiamento climatico (COM-2021 82 final) – la politica europea di gestione delle acque e dei bacini idrografici ha maturato profondi cambiamenti. Nel terzo millennio tale politica si muove su una lunghezza d'onda radicalmente diversa da quella che ha caratterizzato il settore idrico nel '900. In estrema sintesi, è necessario passare da una politica basata prevalentemente su "opere idrauliche grigie" (dighe, derivazioni, acquedotti, difese, argini, briglie, fognature, depuratori) ad un "cassetta degli attrezzi" più ampia, orientata ad affrontare, tra le altre, due sfide fondamentali:

- **Il miglioramento della risposta idrologica del territorio**, favorendo, sia nei contesti urbani che in quelli rurali, soluzioni che rallentino i deflussi superficiali, favoriscano l'infiltrazione e le funzioni depurative naturali sia fisico/chimiche (sedimentazione, adsorbimento) che biologiche (ossidazione, nitrificazione, denitrificazione, ecc.).
- **Una politica di "gestione della domanda idrica"** orientata a ridurre i prelievi ad uso civile, agricolo e industriale per minimizzare le alterazioni del regime naturale delle portate di fiumi e falde, ricorrendo quando possibile a risorse idriche alternative (come le acque reflue depurate ma anche acque di pioggia, acque grigie.

Tali sfide richiedono l'integrazione tra opere idrauliche "classiche" – la cui importanza resta fondamentale e che andranno progressivamente rinnovate, adeguate e rese sempre più "smart" grazie alle nuove tecnologie – e soluzioni che puntino a valorizzare i "servizi ecosistemici" forniti dalla natura, in particolare quelli di "regolazione", come il controllo delle piogge o la purificazione dell'acqua. La necessità di invertire la rotta e recuperare i servizi di ritenzione, laminazione, infiltrazione e miglioramento della qualità, offerti dagli ecosistemi naturali, è risultata evidente in Europa già dalle prime valutazioni dell'attuazione WFD, che hanno portato l'UE alla pubblicazione nel 2014 di un *Policy Document* sulle misure naturali di ritenzione idrica[1], indicate come irrinunciabili per il raggiungimento degli obiettivi previsti dalla Direttiva. Per avere corpi idrici in buono stato e risorse di buona qualità per gli usi umani, quindi, è necessario recuperare servizi ecosistemici su tutto il bacino idrografico. Non essendo immaginabile una "riconversione alla natura" di vaste aree urbane o agricole, si è cercato di capire se fosse possibile restaurare ecosistemi su piccole porzioni (tra il 2 e il 5%) di territorio per recuperare il più possibile i servizi ecosistemici perduti. È in questo contesto che nasce il concetto di "soluzioni basate sulla natura" o NBS e si avvia un'ampia attività di ricerca e di realizzazione sperimentale di interventi pilota, i cui risultati sono oggi raccolti nel portale Network Nature. In estrema sintesi le NBS, definite ufficialmente in EU come "soluzioni ispirate e supportate dalla natura"[2], sono infrastrutture verdi progettate per massimizzare processi e funzioni che avvengono naturalmente negli ecosistemi. Tra queste ve ne sono molte che possono contribuire ad affrontare le

[1] *EU Policy document on Natural Water Retention Measures. Technical Report - 2014 – 082. ISBN 978-92-79-44497-5 doi:10.2779/227173*

[2] https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research-area/environment/nature-based- solutions_en#:~:text=The%20Commission%20defines%20nature%2Dbased,benefits%20and%20help%20build%20resilience.

sfide indicate sopra. Per quanto riguarda la prima sfida, la risposta idrologica dei bacini idrografici è stata progressivamente modificata a causa della impermeabilizzazione del suolo (urbanizzazione) e della "industrializzazione" delle pratiche agricole che ha causato la perdita di elementi di naturalità (fasce boscate, filari, piccoli corsi d'acqua e zone umide) del paesaggio agrario. L'insieme di queste trasformazioni ha comportato da un lato l'aumento delle portate e delle velocità dei deflussi superficiali (e conseguentemente del rischio idromorfologico) dall'altro la riduzione della infiltrazione nel suolo e della capacità autodepurativa naturale del reticolo minore (impattando negativamente sullo stato "quantitativo e qualitativo" delle acque). Per migliorare la risposta idrologica delle città sono oggi disponibili e ampiamente sperimentate diverse NBS applicabili ai contesti urbani (si veda in questo stesso numero della rivista l'articolo di Campisano): tetti e pareti verdi, aree di bio-ritenzione, trincee drenanti e altre soluzioni raccolte nella grande famiglia dei *sistemi di drenaggio urbano sostenibile*[3]. Le NBS applicabili nei contesti rurali riguardano innanzitutto la riqualificazione del reticolo idrografico minore (in particolare quello di bonifica), aspetto su cui diverse Regioni del bacino del Po già lavorano da anni[4], e includono diverse tipologie di fasce tampone e di soluzioni per facilitare l'infiltrazione (i cosiddetti sistemi MAR Managed Acquifer Recharge). Particolarmente importante, nelle zone rurali, è la funzione di riduzione dell'inquinamento diffuso di origine zootecnica e agricola svolta dalle NBS: sono infatti l'unica soluzione possibile (oltre alla riduzione delle fonti inquinanti) non essendo immaginabile una soluzione basata su "tecnologie grigie".
Ma le NBS possono contribuire anche alla seconda sfida, facilitando il riuso delle acque, contribuendo quindi alla riduzione dei consumi, in particolare nei contesti urbani. Sfruttando la capacità degli ecosistemi di depurare le acque, sarà possibile attrezzare le città del terzo millennio con diffusi sistemi di trattamento del "runoff" urbano (figura.1) o degli scarichi (in particolare le cosiddette "acque grigie", quelle provenienti da docce e lavabi, più facilmente trattabili e a minor rischio sanitario, se separate dalle acque nere provenienti dai WC, figura.2), realizzabili a scala di singolo edificio o di quartiere. Questo permetterebbe di soddisfare gli usi meno nobili – come il risciacquo dei WC, l'irrigazione,



Figura 1 - Rain Garden che tratta le acque di pioggia provenienti dai tetti e dai piazzali di un edificio a Preganziol (VE) per poi inviarle a cisterna di accumulo.



Figura 2 - Sistema di trattamento delle acque grigie realizzato ad Oslo all'interno di un piccolo parco urbano.

il lavaggio strade, ecc. – con acque non potabili, riducendo drasticamente i consumi idrici urbani. L'opportunità di reperire acque meno pregiate di quelle potabili in città, è resa ancor più urgente dalla necessità di rispondere alla domanda irrigua del "rinverdimento" (nuove alberature, tetti e pareti verdi), reso necessario per rispondere ad un'altra esigenza legata al cambiamento climatico: quella del raffrescamento estivo. La capacità delle piante di contribuire al raffrescamento, dipende infatti – oltre che dall'effetto schermo nei confronti dei raggi solari, l'ombreggiamento – dall'evapotraspirazione, che assorbe calore dall'aria per trasformare acqua liquida in vapore acqueo. Tale funzione, quindi è tanto più efficace quanto più le piante scelte per il rinverdimento hanno capacità evapotraspirativa. Ne discende la necessità di ripensare il ciclo idrico urbano con soluzioni decentrate di accumulo e trattamento di acque da rendere disponibili per l'irrigazione estiva dei sistemi verdi. È anche possibile

[3] *SUDS, Sustainable Urban Drainage Systems https://www.susdrain.org/*

[4] *Si vedano ad esempio le Linee guida per la riqualificazione ambientale dei canali di bonifica in Emilia-Romagna, pubblicate nel 2012.*

concepire il verde urbano come sistema di trattamento esso stesso: è il caso delle "wetland" urbane o dei muri verdi alimentati con acque grigie (esempi riportati in figura.3 e 4) che svolgono una funzione rinfrescante e al tempo stesso rendono disponibile altra acqua trattata per irrigare alberi o giardini urbani. Le NBS si stanno dimostrando soluzioni efficaci e praticabili per un parziale ma significativo recupero dei servizi ecosistemici



Figura 3 - Wetland urbana di trattamento delle acque grigie (India).



Figura 4 - Wall2Water muro verde alimentato con acque grigie (Tunisia).

nelle aree urbane e rurali. Quello che ancora manca sono politiche efficaci per la loro diffusione su larga scala: la pianificazione di bacino e regionale (Piani di Tutela delle Acque) ha fatto qualche passo avanti, ma manca ancora una strategia chiara e forte (fatta di regole e schemi di finanziamento) per passare dagli interventi "pilota e dimostrativi" al cosiddetto *mainstream*. Le NBS rappresentano un'opportunità unica per trasformare le città in ambienti più resilienti, sostenibili e vivibili (figura.5a e 5b). L'integrazione di queste soluzioni richiede un approccio multidisciplinare, in cui l'ingegneria dialoga con professionisti di altre discipline per creare infrastrutture innovative e rispettose dell'ambiente. Adottare le NBS significa investire nel futuro delle nostre città, migliorando la qualità della vita e la sostenibilità urbana.

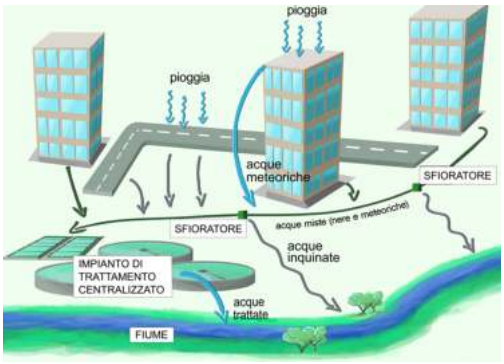


Figura 5a - Ciclo urbano dell'acqua attuale.

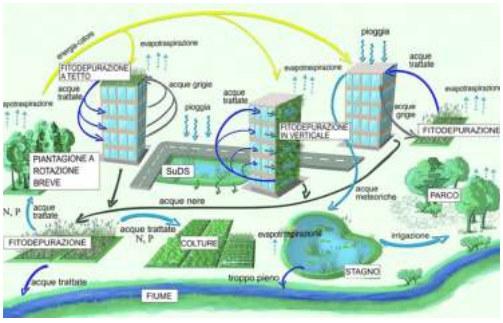


Figura 5b - Ciclo dell'acqua nella città del futuro.

Riferimenti bibliografici

Cross K., Tondera K., Rizzo A., Andrews L., Pucher B., Istenic D., Karres N., McDonald R. (Ed.). 2021. Nature- Based Solutions for Wastewater Treatment. IWA Publishing; 97817899062250.

Langergraber G., Dotro G., Nivala J., Rizzo A., Stein O. (Ed.). 2019. Wetland Technology: Practical Information on Design and Application of Treatment Wetlands. IWA Publishing, pp 5-9; 978-1-789-06016-4.

Liquete, C., Udias, A., Conte, G., Grizzetti, B. and Masi, F., 2016. Integrated valuation of a nature-based solution for water pollution control. Highlighting hidden benefits. Ecosystem Services, 22, pp.392-401.

Masi, F., Rizzo, A. and Regelsberger, M., 2018. The role of constructed wetlands in a new circular economy, resource oriented, and ecosystem services paradigm. Journal of environmental management, 216, pp. 275- 284.

Obeidat, N., Abu Awwad, A., Al-Salaymeh, A., Bresciani, R., Masi, F., Rizzo, A., Btoosh, J. and Zoubi, M.M., 2025. Ground-Based Green Façade for Enhanced Greywater Treatment and Sustainable Water Management. Water, 17(3), p.346.

Yadav A.K., Vymazal J., Zhao Y., Srivastava P. (Ed.). 2024. Emerging Developments in Constructed Wetlands. Elsevier Paperback ISBN: 9780443140785.



safetyexpo 2025

PREVENZIONE INCENDI



SAVE THE DATE

Vivi un evento che combina innovazione, apprendimento
e networking per costruire il futuro della prevenzione incendi!

17 – 18 SETTEMBRE 2025, BERGAMO FIERA

La fiera nazionale sulla prevenzione e la sicurezza antincendio
Tecnologie avanzate, progettazione d'eccellenza,
soluzioni innovative, contenuti esclusivi

Sei un Ingegnere?
Perché non puoi mancare

Innovazione al centro
Scopri prodotti e tecnologie all'avanguardia
presentate dalle aziende leader del settore.

Risposte concrete
Prendi parte ad iniziative ed esperienze pratiche pensate
per affrontare le sfide nella gestione della prevenzione incendi.

Crea connessioni
Confrontati con esperti, professionisti e operatori
del settore per costruire una rete di contatti unica.

Formazione di valore
Partecipa a convegni, seminari, corsi e sessioni di addestramento
pratico per ottenere CFP e ore di aggiornamento ex818/84.

Iscrizione gratuita su www.safetyexpo.it

Con Digital Twin e gemello fenomenologico una svolta nei servizi idrici

ORAZIO GIUSTOLISI
Professore di Hydroinformatics e Gestione dei Sistemi Idraulici, fondatore della spin-off IDEA-RT

La gestione delle infrastrutture del sistema idrico integrato, con specifico riferimento nel presente articolo agli acquedotti, sta attraversando un momento di sostanziale cambiamento sotto la spinta di molteplici eventi concomitanti e opportunità di innovazione. Nel 2017 è stata istituita l'Autorità Nazionale, denominata ARERA, e la conseguente regolamentazione della qualità tecnica che utilizza macro-indicatori per valutare le prestazioni del servizio idrico integrato e i relativi fattori premianti e penalizzanti per le società idriche. Il regolamento ARERA ha quindi innescato il cambiamento nella gestione degli acquedotti introducendo la necessità di misurazioni, ad esempio per valutare l'indicatore lineare di perdita d'acqua, denominato M1. Per la prima volta in Italia, è stato avviato un percorso di "ottimizzazione" degli investimenti per conseguire prestazioni gestionali degli acquedotti attraverso la loro *ingegnerizzazione* e la razionalizzazione tecnica degli interventi indicati dalle regole tecniche di qualità di una Autorità Nazionale.

Successivamente, la pandemia, iniziata nel marzo 2020, è stata un evento triste e critico che ha avuto anche aspetti utili:

- rivelando e ricordando l'irrinunciabilità e centralità della ricerca scientifica nella complessità del mondo attuale e le stesse potenzialità del *machine learning* allorquando l'intera umanità guardava ai centri di ricerca ed alla loro capacità di sviluppare in breve tempo vaccini che in passato richiedevano anni;
- mostrando la necessità di affrontare la complessità del mondo attuale, per renderlo sostenibile per le future generazioni, attraverso i concetti di *transizione ecologica*, *energetica* supportate da quella *digitale*, anche con l'impulso alle attività di ricerca e sviluppo;
- anticipando ed accelerando la *transizione digitale*, che era già in atto, poiché per lungo tempo i mezzi informatici sono stati l'unica finestra di socialità e relazionalità con il mondo reale.

Inoltre, le politiche di sostegno alla ripresa post pandemica, per esempio il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), hanno determinato un incremento significativo degli investimenti sia per ricerca e innovazione che per le infrastrutture acquedottistiche, che oggi devono trovare realizzazione in uno scenario reso ulteriormente complesso dalle emergenze idriche nei territori, probabilmente sempre di più nel futuro, per il cambiamento climatico.

La transizione digitale

Per *transizione digitale* si intende la rivisitazione dei *processi*, utilizzando *prodotti* con alla base delle *tecnologie* e *strategie digitali*, al fine di *incrementarne l'efficienza*. La *raccolta* e la valutazione dei *dati* relativi ai processi, più *semplice*, *accessibile* e *rappresentativa*, è la *base conoscitiva* degli stessi al fine di fornire l'*informazione* utile per il loro efficientamento (Giustolisi, 2024). La *transizione digitale*, dunque, non si raggiunge attraverso la semplice implementazione di prodotti e sistemi di monitoraggio basati su tecnologie digitali, quindi con una pura sostituzione o nuova implementazione tecnologica, ma nel momento in cui tutto ciò consente di conseguire l'incremento dei livelli di efficienza

dei processi che, nel caso dei sistemi idrici, implica il supporto alla decisione per le diverse attività tecniche. Per questo motivo, la *transizione digitale* non può essere ottenuta in assenza di un'adeguata formazione ed informazione del capitale umano e di una riorganizzazione aziendale. Il mondo negli anni '90 ha già attraversato una *transizione digitale* accompagnata dalla diffusione a prezzi accessibili dei primi *personal computer*. Pertanto, la digitalizzazione ha iniziato il processo di efficientamento dei sistemi già da più di tre decenni. Quella attuale può essere considerata, più razionalmente, come prosecuzione dell'evento iniziato nello scorso secolo, seppure caratterizzata da un'accelerazione generata da diverse condizioni, fra le quali i grandi investimenti e profitti originati dal contesto pandemico. Di certo, i progressi dell'elettronica di base sono il fondamento dell'evoluzione e sviluppo degli strumenti digitali e consentono sempre maggiori velocità di calcolo, trasmissione ed immagazzinamento di dati a supporto della transizione digitale.

Ciononostante, l'*evento tecnologico* non spiega e non è da solo la *transizione digitale*, poiché alla base della digitalizzazione odierna c'è sempre l'essere umano che ha sviluppato le teorie, i paradigmi e i concetti che hanno generato le strategie, i metodi e gli algoritmi consentendo lo sviluppo dei *prodotti* e *tecnologie digitali*. L'*efficientamento dei processi*, inoltre, richiede una *strategia digitale* che è dominio dell'essere umano. Pertanto, il ruolo della formazione, a tutti i livelli, è decisivo per compiere una vera *transizione* invece che una semplice sostituzione tecnologica che darebbe risultati tecnici limitati.

La rappresentazione dei sistemi acquedottistici ed il gemello digitale

Il concetto del *gemello digitale* è probabilmente quello più associato alla *transizione digitale* odierna e per questo è necessario comprenderne la storia ed i possibili sviluppi futuri che si intrecceranno con i cambiamenti gestionali nel mondo tecnico.
Un concetto analogo a quello di *gemello digitale*, seppur implementato in forma fisica e non digitale, è noto dagli anni '60. Infatti, il concetto di *gemello* fu utilizzato per la prima volta nel programma Apollo della NASA (Giustolisi, 2024). La NASA costruì due veicoli spaziali identici: il veicolo che rimase sulla Terra, chiamato *gemello*, venne usato come prototipo per la replica delle reali condizioni operative e la simulazione di scenari diversi sulla Terra, al fine di supportare gli astronauti nelle decisioni durante situazioni critiche.
Nel 1991, David Gelernter, uno specialista nel campo del calcolo parallelo, mutuando i principi filosofici elaborati da John Baudrillard introdusse il concetto di "Mirror World", un modello su scala cittadina della realtà che viene continuamente elaborato e migliorato da dati acquisiti in sito, consentendo all'utente di allargare o ridurre l'immagine su uno schermo del computer in modo da ottenere "un'unica immagine densa, vivace, pulsante, brulicante, in movimento e mutevole".

Anni dopo, nel 2003, Michael Grieves presentò un modello concettuale che comprendeva spazio reale, spazio virtuale, sottospazi virtuali e il flusso di dati tra spazi virtuali e reali per la gestione del ciclo di vita dei prodotti in ambito industriale (product lifecycle management - PLM). Lo stesso modello fu introdotto nel primo corso sul PLM nel 2003 presso l'Università del Michigan e fu definito come *mirrored spaced model* (Grieves 2006) e, successivamente, formalizzato con il termine di *gemello digitale* (Digital Twin) (Grieves 2011). Il modello proposto da Michael Grieves estende il concetto di gemello del programma Apollo utilizzando una copia digitale del prodotto reale e definendo lo spazio virtuale nel quale si stabiliscono le relazioni tra i mondi reale e digitale. La stessa NASA, nel 2019, suggerì di adottare il concetto di gemello digitale come tecnologia standard per la transizione digitale del comparto aerospaziale, definendola come una simulazione integrata multi-fisica, multi-scala, probabilistica di un veicolo o sistema che utilizza i migliori modelli fisici disponibili, aggiornamenti dai sensori, storia della flotta, ecc., per riflettere la vita del suo gemello in volo. Il gemello digitale è ultra-realistico e può considerare uno o più sistemi veicolari importanti e interdipendenti, tra cui propulsione/stoccaggio dell'energia, avionica, supporto vitale, struttura del veicolo, gestione termica/TPS, ecc. Negli anni successivi, con la diffusione degli strumenti e dei servizi offerti dall'Industria 4.0 ai settori produttivi e gestionali di varia natura, il concetto del gemello digitale proposto da Michael Grieves venne ulteriormente ampliato e generalizzato: l'introduzione di sensori per l'acquisizione di dati in tempo reale e l'applicazione di *machine learning* ha permesso di migliorare la conoscenza delle dinamiche intercorrenti nel sistema reale, migliorando in tal modo il *supporto alla decisione*. Nel campo della gestione dei sistemi acquedottistici, è stato sviluppato il concetto di *servizi del gemello digitale* e denominato in *servizi idrici digitali*

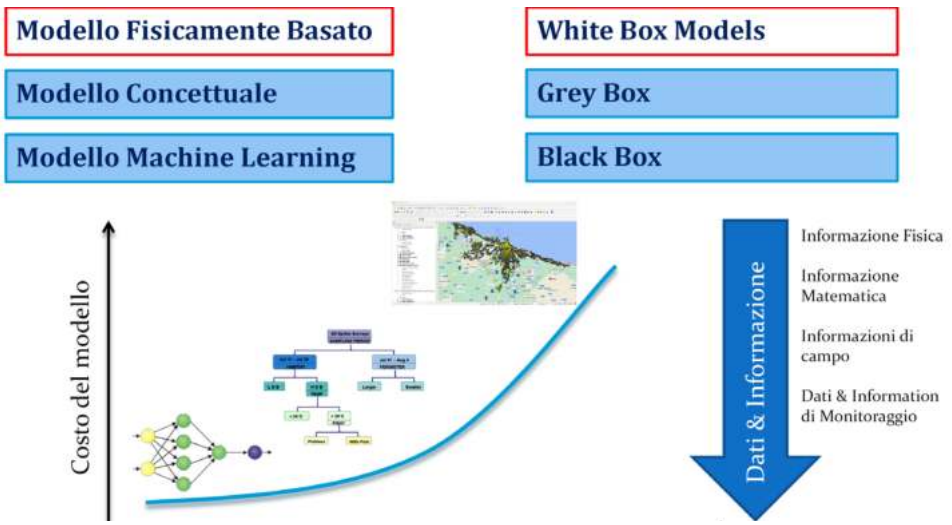


Figura 1 - *Modellizzazione dei sistemi fisici e interpretabilità vs. costo del modello.*

(Giustolisi, 2022; Ciliberti et al. 2023). Questi servizi sono concepiti seguendo la stessa logica del paradigma *digital twin as a service* con l'obiettivo di fornire supporto sia per attività funzionali, come l'analisi idraulica delle reti e la calibrazione dei modelli idraulici, sia per attività gestionali a medio e lungo termine, come la distrettualizzazione e la pianificazione degli interventi di manutenzione e riabilitazione delle reti (piani di sostituzione delle tubazioni) (Laucelli et al., 2023). L'adozione di questa strategia da parte del gestore facilita il coinvolgimento dei vari stakeholder, inclusi il personale tecnico e professionale, semplificando i processi di concertazione. Questa facilitazione è resa possibile dalla capacità di accedere ai singoli servizi, visualizzare i risultati ottenuti e consultare le informazioni rilevanti. Inoltre, la flessibilità dei *servizi idrici digitali* consente al gestore di ottimizzare i costi gestionali dell'ambiente del *gemello digitale*, eliminando così la necessità di creare e mantenere un'infrastruttura informatica dedicata al *gemello digitale*.

Il gemello digitale e il gemello fenomenologico

- Nel caso dei sistemi idrici, il **gemello digitale è una replica** del mondo reale che presenta un comportamento fenomenologico complesso governato dalle leggi della fisica. Tale comportamento non è replicabile attraverso analisi statistiche e relazionali dei dati, e quindi non può essere sostituito da tecniche di *machine learning*, per alcune ragioni principali.
- **Spesso è troppo complesso e caratterizzato** da un gran numero di variabili.
- **Le attività tecniche necessitano di comprensione fisica** (interpretabilità del modello per comprendere il motivo delle previsioni e delle soluzioni ottimali) per supportare il processo decisionale volto al miglioramento dell'efficienza.
- **Progettazioni e pianificazioni su diversi orizzonti temporali** sono attività chiave per aumentare l'efficienza gestionale dei sistemi idraulici la cui tecnicità è rilevante. Ciò richiede modelli basati sulle leggi fisiche (fisicamente basati), in grado di prevedere il comportamento del sistema a causa dei cambiamenti dell'infrastruttura, al contrario dell'apprendimento automatico che incapsula nelle relazioni matematiche degli oggetti il sistema così com'è.

Infatti, come mostrato nella figura 1 (vedi in alto), i modelli *fisicamente basati*, detti anche *white box*, hanno il vantaggio decisivo dell'interpretabilità che è ricompensato dall'elevato costo in termini di risorse generali. I modelli di *machine learning*, detti anche *black-box*, sono a basso costo poiché richiedono dati input-output del sistema fisico da modellare, il che viene pagato con la scarsa interpretabilità giustificata da una visione pragmatica.
Nel mezzo c'è una gradualità di *modelli concettuali*, detti anche *grey box*, con diversi equilibri costi-interpretabilità.
È necessario, quindi, espandere il concetto di *gemello digitale*, in linea con la sua stessa filosofia di estensibilità, con quello di *gemello fenomenologico*, ovvero un modello matematico fondato sulle *leggi della fisica* che governano il sistema fisico, replicandone il comportamento *fenomenologico*. Nel caso dei sistemi acquedottistici il *gemello fenomenologico* è un modello matematico basato sull'*idraulica avanzata* che, peraltro, integra strumenti della *transizione digitale* generati dalla *teoria*

delle reti complesse, dalla *ottimizzazione evolutiva*, dal *machine learning*, ecc., utili sia per analisi avanzate maggiormente idonee a replicare il comportamento *fenomenologico* dell'acquedotto (per esempio porzioni di rete disconnessa), sia a supportare l'ottimizzazione di sistema e la decisione in un'ottica "*what to do*", (figura 2).

Il *gemello fenomenologico* è anch'esso alimentato dai dati e si sviluppa progressivamente con la conoscenza che deriva dalla realizzazione del *gemello digitale*, sia dal punto di vista della miglior definizione matematica che della conoscenza *fenomenologica* della fisica del sistema. In definitiva, il *gemello fenomenologico*, integrato con gli strumenti della *transizione digitale*, consente lo sviluppo del concetto di *servizio idrico digitale* che può *supportare azioni tecniche e decisionali* in ambienti più complessi di quelli industriali laddove il concetto di *gemello digitale* è stato sviluppato inizialmente.

Conclusioni e prospettive

La *transizione digitale* nei sistemi tecnici è un'opportunità di efficientamento dei processi che può dare impulso all'ingegneria e prospettive al suo capitale umano con particolare riferimento alle nuove generazioni. La stessa *transizione digitale*, però, può diventare un momento negativo per l'ingegneria se non si comprende che parte importante e decisiva per stessa è la *strategia digitale* che porta alla rivisitazione dei processi tecnici ed è dominio umano. L'unico modo di percorrere correttamente l'evento *transizione digitale* è comprenderlo e gestirlo attraverso la formazione e informazione del capitale umano.

Riferimenti bibliografici

Ciliberti, F.G., Berardi, L., Laucelli, D.B., Ariza, A.D., Enriquez, L.V., and Giustolisi, O., 2023. From digital twin paradigm to digital water services. Journal of Hydroinformatics, 25(6), 2444–2459.

Giustolisi, O., 2022. Digital Transformation in Water Distribution Networks: from Digital Twin to Digital Water Service concept. Plenary session at Hydroinformatics, Bucharest, Romania.

Giustolisi, O. 2024. Digital transition, digital twin and digital water: history, concepts and overview for the application to aqueducts. Digital Water, 1(1).

Grieves, M., 2006. Product lifecycle management: Driving the next generation of lean thinking. New York, NY, USA: McGraw-Hill.

Grieves, M., 2011. Virtually perfect: Driving innovative and lean products through product lifecycle management. Space Coast Press, Cocoa Beach, FL,

Laucelli, D.B., Enriquez, L.V., Ariza, A.D., Ciliberti, F.G., Berardi, L., and Giustolisi, O., 2023. A digital water strategy based on the digital water service concept to support asset management in a real system. Journal of Hydroinformatics, 25(5).

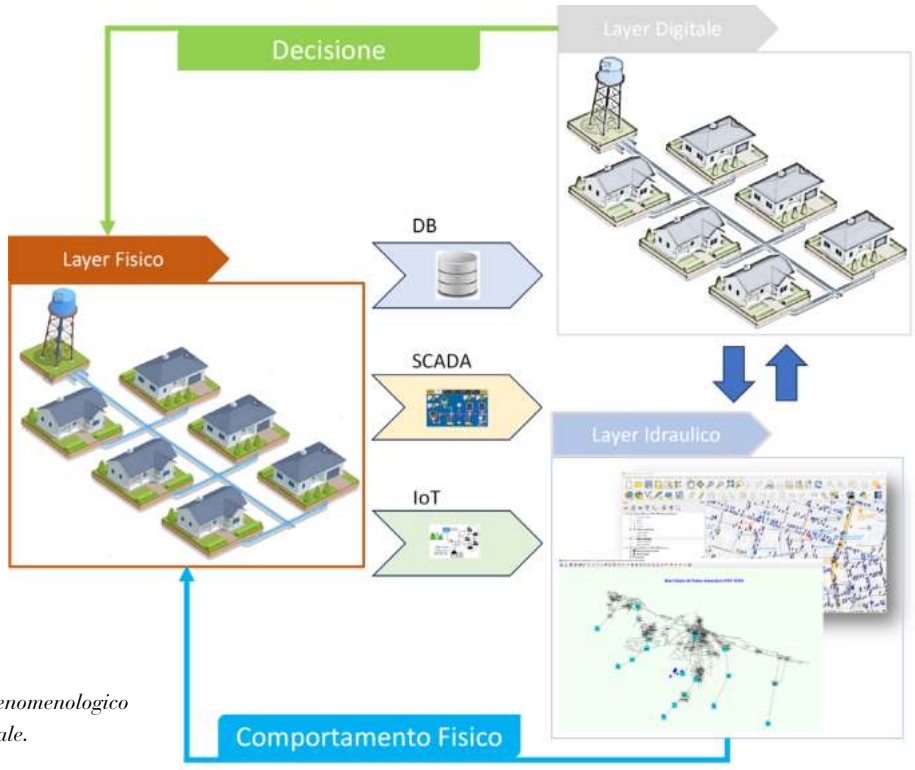


Figura 2 - *Gemello fenomenologico e servizio idrico digitale.*

Med Ways: Open Atlas

Ponza

Un racconto inciso nella pietra





Favignana

Dove il paesaggio si fa progetto

Amorgos

Terra di silenzio e natura selvaggia

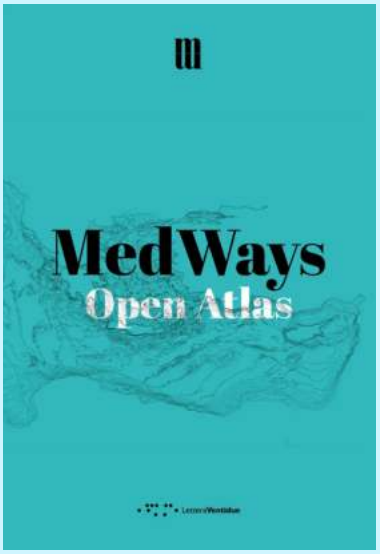






Patmos

L'isola dell'Apocalisse dove il paesaggio diventa visione



Med Ways - Open Atlas

Non solo spazio geografico, ma crocevia di culture, visioni e pratiche progettuali. Attraverso il concetto di soft urbanism, Mosè Ricci propone una **riflessione originale sulla rigenerazione urbana e territoriale nel Mediterraneo** ed esplora strategie sostenibili, inclusive e adattive per affrontare le sfide ambientali e sociali di una rinnovata struttura geopolitica.

La pubblicazione, edita Lettera Ventidue, raccoglie esempi, casi studio e visioni progettuali, delineando nuove possibilità per una trasformazione dei luoghi fondata sull'ascolto, sulla valorizzazione delle risorse locali e su un rinnovato **rapporto tra natura e città**.

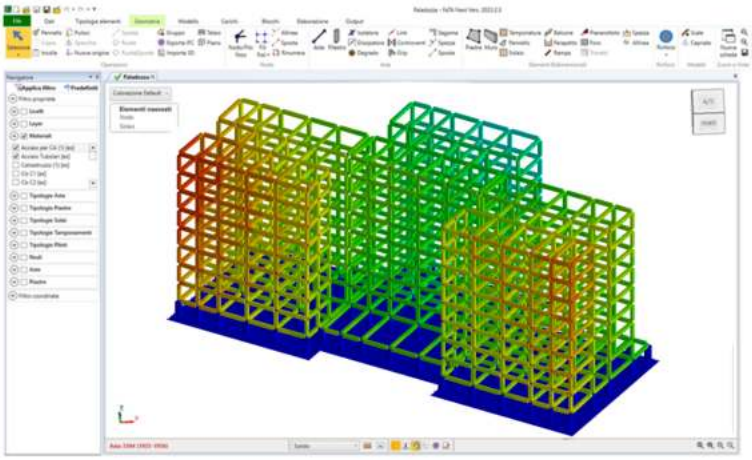
Med Ways è un manifesto per un urbanismo gentile, aperto al cambiamento e capace di generare bellezza e resilienza. Un contributo alla letteratura di settore per architetti, urbanisti e policy maker che guardano al futuro del Mediterraneo come **laboratorio di innovazione**.

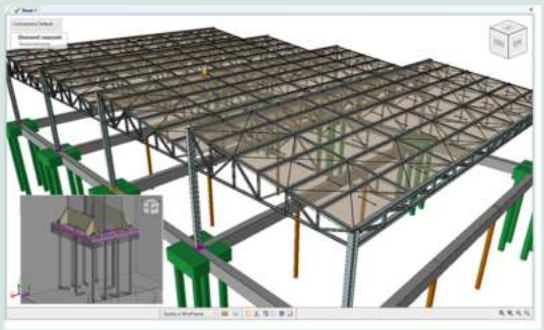
OGGI LO PUOI ACQUISTARE CON
PAGAMENTO RATEALE
FINO A 24 MESI

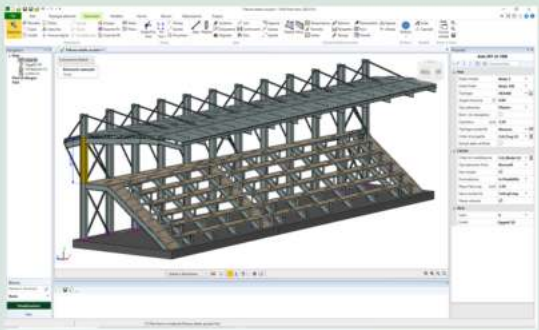
FaTA NEXT

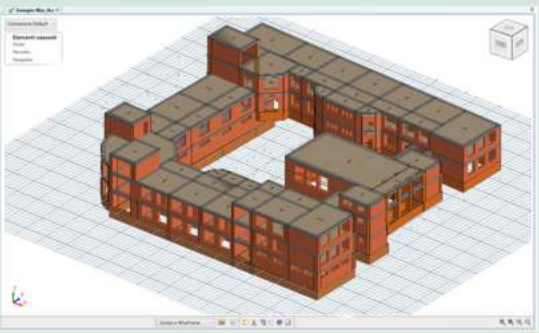
la soluzione per il calcolo strutturale

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

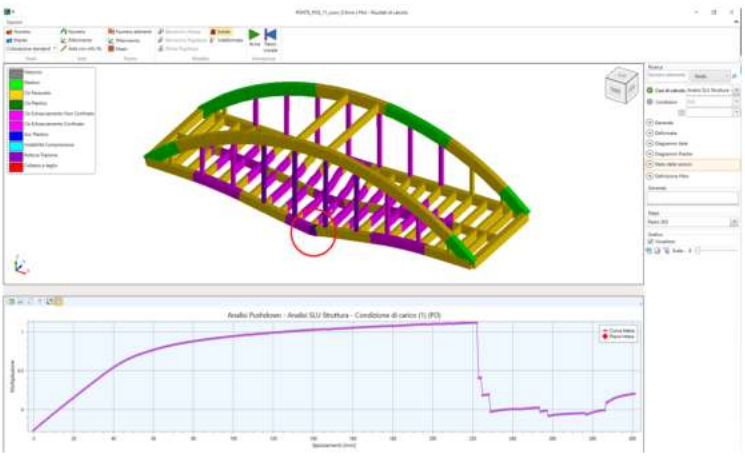








FaTA NEXT lo strumento ideale per le diverse soluzioni progettuali



www.stacec.com

STACEC

Disponibile il Plugin di esportazione per IDEA StatiCa®

novità

Acque potabili e riuso irriguo: la gestione dei rischi

ANNA LAURA EUSEBI
Professore associato di ingegneria sanitaria-ambientale presso l'Università Politecnica delle Marche

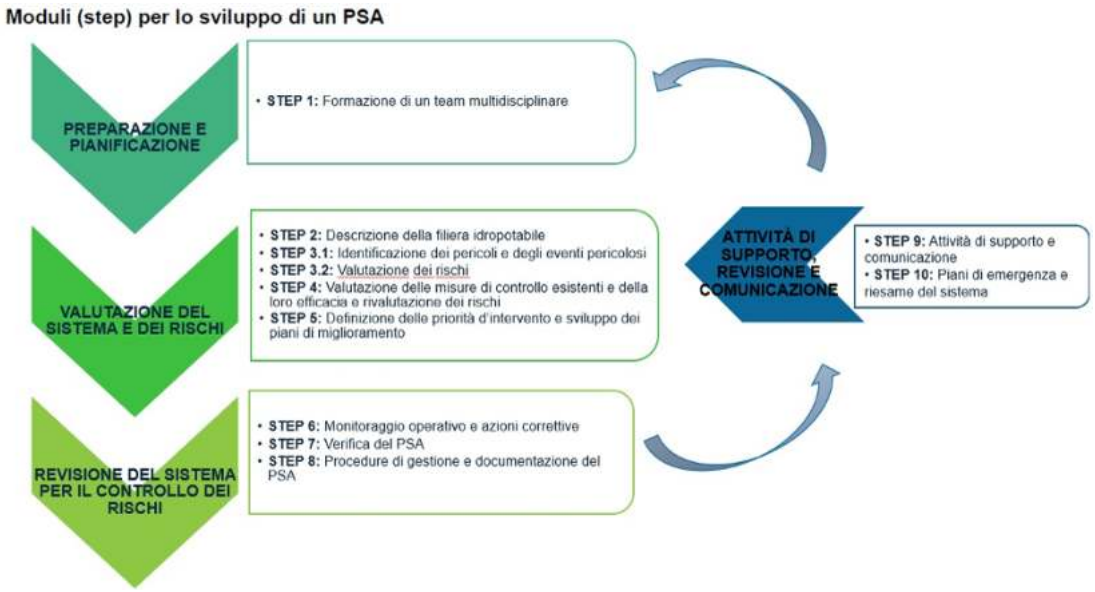
hanno collaborato **MASSIMILIANO SGROI, ALESSIA FOGLIA, GIOVANNA DARVINI, ALBERTO TAZIOLI**

Le nuove direttive europee e i relativi decreti nazionali, sia relativi alle **acque potabili** che al riutilizzo delle acque reflue, si incentrano, ad oggi, sempre di più, sul concetto di sviluppo, valutazione e verifica del rischio, sia ambientale che sanitario, come parametro chiave, di controllo, il più possibile quantitativo, tra il ruolo funzionale e gli aspetti di esercizio delle infrastrutture impiantistiche e tecnologiche e o, da un lato, la qualità delle acque potabili erogate o, dall'altro, le caratteristiche finali delle acque da riutilizzo prodotte.

Infatti, relativamente alle acque potabili, il D.Lgs 18/2023 in attuazione alla direttiva UE 2020/2184 stabilisce la necessità di verificarne l'erogazione controllando in modo olistico i rischi associati ad eventi pericolosi di diversa origine e natura, includendo quelli correlati ai cambiamenti climatici, alla protezione dei sistemi idrici e alla continuità della fornitura, oltre che alla qualità della fornitura in termini di inquinanti convenzionali o emergenti, sia associata alla filiera dell'idropotabile che alla distribuzione idrica interna.
In questo contesto, diventano nodali sia le implementazioni di approcci di quantificazione normalizzata della resilienza delle infrastrutture idriche, ai climi attuali e futuri, anche in linea con le linee guida dettate da Climate Adapt Infrastructures (https://climate-adapt.eea.europa.eu/en), sia la caratterizzazione chimico-fisica dei flussi erogati anche considerando l'interazione con reagenti chimici e materiali eventualmente utilizzati.
Inoltre, la direttiva 1787/2015 ha introdotto la necessità per gli stati membri di acquisire nella legislazione nazionale l'obbligatorietà da parte dei Gestori del Servizio Idrico Integrato di implementare ed adottare i **Piani di Sicurezza dell'Acqua** (PSA). I Piani hanno la finalità di attuare un approccio predittivo di valutazione e gestione del rischio, basato sull'analisi preventiva, sull'adozione di misure e sul controllo dell'efficacia dei provvedimenti adottati. Il metodo viene esteso a ciascuna fase della filiera idrica, dalla captazione fino all'utenza finale, per garantire la protezione delle risorse idriche e la riduzione di potenziali pericoli per la salute nell'acqua destinata al consumo umano, anche in base a specifiche linee guida di implementazione redatte dall'Istituto Superiore di Sanità (Rapporto ISTISAN 22/33).

In generale, le fasi operative di strutturazione del PSA prevedono:

- individuazione di aree o zone prioritarie rappresentative rispetto al sistema acquedottistico globale;
- ricostruzione e descrizione dei sistemi acquedottistici in termini infrastrutturali divisi in nodi funzionali principali anche con introduzione di indicatori numerici qualitativi e quantitativi;
- identificazione dei pericoli e valutazione dei rischi;
- determinazione e convalida delle misure di controllo;
- sviluppo e implementazione di un piano di azione e mitigazione dei pericoli;
- monitoraggio delle misure di controllo e mitigazione;
- preparazione delle procedure di gestione;
- verifica dell'efficacia delle procedure con pianificazione e revisione periodica dei piani.



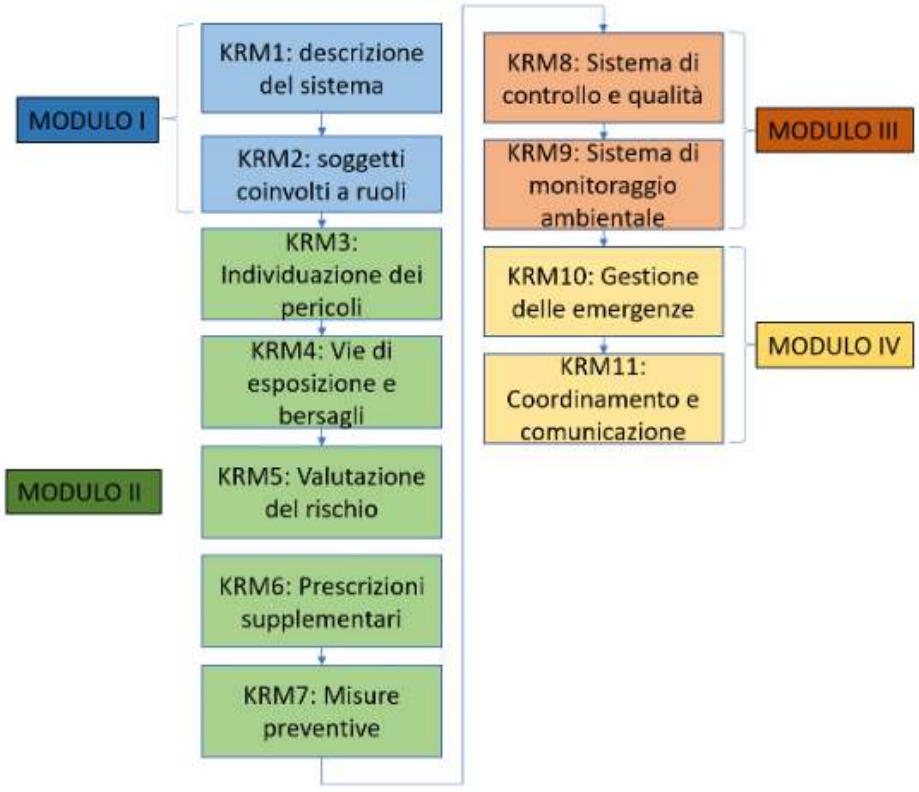
L'applicazione di questo approccio necessita di individuare e costruire un gruppo di lavoro interdisciplinare, che coordinato dal team leader, sappia in modo approfondito supportare le fasi di conoscenza della filiera idrica, della identificazione dei pericoli e della valutazione dei rischi. In tal senso è necessario, in primo luogo, identificare il contesto di applicazione del PSA, inteso come l'intero servizio o come porzioni rappresentative degli acquiferi e della filiera idrica complessiva. La scelta deve considerare gli aspetti normativi e autorizzativi, di pianificazione territoriale, di caratterizzazione geologica o idrogeologica dei territori e le infrastrutture idriche disponibili anche con il supporto di un'approfondita analisi dei dati storici. Tutti gli aspetti vanno sintetizzati ed associati a diagrammi di flusso o a schematizzazioni che possano in modo completo ed accurato evidenziare i nodi e gli internodi funzionali o le caratteristiche tematiche di sezioni specifiche della rete considerata. Inoltre, nelle generalità della costruzione del PSA, particolare attenzione va posta alla zonizzazione o mappatura di aree funzionalmente o operativamente omogenee identificando, in tal senso, quelle più vulnerabili o sensibili rientranti nel bacino/filiera analizzata, anche tramite elaborazione statistica dei parametri, soprattutto qualitativi, indicatori o dei dati storici disponibili. Tale analisi è implementabile, anche attraverso approcci di elaborazione statistica come quello dell'FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), in modo da assegnare un livello di rischio ad ogni parametro, così da poterlo correlare ad una periodicità di campionamento a supporto dello sviluppo contestualizzato di specifici piani di monitoraggio.

In secondo luogo, è necessario individuare le criticità, conosciute o sospette, presenti nella rete ed i relativi rischi o pericoli associati divisi tra analitici, infrastrutturali o della distribuzione (es. carenza qualitative chimico-fisiche dei flussi erogati, livello di qualità delle infrastrutture, livelli di falda e fenomeni siccitosi; variazioni dei flussi disponibili per fenomeni climatici o eventi straordinari, ad esempio, sismici o alluvionali). Successivamente è importante costruire una matrice di rischio che permetta di determinare la probabilità di accadimento pericoloso e la gravita delle sue conseguenze. Appare essenziale, in questa fase, definire una metodologia chiara ed univoca nel tempo per attuare l'approccio semi-quantitativo di valutazione numerica del singolo rischio individuato anche sulla base di riferimenti tecnico-normativi riconosciuti.
Al termine della costruzione della matrice di rischio è possibile specificare le procedure, le misure o i piani di manutenzione, di controllo, di miglioramento e di early warning, anche basati sull'utilizzo di parametri indiretti o di soft sensors, che possano permettere il monitoraggio e la mitigazione dei rischi individuati. Le misure, esistenti o aggiuntive, vanno validate secondo precise procedure o tempistiche, seguendo un dettagliato piano di monitoraggio che evidenzi limiti critici e azioni correttive. A seguito, il rischio iniziale va rivalutato per definirne il valore residuale. Successivamente al calcolo del rischio residuale, il PSA va implementato con l'individuazione delle priorità di intervento in termini di tempi, costi o impatti di realizzazione. La stesura del PSA implica la definizione o l'acquisizione di Procedure e Protocolli Standard Operativi sia per l'esercizio

ordinario che per le situazioni incidentali o di emergenza. La realizzazione di queste attività necessita, ovviamente, di una fase di acquisizione, comprensione e riorganizzazione della documentazione conoscitiva disponibile e di quella finale prodotta seguendo un approccio metodologico e strutturato che possa essere chiaro, replicabile e di semplice consultazione. In questo senso, tutti i documenti devono essere tracciati o resi reperibili secondo codificazioni standard che ne facilitino l'aggiornamento, l'archiviazione e la successiva fruizione anche tramite sistemi cloud.
Infine, il PSA deve permettere o prevedere azioni di supporto integrate con i Piani di Comunicazione aziendali e relative alla sensibilizzazione e divulgazione sociale e culturale, alla formazione degli operatori e al trasferimento delle informazioni agli enti esterni. Il PSA deve essere regolarmente aggiornato e revisionato a seguito di eventi, di modifiche sostanziali o di variazioni normative.

Con approccio innovativo, sono state sviluppate, anche dall'Università Politecnica delle Marche, metodologie di quantificazione di indici di vulnerabilità della rete di distribuzione che considerano sottocriteri fisici, operativo-gestionali e ambientali e indici aggregati di rischio che combinano le singole analisi di rischio delle diverse sezioni impiantistiche o infrastrutturali, anche in linea con la letteratura tecnicoscientifica[1]. Dall'altro lato, il concetto di rischio nel **riutilizzo delle acque reflue** è disciplinato limitatamente agli utilizzi ai fini irrigui in agricoltura, dal regolamento (UE) 2020/741 del Parlamento e del Consiglio europeo del 25 maggio 2020, recepito in maniera transitoria in Italia tramite l'art. 7 del D.L. 14 aprile 2023 n. 39, nonché per gli ulteriori usi dal D.M. 12 giugno 2003, n.185. In particolare, il DL 39/2023 stabilisce che ai fini del rilascio dell'autorizzazione al riutilizzo dell'acqua, il gestore deve predisporre un **piano di gestione dei rischi** predisposto dal gestore dell'impianto di depurazione in collaborazione con i responsabili del trasporto e dello stoccaggio delle acque reflue. Scopo del piano di gestione dei rischi è quello di proteggere la salute umana e l'ambiente dall'esposizione a potenziali contaminanti presenti nelle acque reflue trattate, e allo stesso tempo di promuovere un riutilizzo dell'acqua depurata sicuro che aiuti a promuovere un uso efficiente delle risorse idriche disponibili e contribuisca alla riduzione della pressione sui corpi idrici.

I contenuti del piano di gestione dei rischi vengono dettagliati nell'allegato A del DL 39/2023 e riportano quanto già specificato dalle norme tecniche elaborate dal JRC e dagli atti delegati al regolamento EU 741/2020.



[1] *doi:10.2166/ws.2022.342; https://www.waterboards.ca.gov/drinking_water/certlic/drinkingwater/documents/needs/results_and_methodology_public_water_systems.pdf*

In particolare, il piano di gestione dei rischi adotta un approccio sistematico basato su un'analisi strutturata del sistema di riutilizzo dell'acqua, l'individuazione dei potenziali pericoli ed eventi pericolosi (oltre alle popolazioni e agli ambienti a rischio e alle relative vie di esposizione) e la pianificazione, se del caso, di eventuali misure preventive e barriere per gestire e attenuare i rischi esaminati. I rischi da valutare vanno differenziati in un'analisi di rischio ambientale e in un'analisi di rischio per la salute umana.

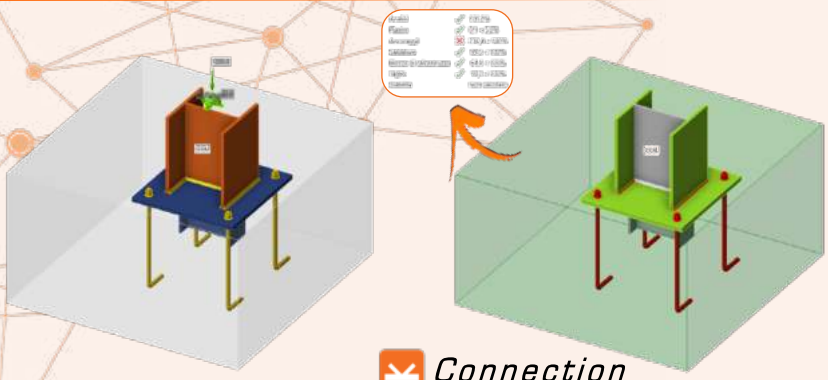
L'Università Politecnica delle Marche ha di recente sviluppato una metodologia per la valutazione dei rischi utilizzando un approccio che si basa su osservazioni in campo e analisi di parametri analitici e che permette di ottenere un giudizio/classificazione del rischio di tipo oggettivo. Casi studio sviluppati dall'Università Politecnica delle Marche sono stati inseriti nella guida tecnica elaborata dal JRC. In base all'approccio proposto, ciascun evento pericoloso evidenziato deve essere adeguatamente registrato attraverso l'uso della Matrice di Rischio (MdR), la quale deve riassumere in modo chiaro e schematico tutte le informazioni e valutazioni relative al sistema di riutilizzo in esame. In particolare, ai fini della valutazione dei rischi risultano molto utili, riprendendo le metodologie già consolidate nel potabile, la compilazione di check-list, le quali mediante ispezione permette di annotare informazioni utili per valutare lo stato funzionale delle apparecchiature e processi di trattamento oltre che allo stato dei sistemi di distribuzione, e l'analisi dei dati di monitoraggio e di conformità normativa anche attraverso applicazione del metodo FMEA. Tramite tali analisi è possibile identificare la presenza di parametri analitici e microbiologici da attenzionare per la gestione dei rischi. Infine, le verifiche funzionali dell'impianto di depurazione e affinamento aiutano ad individuare possibili criticità all'interno del processo depurativo.

Il piano di gestione dei rischi deve includere inoltre, disposizioni in materia di comunicazione e cooperazione tra le parti coinvolte, al fine di garantire che, ove necessario, siano adottate e notificate azioni correttive. Gli elementi principali del piano di gestione dei rischi (Key Elements of Risk Management – KRM) costituiscono la base per garantire che le acque affinate siano utilizzate e gestite in modo sicuro al fine di proteggere la salute umana e animale e l'ambiente.
Il DL 39/2023 regolamenta unicamente il riutilizzo dei reflui affinati in agricoltura, per altri tipi di riutilizzo resta valido cosa stabilito dal DM 185/2003, il quale fissa dei limiti senza differenziazioni per la tipologia di riuso. I limiti indicati dal DM 185/2003 sono tuttavia molto restrittivi, ed in particolare quelli relativi al controllo dei parametri microbiologici. A tal proposito, limiti diversi per tipologia di riuso sono stati proposti nella nuova bozza di decreto nazionale per il riuso, già vigente in Sicilia mediante l'approvazione del Decreto Attuativo n. 6/GAB del 6 Febbraio 2024, il quale differenzia il riutilizzo delle acque reflue urbane affinate ai fini irrigui, ai fini industriali, ai fini civili e ai fini ambientali. Scenari di rischio differenti dovranno allora essere definiti per ognuna delle diverse tipologie di riuso durante la redazione dei diversi piani di gestione dei rischi.

IDEA StatiCa® Detail

Il nuovo strumento rivoluzionario per la progettazione 3D

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

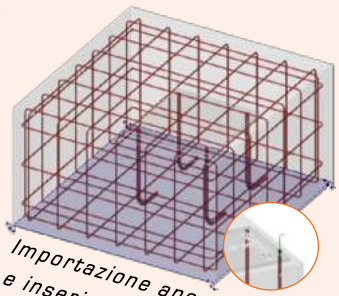


Link BIM diretto tra Connection & Detail

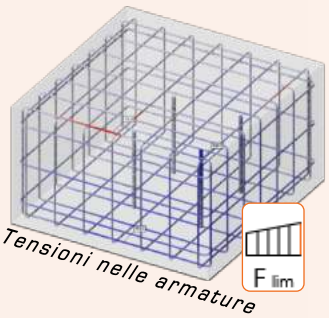
Verifiche complete del blocco di fondazione con IDEA Detail

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.

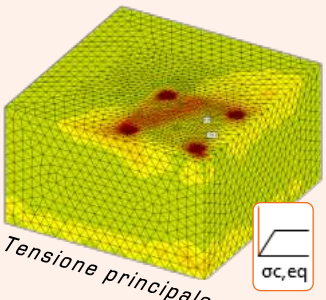
Gli ancoraggi che potrebbero non risultare verificati in **IDEA Connection** a causa della non considerazione dell'armatura del blocco di calcestruzzo non saranno più un problema.



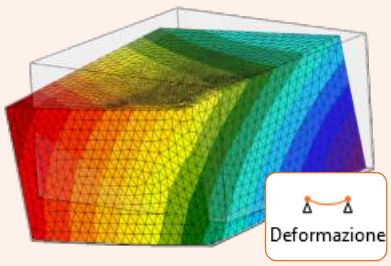
Importazione ancoraggi e inserimento armatura

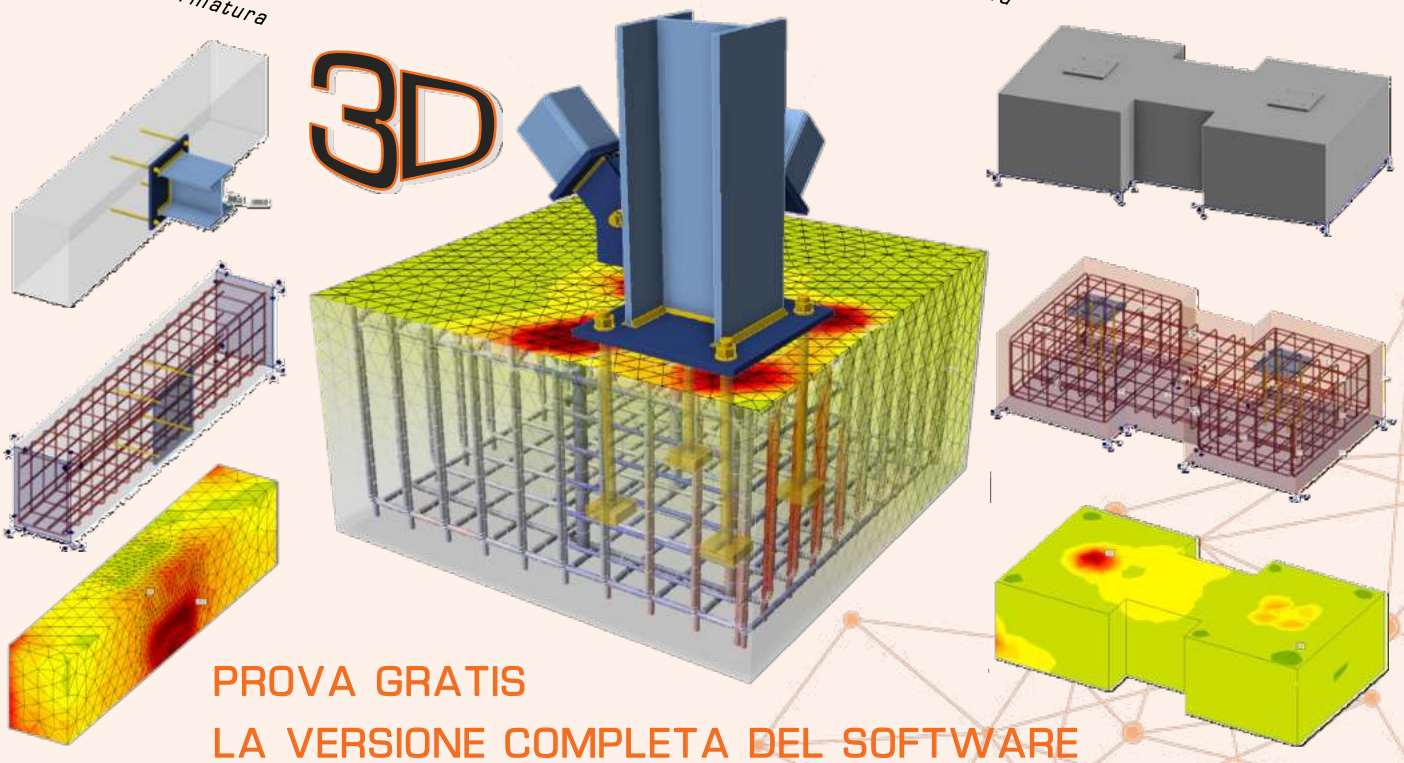


Tensioni nelle armature



Tensione principale effettiva





PROVA GRATIS
LA VERSIONE COMPLETA DEL SOFTWARE

EISEKO
software for building
www.eiseko.it

INQUADRA IL QRCODE 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

Idroelettrico: fonte rinnovabile e volano per le imprese italiane

PAOLO TAGLIOLI
Direttore Generale di Assoidroelettrica

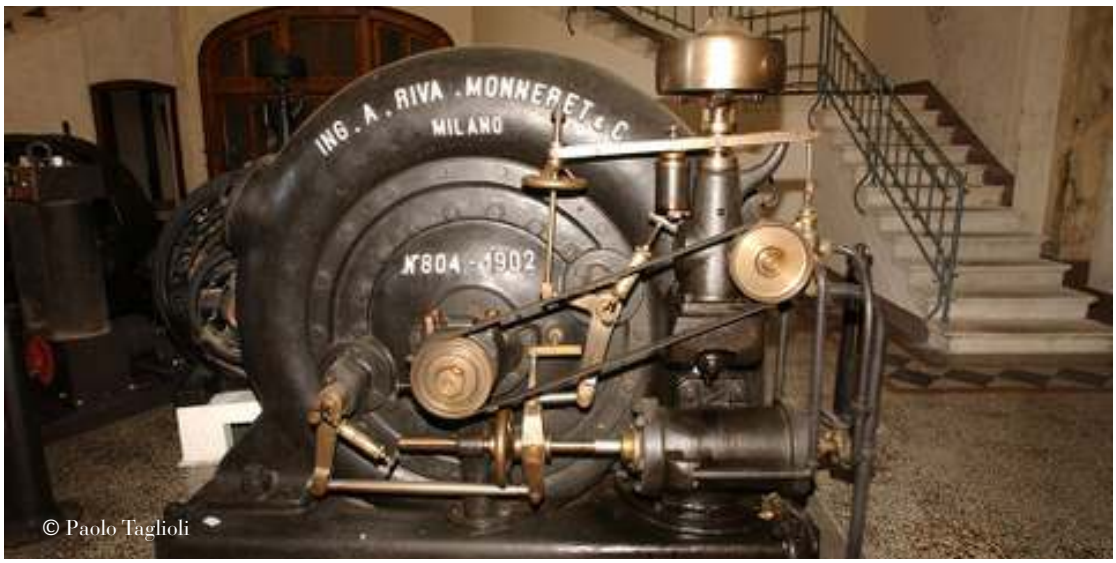
Pochi sanno che quando furono ri-perimetrati i confini nazionali, una persona illuminata quale fu Alcide De Gasperi riuscì a mantenere i territori dell'Alto Adige, sostenendo che da lì si otteneva il 25% della produzione elettrica nazionale senza la quale le nostre imprese non avrebbero potuto poi dare luogo a quel boom industriale ed economico che da lì a breve avrebbe fatto fiorire come mai prima il benessere delle famiglie italiane.
Non è stata altrettanto longeva la prospettiva del petrolio facile e nemmeno quella del nucleare. La produzione dall'atomo negli anni ha rivelato tutte le sue criticità: ce lo dimostra la situazione che caratterizza gli impianti in Francia – ormai a fine vita operativa e sempre più fermi per importanti manutenzioni – piuttosto che le scelte prese da altri paesi quali la Germania, dove si prevede lo stop.
Allo stato attuale il pacchetto migliore in termini di energia elettrica è dato da un mix di fonti che vede alla base la solidità nonché la flessibilità del gas, alla quale affiancare quale imprescindibile alleato quel mix di fonti rinnovabili per le quali l'Italia ha manifestato grande vocazione. L'idroelettrico è indubbiamente quella più pregiata perché è l'unica fonte altamente prevedibile (per gli impianti ad acqua fluente) e programmabile (per gli impianti a bacino o serbatoio). Se gli impianti a bacino sono assai efficaci per modulare giornalmente e quindi valorizzare la risorsa sulla base della domanda in borsa, i serbatoi riescono ad accumulare l'acqua, conservandola per la stagione successiva. Basti pensare alle abbondanti fusioni primaverili delle nevi per soddisfare la richiesta di energia in estate, quando fa caldo, del sempre crescente numero di condizionatori che richiede sempre più energia. Agli oltre trecento grandi impianti idroelettrici si affiancano i circa quattromila tra media e piccola dimensione. Anche le mini centrali che sfruttano la portata istantanea transitante in alveo, riescono comunque a ricavarsi un importante ruolo sul mercato in quanto la loro prevedibilità che, a differenza dell'intermittenza che caratterizza altre fonti, consente loro di allocare l'energia sul mercato del giorno



© Paolo Taglioli


© Paolo Taglioli

prima (MGP) con estrema precisione, valore che può raggiungere il 97-99%. A fronte di tali pregi il comparto è messo a dura prova da quello che in Italia rappresenta il vero e proprio rovescio della medaglia, ovvero, una grande incertezza normativa che si intreccia con sempre maggiori vincoli burocratici. L'Italia è oggi l'unico paese europeo che ritiene di avviare procedure competitive per la riassegnazione delle concessioni, ciò in contrasto con quella reciprocità che dovrebbe caratterizzare i rapporti tra gli stati membri. Molto apprezzato è il lavoro del ministro dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, Gilberto Pichetto Fratin, che sta cercando strade alternative rispetto a nefaste scelte del passato. Difficoltà a procedere nello sterro degli invasi, criteri sempre più stringenti nell'applicazione di deflussi ecologici, più che discutibili fermi estivi, limitano la valorizzazione della produzione idroelettrica italiana. Il quadro normativo incerto rende oggi meno sfidante l'efficientamento dei componenti elettromeccanici. Nel complesso circa 15 miliardi di euro nel settore sono bloccati. Si tratta di attività riconducibili ad una filiera completamente nazionale che più di ogni altra contribuirebbe alla valorizzazione non solo della produzione energetica ma darebbe lavoro alle famiglie sosterrebbe il PIL. Preme ricordare come i vantaggi dell'idroelettrico sono molteplici e tra questi un ruolo da protagonista lo ha sicuramente nella lotta al dissesto idrogeologico e nella mitigazione del rischio idraulico. I produttori idroelettrici sono di fatto le prime sentinelle di fiumi e torrenti nonché dei versanti su cui insistono le centrali. Basti pensare a tutti quei tronchi fermati dalle dighe



© Paolo Taglioli


© Paolo Taglioli

in occasione della tempesta Vaia, alberi che diversamente avrebbero potuto abbattere pile di ponti cagionandone il crollo. Canali storici hanno sede su quei versanti che in continuo sono monitorati vedendo costanti interventi di consolidamento, di regimazione delle acque superficiali. Stesso discorso vale per tutte le aree interessate dal passaggio delle condotte. Inoltre, anche le semplici vasche di carico rappresentano punti strategici per il prelievo di acqua ad opera delle flotte aeree impiegate nel servizio di antincendio, in contesti nei quali il cambiamento climatico dà luogo a periodi siccitosi sempre più prolungati, tali da favorire l'insorgenza di roghi. Altro ruolo prestigioso degli invasi idroelettrici è quello di accumulo di risorsa utile ai fini idropotabili e irrigui. Quella idroelettrica è dunque quella fonte rinnovabile che più di ogni altra si inserisce in modo sostenibile nei territori, soprattutto in quelli montani, fornendo a trecentosessanta gradi un servizio alla collettività, dando sicurezza alle popolazioni locali, occupazione, riducendo la dipendenza energetica dall'estero, in scenari che sono e saranno sempre più competitivi e dove l'energia elettrica rappresenta il principale motore della nostra industria. L'auspicio è che da parte delle istituzioni si possa riuscire a coniugare l'esigenza di tutela ambientale con quella della valorizzazione della pregiata fonte idroelettrica così da garantire energia pulita a prezzo congruo alle imprese del settore manifatturiero, non solo a quelle energivore ma a tutte. In molti casi, in borsa, a far lievitare il prezzo dell'energia è la mancanza di quel quantitativo minimo di energia di pronta disponibilità: grazie anche alla modulazione da idroelettrico, potrebbe risultare oggi più vantaggioso che se affidato al gas.


© Paolo Taglioli

LEADER INTERNAZIONALE IN **SOFTWARE**
E **SERVIZI PER L'INGEGNERIA**



Rimani sempre aggiornato!
Scopri novità e offerte continue sul nostro sito.
www.geostru.eu

GeoStru

La soluzione definitiva ai più complessi problemi progettuali della tua professione.

I software Geostru per l'ingegneria uniscono efficienza nel calcolo ad una estrema semplicità di utilizzo per ottenere la massima produttività.

Aggiornamenti continui ed assistenza dedicata con professionisti del settore rendono Geostru una delle principali compagnie a livello mondiale.









Scopri tutti i nostri software per
Strutture | Geotecnica | Idrologia | Idraulica | Energia

Guadagna con Geostru, ora puoi avere dei crediti nel tuo account che ti consentono di risparmiare sui tuoi prossimi acquisti.

Per i lettori della rivista
SCONTO DEL 30%
Inquadra il QR code per il codice sconto

www.geostru.eu

A CURA DI PPAN

LA SOVRANITÀ DELL'ACQUA SOTTO LA LENTE DELL'URUGUAY

Alla **Biennale Architettura 2025**, l'Uruguay presenta **53,86% Uruguay, país agua**, un progetto che pone la sovranità dell'acqua al centro del dibattito architettonico globale. Curato da **Sei Fong**, il padiglione esplora l'acqua non solo come risorsa, ma come elemento strutturante per territorio, cultura e geopolitica. In un'epoca di crisi climatica, l'acqua diventa protagonista di un ripensamento urbano e ambientale profondo, segno distintivo dell'identità uruguayana.





© SEI FONG Studio

Cambiamento climatico e acqua potabile, all'isola d'Elba un dissalatore

MICHELE DEL CORSO
Direttore ASA Livorno

hanno collaborato **LORENZO MARESCA, CHIARA CUSENZA, VALTER CAMMELLI, MIRCO BRILLI, STEFANO TADDIA, CAMILLO PALERMO**

Il ruolo dell'ingegnere deve sapersi evolvere per restare in armonia con il contesto socioeconomico, con il momento storico e con gli impatti che le opere dell'ingegno possono avere sul territorio. Negli ultimi anni, preso atto di queste mutazioni, il legislatore ha ben compreso come i Criteri Minimi Ambientali e il DNSH (do not significant harm) - di chiara espressione comunitaria - debbano essere presenti fin dalle prime fasi della progettazione. Già nel DIP (documento di indirizzo alla progettazione) introdotto dal Nuovo Codice Appalti D.Lgs. 36/2023 con l'allegato I.7 art. 3, le specifiche tecniche contenute nei criteri ambientali minimi e gli indirizzi generali per la progettazione del monitoraggio ambientale si mescolano con gli obiettivi da perseguire attraverso la realizzazione dell'intervento oltre ad ogni ulteriore aspetto tecnico ed economico. Il dissalatore di Mola, presso l'isola d'Elba, nasceva nel 2016 tenendo già conto di questi principi. La necessità di un dissalatore a servizio dell'isola è anch'essa conseguenza del cambiamento climatico. Il complessivo peggioramento della qualità delle acque di falda della Val di Cornia, legate al fenomeno del cuneo salino, falde che alimentano la condotta sottomarina che porta l'acqua sull'isola, sono un campanello di allarme che da anni preoccupa il gestore ASA, Azienda Servizi Ambientali Spa.

Il sistema di approvvigionamento idrico dell'isola d'Elba è infatti attualmente costituito da una condotta sottomarina in acciaio (API 5LX grade X-65) di diametro 406 mm con un rivestimento esterno di 14.30 mm di spessore e lunga 27 km di cui 24 in immersione. Tale condotta, che collega la costa toscana (Approdo Perelli a sud di Piombino) alla isola d'Elba nel comune di Rio Marina, è stato completato nell'anno 1986 e collaudato nell'ottobre 1989.

La condotta sottomarina, in grado di trasportare al massimo 160 l/s, contribuisce in maniera determinante a garantire il soddisfacimento della richiesta idropotabile dell'isola. Tale condotta ha però oramai esaurito il tempo di vita utile e pertanto l'ipotesi di un nuovo scenario di assenza del contributo della condotta e il progressivo deteriorarsi della qualità delle acque hanno spinto il Gestore ad intervenire con decisione. Un importante contributo al sistema idrico potabile dell'isola è dato dai campi pozzi (circa 50 pozzi dislocati sul territorio) che riescono a produrre circa 80 l/s. Modesto invece il contributo delle sorgenti. Se scendiamo nel dettaglio, scopriamo che attualmente la risorsa idropotabile distribuita all'Elba, pari a c.ca 6 Mil mc/anno, si ripartisce in un 60% proveniente dalla condotta sottomarina (c.ca 3,6 Mil mc/anno) ed in un 40% di risorse locali (c.ca 2,4 Mil mc/anno). Le portate della condotta oscillano tra un minimo di 90 l/s (feb-mar) ed un massimo di 140 l/s (agosto). Le portate prelevate localmente oscillano tra i 37 l/s di dicembre ed i 101 di agosto.
La scelta progettuale nel suo complesso, in coerenza con il Piano di ambito Toscano e con l' accordo di Programma 2011 (accordo per la definizione di un programma di interventi urgenti finalizzato al miglioramento della qualità dell'acqua potabile nel territorio

dell'ATO 5), è stata quella di andare a realizzare un impianto di dissalazione con potenzialità di produzione di 80 l/s di acqua potabile e successivamente valutare ipotesi progettuali alternative per l'integrazione degli ulteriori 80 l/s necessari al fabbisogno di punta dell'isola: tra le possibilità per l'integrazione della risorsa si valuterà anche la possibilità di realizzare una nuova condotta sottomarina su un percorso più breve rispetto all'attuale o di integrare la dissalazione con un ulteriore impianto. Questa valutazione è rimandata allo studio di fattibilità del secondo lotto da 80 l/s e alle conseguenti analisi delle alternative.
La oramai consolidata cultura di prevenzione dei rischi ambientali del gestore obbliga però, prima ancora di analizzare gli aspetti tecnici, a fare una valutazione dei rischi connessi, primo tra tutti lo scarico della salamoia. Come noto, infatti l'aumento di salinità provoca effetti dannosi soprattutto per le specie stenoaline, ovvero quelle sensibili alla variazione di salinità. Per un intero anno, il gestore si interroga sulle possibili soluzioni di mitigazione degli effetti dell'aumento di salinità in prossimità dello scarico in modo da proteggere le fanerogame marine, come la Posidonia oceanica che, circonda l'isola dell'Elba con le sue praterie. Parimenti si decide di segregare e trattare separatamente le sostanze chimiche e gli additivi utilizzati per il funzionamento dell'impianto. Molti gli accorgimenti tecnici utilizzati, a partire dalla progettazione dei pretrattamenti in grado di operare senza aggiunta di coagulanti e flocculanti. Una volta compreso come trattare lo scarico della salamoia è seguito il resto. L'impianto di dissalazione per acqua di mare in progetto avrà una potenzialità pari a 6.912 metri cubi al giorno, con una portata continua non inferiore a 288 mc/h (80 l/s). In considerazione della forte fluttuazione della popolazione presente sull'isola, fra il periodo invernale ed il periodo estivo, conseguente alla spiccata vocazione turistica della zona, il layout di tutte le sezioni di trattamento del nuovo dissalatore saranno sviluppate su 4 linee operanti in parallelo, ciascuna in grado di garantire una produzione di permeato pari a 1.728 metri cubi al giorno (72 mc/h); tale scelta consente di conseguire, da un lato una maggiore flessibilità operativa al variare delle esigenze idriche stagionali e, dall'altro, di poter effettuare gli interventi di manutenzione senza dover interrompere l'intera produzione.
La filiera di trattamento dell'impianto sarà articolata sulle seguenti sezioni:

- disinfezione di copertura
- filtrazione multi-media su filtri in pressione
- neutralizzazione degli agenti disinfettanti
- dosaggio di un antiscalant
- filtrazione a cartuccia di sicurezza 5 µm
- osmosi inversa su membrane a spirale avvolta
- miscelazione del permeato con l'acqua di pozzo e/o dorsale
- correzione del pH del permeato prima dell'immissione in rete

Poiché le membrane ad osmosi inversa sono soggette ad un'ampia varietà di fenomeni di fouling, sia di tipo organico sia inorganico, occorre introdurre, a monte dei sistemi RO, pretrattamenti affidabili, che siano in grado di produrre un flusso in alimentazione alle membrane qualitativamente migliore. In questo modo si hanno delle prestazioni ottimali da parte delle membrane stesse, indipendentemente dalle eventuali variazioni di torbidità dell'acqua di mare in ingresso.
Per ottenere le migliori prestazioni è stato scelto di utilizzare membrane prodotte con nanocomposito a film sottile (TFN) migliorato, in modo da ottenere livelli di rigetto salino del 99,89% e migliorare la qualità del prodotto fino al 45% rispetto alla tecnologia convenzionale. Grazie all'elevata reiezione salina e reiezione del boro, si ottengono i seguenti vantaggi:

- qualità del permeato migliore senza aumento di pressione operativa
- riduzione dei costi energetici senza ridurre la qualità del permeato.

Il trattamento osmotico viene realizzato con membrane a spirale avvolta da 8" di diametro e 40 di lunghezza in poliammide ad alta reiezione di boro. Ciascuna linea di dissalazione sarà dotata di una coppia di pompe di alimento ad alta pressione, che, unitamente alla sezione di recupero di energia, saranno in grado di fornire all'acqua in arrivo dai pretrattamenti la pressione necessaria a superare il successivo trattamento a osmosi inversa. La scelta progettuale relativa al gruppo di sollevamento ad alta pressione e relativo recuperatore energetico è ricaduta sul sistema di pompaggio volumetrico, meglio descritto di seguito, con l'obiettivo di minimizzare i consumi energetici. La gamma di pompe ad alta pressione prevista è progettata per l'uso in impianti di Osmosi Inversa, in applicazioni con bassa viscosità e fluidi corrosivi come l'acqua di mare. Le pompe ipotizzate sono pompe a pistoni assiali che muovono un quantitativo fisso di acqua in ogni ciclo. A differenza delle pompe centrifughe, il flusso è quindi proporzionale al numero di giri dell'albero di entrata (rpm); le pompe producono lo stesso

flusso di acqua a una determinata velocità, non importa quale sia la pressione di lavoro, la temperatura e la viscosità del fluido.
La tecnologia a pistoni presenta una modalità di controllo molto più semplice, essendo la portata indipendente dalla temperatura dell'acqua. Una volta fissata la portata richiesta e selezionato il modello della pompa, la velocità di rotazione (rpm) è facilmente regolabile tramite inverter. Infatti, il flusso può essere modificato cambiando la velocità di rotazione della pompa.

I dispositivi di recupero energetico (ERD) vengono utilizzati in sistemi di osmosi inversa (RO) per recuperare la pressione presente nello scarico del concentrato, trasferendola nuovamente all'acqua in Ingresso. I dispositivi ipotizzati per il recupero dell'energia sono costituiti da uno scambiatore di pressione isobarico combinato con una pompa volumetrica in una sola unità compatta. La pompa booster ad alta pressione si basa sul principio della pompa volumetrica a palette che consente un design molto leggero e compatto. In queste il flusso è proporzionale al numero di giri (rpm) dell'albero motore - consentendo un facile controllo del flusso. Nelle normali condizioni operative della sezione ad osmosi inversa, si assisterà ad una progressiva riduzione del permeato prodotto, o ad una riduzione della reiezione salina da parte delle membrane (o entrambi questi fenomeni), principalmente a causa del progressivo deposito di precipitati di origine minerale o depositi di materiale biologico sulla superficie delle membrane. La frequenza degli interventi di lavaggio chimico delle membrane sarà fortemente dipendente dalle caratteristiche dell'acqua in alimentazione, dall'efficienza dei pretrattamenti e dalle condizioni operative della sezione di dissalazione ad osmosi inversa stessa. Si prevedono interventi di lavaggio chimico delle membrane a cadenza semestrale o annuale, con possibili variazioni nelle quattro diverse linee in funzione dell'effettivo numero di giorni di esercizio.

Per concludere, una nota sugli aspetti ambientali citati in premessa: dopo una prima fase di analisi delle caratteristiche della Posidonia oceanica, sui fattori di influenza, di crescita, di riproduzione e dopo aver analizzato il fondo marino con varie tecnologie, dal Side Scan Sonar, Multibeam, sopralluoghi dei sommozzatori, ecc., si è proceduto a testare i trapianti di talee di Posidonia oceanica e di Pinna nobilis di cui riportiamo alcuni significativi monitoraggi. Tutto ciò ha permesso di individuare le migliori tecnologie per l'ancoraggio al fondo delle talee di Posidonia oceanica che ha portato nell'autunno del 2024 ad un trapianto di oltre 1.200 mq come misura di compensazione delle aree soggette a potenziale danno legato alla impronta delle condotte. Sia la condotta di aspirazione di acqua di mare, in acciaio gunitato DN 600, sia la condotta di scarico, in acciaio gunitato DN 500 attraversano una prateria estesa 1.000 metri. Per minimizzare l'impatto, la condotta di scarico della salamoia si estende ben oltre il limite inferiore del posidonieto andando a scaricare ad una profondità di 42 m slm ad una distanza dalla costa di oltre 1.600 metri. Terminate le opere a terra, nell'autunno del 2025 si conta di concludere anche le opere a mare in modo da collaudare e mettere in funzione l'impianto.


Condotta a mare © Asa Livorno



Cellule bagno prefabbricate

per edilizia off-site

Prefabricated bathroom pods
modular off-site construction

1 Progettazione e assemblaggio



2 Industrializzazione del cantiere



3 Complete di sanitari, rivestimenti e finiture di alta qualità



4 Impiego in hotel strutture ricettive ospedali, condomini centri commerciali



unimetal-pods

Torre San Giorgio (CN) - Via Circonvallazione Giolitti, 92
unimetal@unimetal.net - Numero Verde 800577385
www.bathroompods.eu

Il sistema RQTI per regolare la qualità tecnica nel settore idrico

ANDREA GUERRINI
Componente di ARERA e Vice-Presidente di WAREG

MARIA GIOVANNA MONTALBANO
Funzionario dell'Autorità di regolazione per energia, reti e ambiente

Il sistema di Regolazione della Qualità Tecnica del servizio Idrico integrato (RQTI) è stato introdotto da ARERA con la delibera 917/2017/R/idr dopo un articolato processo di consultazione e qualche anno dopo rispetto all'attribuzione dei poteri di regolazione e controllo in materia di usi civili della risorsa idrica a una Autorità indipendente. La regolazione della qualità si applica ai gestori del servizio idrico integrato e ha rivoluzionato il management delle risorse idriche in Italia introducendo un sistema di misurazione multi-indicatore associato a un meccanismo incentivante di premi-penalità. Gli indicatori di qualità tecnica sono, inoltre, considerati nell'ambito delle approvazioni tariffarie e, dal 2021, sono resi pubblici in formato Tableau, rappresentando la prima esperienza di sunshine regulation (i.e. "regolazione alla luce del sole") nel nostro Paese. Il sistema regolatorio è stato ulteriormente affinato e rafforzato con la delibera 637/2023/R/idr che, nell'ambito degli strumenti volti a mitigare gli effetti del *climate change*, ha introdotto l'innovativo indicatore "M0" volto a misurare la resilienza idrica.

Di seguito, si vuole offrire un'analisi dei principali aspetti tecnici di questo sistema regolatorio.

Prerequisiti: la base del sistema RQTI
Prima di affrontare i macro-indicatori specifici, il sistema RQTI definisce quattro prerequisiti fondamentali che costituiscono condizioni necessarie per l'accesso ai meccanismi incentivanti:

- **Disponibilità e affidabilità dei dati di misura dei volumi:** accerta la presenza di misuratori funzionanti nei punti di prelievo/consumo dei sistemi idrici ai fini del calcolo dell'indicatore perdite idriche. Criticità in questo ambito impediscono la corretta quantificazione dei bilanci idrici.
- **Conformità alla normativa sulla qualità dell'acqua potabile**: verifica del rispetto del decreto legislativo n. 18 del 2023 recante "Attuazione della direttiva (UE) 2020/2184 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 16 dicembre 2020, concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano". La non conformità implica rischi sanitari per l'utenza e costituisce violazione degli obblighi di servizio.
- **Conformità alla normativa sulla gestione delle acque reflue**: esclude dal meccanismo i gestori operanti negli agglomerati oggetto delle condanne della Corte di Giustizia Europea e non ancora dichiarati conformi con la direttiva 91/271/CEE (rivisitata dalla Direttiva (UE) 2024/3019 concernente il trattamento delle acque reflue urbane). La non conformità – censurata anche a livello europeo con molteplici procedure di infrazione a carico dell'Italia - comporta impatti ambientali significativi sui corpi idrici ricettori.
- **Disponibilità e affidabilità dei dati di qualità tecnica**: il gestore deve disporre di un sistema per la raccolta, validazione e conservazione dei dati necessari al calcolo degli indicatori necessari al calcolo degli indicatori. La carenza in questo ambito comporta l'impossibilità di quantificare correttamente le performance tecniche.

Il mancato rispetto dei prerequisiti comporta l'esclusione dal meccanismo incentivante ma, laddove tale mancanza riguardi solo una parte dei macro-indicatori, è possibile fare istanza per essere valutati per i macro-indicatori rimanenti.

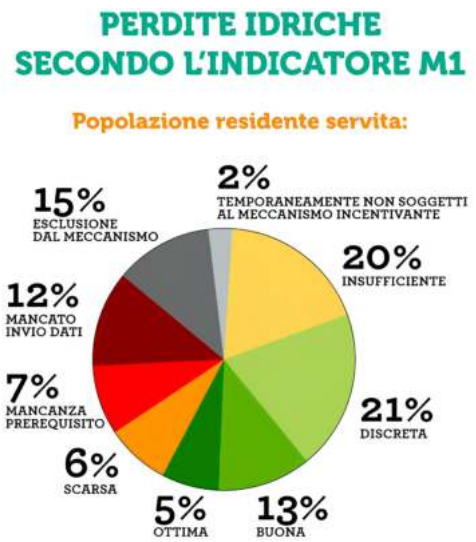
Gli indicatori RQTI: parametri tecnici di riferimento

Il sistema si basa su sette macro-indicatori che costituiscono lo scheletro della valutazione tecnica dei gestori:

M1 - Perdite idriche
L'indicatore integra due misurazioni complementari:

- M1a (perdite lineari): volume perdite/km rete/giorno
- M1b (perdite percentuali): volume perdite/ volume immesso

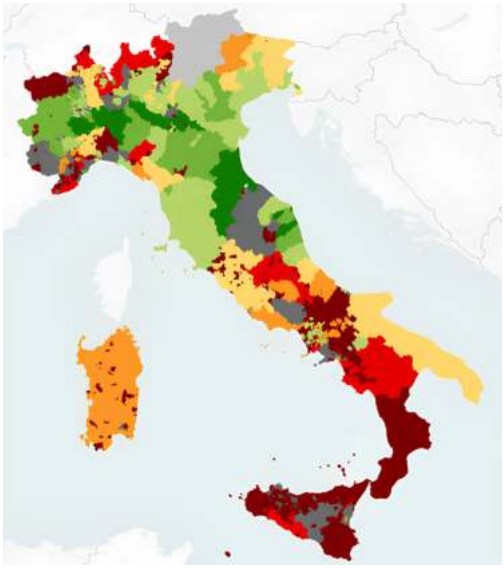
La riduzione delle perdite idriche è una priorità in Italia. I valori a livello nazionale si attestano intorno al 41%, con valori medi più elevati nelle aree del centro-sud e più contenuti al nord.



M2 - Interruzioni del servizio è calcolato come: **Σ** (durata interruzioni × utenti coinvolti)/utenti totali). Questo indicatore è fortemente correlato all'efficacia della manutenzione preventiva e alla ridondanza dei sistemi.

M3 - Qualità dell'acqua erogata è articolato in tre sotto-indicatori:

- M3a: incidenza delle ordinanze di non potabilità
- M3b: percentuale di campioni non conformi
- M3c: percentuale di parametri fuori standard



L'indicatore richiede un'integrazione tra monitoraggio continuo e campionamenti specifici.

M4 - Adeguatezza sistema fognario comprende:

- M4a: frequenza degli allagamenti/ sversamenti
- M4b: adeguatezza normativa scaricatori di piena
- M4c: controllo degli scaricatori

Questo indicatore è in grado di rilevare anche le criticità nella gestione delle acque meteoriche, richiedendo interventi strutturali significativi.
M5 - Smaltimento fanghi in discarica misura percentuale dei fanghi smaltiti in discarica rispetto ai fanghi prodotti, incentivando soluzioni di economia circolare come il riutilizzo in agricoltura o la valorizzazione energetica.

M6 - Qualità dell'acqua depurata misura la percentuale di campioni non conformi ai limiti normativi, focalizzandosi sull'efficienza dei processi di depurazione. Come anticipato in premessa, nel 2024 è stato introdotto l'indicatore **M0 – Resilienza idrica.**

Questo indicatore è volto a monitorare "*l'efficacia attesa del complesso sistema degli approvvigionamenti a fronte delle previsioni in ordine al soddisfacimento della domanda idrica nel territorio gestito*". Si compone di due sotto-indicatori:

- M0a: Resilienza idrica a livello di gestione del servizio idrico integrato
- M0b: Resilienza idrica a livello sovraordinato





La misurazione del sotto-indicatore M0a è avviata a partire dal 2024, mentre per l'M0b – che coinvolge anche altri soggetti pubblici e privati non regolati – è in corso una fase di sperimentazione.

Classi di appartenenza e meccanismo incentivante

Per ciascun macro-indicatore, i gestori sono classificati in classi (A-E) con obiettivi di miglioramento differenziati. I gestori in classe A devono mantenere le prestazioni raggiunte, mentre quelli nelle classi inferiori devono conseguire miglioramenti percentuali predefiniti e fissati con una logica incrementale, al fine di favorire il riavvicinamento delle prestazioni; di conseguenza, a classi più elevate (performance peggiori) corrisponde un obiettivo più sfidante. Il sistema prevede premi/penalità basati sui risultati ottenuti, attingendo da un fondo alimentato da una componente tariffaria perequativa. L'implementazione della RQTI ha rappresentato un importante catalizzatore per l'innovazione tecnologica nel settore idrico. Per affrontare le sfide ingegneristiche emerse, i gestori hanno dovuto sviluppare e adottare soluzioni tecniche sempre più sofisticate. Per una effettiva implementazione del sistema RQTI occorrono ulteriori sforzi per superare le carenze nei sistemi di misura e accrescere gli investimenti, in considerazione dell'eterogeneità dei contesti territoriali.
Le prossime sfide tecnico-regolatorie riguardano l'integrazione del sistema nell'ambito dei meccanismi di misurazione della resilienza ai cambiamenti climatici, un maggiore focus sull'efficienza energetica (attualmente intercettata da un indicatore secondario), una progressiva digitalizzazione con impiego di IoT e intelligenza artificiale e un approccio basato sull'analisi del rischio e sulla gestione predittiva. Il sistema RQTI ha determinato un salto di qualità nella gestione tecnica del servizio idrico, stimolando l'innovazione ingegneristica e l'adozione di soluzioni avanzate. Per il settore idrico rappresenta sia una sfida sia un'opportunità per l'implementazione di tecnologie all'avanguardia, con l'obiettivo di conciliare qualità del servizio, sostenibilità ambientale ed efficienza economica. La solidità della scelta regolatoria è stata, da ultimo, riconosciuta come best practice a livello europeo nella Linea Guida n. 24 "Gestione dei bacini idrici in un clima che cambia" pubblicata a luglio 2024. Inoltre, nell'ambito dell'Associazione dei regolatori europei dell'acqua – WAREG, i membri stanno lavorando all'armonizzazione dei KPI nel settore idrico europeo. Nel suo Rapporto del 2023, WAREG ha mappato 425 KPI utilizzati dai suoi associati per misurare parametri simili. Ad esempio, le perdite idriche vengono misurate alternativamente secondo l'acqua non fatturata, l'acqua non misurata o secondo le perdite reali. Un approccio armonizzato sulle perdite diventa particolarmente rilevante considerando l'obbligo di rendicontazione introdotto dall'articolo 4, par. 3 della citata direttiva sull'acqua potabile recepita in Italia nel 2023. Questo lavoro sui KPI delle perdite idriche è già in corso in un sottogruppo specifico di DWEG della Commissione europea (Gruppo di Esperti sull'Acqua Potabile), mentre, sugli altri indicatori, occorre un maggior coordinamento anche in vista dell'elaborazione di una Strategia europea per la resilienza idrica annunciata dalla Commissione nelle linee politiche 2024-2029. La presenza di strumenti di regolazione indipendente va valorizzata anche a livello di raccolta dati aggregata e armonizzata a livello europeo, poiché ogni decisione di policy dovrà necessariamente basarsi su dati di alta qualità, convalidati o verificati da soggetti istituzionali con caratteristiche di terzietà.

OK La cassetta Sfioro è design e funzionalità. Sfiorala in modalità “touch”, utilizza solo l’acqua che occorre. Nel cuore della casa, è l’anima tecnologica della moderna stanza da bagno. Sfioro by Pucci. —— Disponibile anche nella nuova versione 6-3 litri.

È tutta di vetro e di luce, bella da vedere e da usare.



CREARE

CASSETTE PUCCI®

stile e tecnologia italiani

Fermo, dal Genio romano alla modellazione idraulica

VIRGINIA RECANATI
Manager dei beni culturali

FRANCESCO MARIA SEBASTIANI
Libero professionista

La bellissima città di Fermo (FM), che custodisce antiche vestigia che raccontano secoli di storia, possiede un patrimonio di inestimabile valore risalente all'epoca romana. Conosciuta come *Firmum Picenum*, era un importante centro amministrativo ed economico del Piceno. La lungimiranza e l'abilità ingegneristica dei Romani si manifestarono con notevole complessità e ingegno anche nella costruzione di opere idrauliche, tra cui spiccano le numerose cisterne sparse nel tessuto urbano e nel territorio circostante. Queste strutture sono testimonianze significative della maestria idraulica degli antichi Romani.
Le cisterne romane di Fermo, tra le più antiche e imponenti al mondo, furono costruite tra il I secolo a.C. e il I secolo d.C. Conosciute anche come *piscine epuratorie*, si trovano sotto gli edifici che oggi occupano il lato est di Piazza del Popolo. Queste cisterne furono progettate per ridistribuire l'acqua piovana e, probabilmente, erano alimentate anche da sorgenti naturali attraverso cunicoli ancora non identificati. La struttura principale, accessibile da via degli Aceti, è un'enorme vasca rettangolare di circa 65x30 metri, suddivisa internamente in trenta camere rettangolari intercomunicanti da muri ortogonali. Le camere, di dimensioni approssimative di 9x6 metri, sono coperte da volte a botte rivestite in materiale cementizio romano (*opus caementicium*) e presentano pareti interne



Figura 1 - https://www.visitarelemarche.it/cosa-visitare/archeologia/cisterne-romane-fermo/.

			Dn 300											
S= mq	1695,07		Area condotto in uscita=			0,07065	Dn 300							
Portata in uscita su canalina incassata nel pavimento → S circa 0,0378 mq														
					2	V	Gu. E.Ť, 6. k. l ,x							
H vasca m	0,7			T=	2	1186,55	0,16		s	h=	4,127	gg=	0,172	
								14859						
H vasca m	1			T=	2	1695,07	0,19		s	h=	4,933	gg=	0,206	
								17759,31						
H vasca m	2			T=	2	3390,14	0,27		s	h=	6,977	gg=	0,291	
								25115,46						
H vasca m	3			T=	2	5085,21	0,33		s	h=	8,544	gg=	0,356	
							mc/s	30760,03						

			Dn 80											
S= mq	1695,07		Area condotto in uscita=			0,005	Dn 80							
					2	V	Gu. E.Ť, 6. k. l ,x							
H vasca m	0,7			T=	2	1186,55	0,01	209951	s	h=	58,320	gg=	2,430	
H vasca m	1			T=	2	1695,07	0,01	250939	s	h=	69,705	gg=	2,904	
H vasca m	2			T=	2	3390,14	0,02	354881	s	h=	98,578	gg=	4,107	
H vasca m	3			T=	2	5085,21	0,02	434639	s	h=	120,733	gg=	5,031	
							mc/s							

rivestite in *opus signinum* con uno spessore di circa 12-20 cm. I muri perimetrali, spessi tra 1,50 e 1,62 metri, sono anch'essi realizzati in opus *caementicium*. La pendenza del pavimento, che si aggira attorno all'1% verso NNE, facilitava il deflusso delle acque e la loro distribuzione attraverso i tubi posizionati in quella direzione. L'acqua arrivava alle cisterne tramite canali esterni situati sul lato ovest (con pendenza nord-sud) e sul lato est (con pendenza opposta). Da questi canali, l'acqua si convogliava all'interno delle cisterne, raggiungendo il livello dell'intradosso delle volte attraverso tubuli con un diametro medio di 4,5 cm. Si contavano 5 tubuli sul lato ovest e 4 sul lato est. Le grandi cisterne avevano un ruolo fondamentale come serbatoio di acqua potabile per l'approvvigionamento dei fermani. Per quanto riguarda la portata in uscita, nella parte perimetrale nord, presso l'angolo NE della cisterna, erano presenti due tubi in piombo (a e b) per la distribuzione dell'acqua, distanti tra loro circa 14 cm.

- Il primo tubo (a), con una sezione grossolanamente circolare di circa 9 cm di diametro (5 digiti) era ubicato a 119 cm dall'angolo interno NE della cisterna, con il margine inferiore a 40 cm sopra il pavimento. Si trattava di una *fistola vicenaria* con una portata stimata di 7,8 litri al secondo.
- Il secondo tubo (b), con una sezione grossolanamente circolare di circa 26,5 cm di diametro (circa 26,5 * 27,15 digiti) era situato a 75 cm dall'angolo NE della cisterna, con il margine inferiore esterno a 32 cm sopra il pavimento. Era una fistola di dimensione e portata intermedia. Alcune stime indicano la portata della *fistola sexagenaria* (circa 15 digiti, 27 cm) a 78,5 litri al secondo.

Oltre a questi due emissari principali, si apriva un cunicolo (Δ) in muratura nella parete Est, presso l'angolo Sud. Si calcola di seguito il tempo di vuotamento delle vasche ipotizzando varie altezze e le uscite in maniera singola, in quanto non è chiaro se la condotta di diametro maggiore alimentasse le case nobiliari e la condotta di diametro inferiore le fontane del centro. I diametri sono stati adattati in diametri commerciali attuali.

L'analisi delle capacità di portata di queste condotte, della cisterna e la stima dei cittadini presenti nella Firmum Picenum hanno permesso di formulare ipotesi sul **consumo idrico pro capite** della popolazione in epoca romana. Le stime suggeriscono un **consumo medio che poteva raggiungere i 783 litri per abitante al giorno**, un dato che evidenzia un **elevato utilizzo della risorsa rispetto agli standard attuali**. Basti pensare che nel 1940, periodo di pre-industrializzazione, in cui in Italia la realtà della distribuzione della risorsa idrica era disomogena, vi era difficoltà di approvvigionamento nel sud e nelle campagne, mentre nel centro e nel nord vi era una grande disponibilità della risorsa idrica, in particolare in grandi città italiane come Roma, il consumo pro capite giornaliero era stimato intorno ai 700 litri, mentre in centri più piccoli si aggirava tra i 50 e i 200 litri. Questa differenza sottolinea come, pur essendo abili ingegneri, gli antichi Romani potrebbero essere stati più

"spreconi" rispetto alla civiltà moderna.
Lo studio della modellazione idraulica, è fondamentale per comprendere il funzionamento di queste antiche strutture.
I principi della fluidodinamica ci permettono di stimare la portata in uscita considerando l'altezza del battente idraulico (h) e introducendo coefficienti di velocità (Cv) e contrazione (Cc) per tenere conto della non idealità del fluido. Le equazioni derivate ci consentono di fare stime sulle portate erogate e sui tempi di svuotamento delle cisterne in diverse condizioni di livello idrico. L'analisi dei flussi interni è fondamentale per capire come l'acqua si muoveva tra le trenta camere, permettendo la decantazione delle impurità prima della distribuzione.
La disposizione delle aperture tra le camere e la pendenza del pavimento erano elementi chiave in questo processo.
Oggi, la modellazione idraulica è uno strumento fondamentale per la gestione delle reti idriche moderne. Grazie a modelli matematici e computazionali, è possibile analizzare l'efficienza delle reti esistenti, identificare perdite e criticità, e progettare interventi di miglioramento mirati. Comprendere l'andamento reale dei consumi idrici, unito alla modellazione, permette di anticipare le future esigenze e pianificare interventi infrastrutturali adeguati. In questo contesto, iniziative come il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) rappresentano un'opportunità per investire nel settore idrico, e la modellazione idraulica si rivela uno strumento essenziale per raggiungere obiettivi di riduzione delle perdite e di utilizzo più efficiente della risorsa.
Il processo di modellazione idraulica, soprattutto quando integrato con la prospettiva della System Dynamics, può essere suddiviso in diverse fasi, attingendo a approcci teorici e metodologie da entrambe le discipline.
L'integrazione della System Dynamics nella modellazione idraulica offre una visione complessiva e dinamica che può supportare decisioni strategiche per una gestione più efficace ed efficiente delle risorse idriche.
La capacità della System Dynamics di considerare cicli di feedback, ritardi e variabili "soft" (come l'affidabilità e la manutenzione) può fornire una comprensione più profonda delle complessità insite nella gestione delle reti idriche urbane. L'approccio che si basa sulla costruzione di metamodelli semplificati facilita l'ottenimento di riscontri rapidi sul comportamento della rete in risposta a diversi eventi, permettendo di creare scenari che spaziano dal campo economico a quello tecnico e scientifico.

L'analisi approfondita del patrimonio idraulico romano di Fermo, attraverso la modellazione idraulica, non è solo un esercizio accademico, ma ha un'importanza pratica e strategica, specialmente in un periodo in cui la scarsità d'acqua sta diventando sempre più evidente. Comprendere come gli antichi Romani gestivano l'approvvigionamento e la distribuzione dell'acqua, ottimizzando la raccolta e la depurazione, può fornire spunti preziosi per soluzioni innovative e sostenibili nella gestione delle risorse idriche future. In questo contesto, iniziative come la creazione di un tour virtuale che combini la visita alle cisterne con l'esplorazione virtuale degli antichi cunicoli sarebbero un modo efficace per valorizzare questo patrimonio unico e renderlo accessibile a un pubblico più ampio.
La conoscenza approfondita dei sistemi idraulici storici, ottenuta anche attraverso studi di modellazione, può fornire indicazioni preziose per una gestione più efficiente e responsabile dell'acqua potabile, una risorsa sempre più rara. **Lo studio delle ingegnose soluzioni adottate dagli antichi Romani a Fermo è quindi non solo un omaggio al passato, ma anche un investimento nel futuro della gestione sostenibile delle risorse idriche (figura 2).**

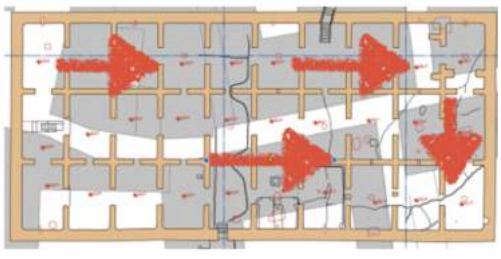


Figura 2 - ipotesi Andamento flusso idrico.

Riferimenti bibliografici:

Pozzi e Cunicoli Romani e medioevali di Firmum Picenum di Massimo Spagnoli e Alma Monelli
Mappa Sotterranea della Città di Fermo di Massimo Spagnoli
Panorami Sotterranei a Firmum Picenum – Le Cisterne (Castella Aquarum) di Massimo Spagnoli
Firmum Picenum I di a cura di Leandro Polverini, Nicola F. Parise, Silvano Agostini e Marinella Pasquinucci
Firmum- Fermo in epoca romana dai frammenti a un'immagine di Massimo Tomassini e Tommaso Fattenotte.

DIFECH
CONSOLIDAMENTI



Crepe nei Muri?
Difech difende la tua Casa!

Utilizziamo le più moderne tecnologie per garantire interventi rapidi, poco invasivi e definitivi. I nostri tecnici qualificati ti sapranno consigliare la soluzione migliore per risolvere i cedimenti delle fondazioni. Contattaci subito per un Sopralluogo Gratuito.

DETRAZIONE FISCALE A PARTIRE DAL 50%



Consolidamento Terreni



Micropali

10 ANNI GARANZIA

difech.com

SOPRALLUOGO GRATUITO

Contatti: info@difech.com - 0521.14.12.895



© Dotdotdot

A CURA DI PPAN

SEA BEYOND OCEAN LITERACY CENTRE

Dotdotdot firma lo storytelling delle installazioni multimediali del nuovo **SEA BEYOND Ocean Literacy Centre** a San Servolo (Venezia), progettato da **CRA – Carlo Ratti Associati** con **UNESCO-COI** e il supporto del **Gruppo Prada**. Tre spazi immersivi che mostrano il mondo degli oceani dal macro al micro, completi di mappe che sottolineano il rapporto tra esseri umani e oceano anche grazie all'uso delle data visualization.




FEEL
THE



F O C U



S I N G

A CURA DI PPAN

ACQUA E MEDITERRANEO. VERSO UNA NUOVA AGENDA URBANA DEL MEZZOGIORNO

PAOLA PIEROTTI, PPAN

DAL PADIGLIONE ITALIANO ALLA BIENNALE DI VENEZIA AI PROGETTI DI RIGENERAZIONE LUNGO I WATERFRONT

L'Italia sarà protagonista alla 19. Mostra Internazionale di Architettura di Venezia (10 maggio – 23 novembre 2025) con una riflessione sull'acqua. La curatrice **Guendalina Salimei** ha scelto come tema "Terrae Aquae. L'Italia e l'intelligenza del Mare", per il progetto espositivo promosso dalla Direzione Generale Creatività Contemporanea del Ministero della Cultura, interrogandosi proprio sul Mediterraneo allargato ai vicini oceani. Spazio alla centralità del rapporto strutturale tra l'acqua e la terra, tra naturale e artificiale, tra infrastruttura e paesaggio, tra città e costa, che incide sull'identità del Paese e sui delicati equilibri tra ambiente, uomo, cultura ed economia che devono essere sia tutelati nella loro integrità, sia ri-progettati per quell'imprescindibile adattamento a un futuro pervaso da nuove pressanti esigenze. «Guardare l'Italia dal mare implica un cambiamento di prospettiva, impone la necessità di ripensare il progetto del confine tra terra e acqua come sistema integrato di architetture, infrastrutture e paesaggio», così il Ministro della Cultura **Alessandro Giuli**.

Il Padiglione Italia alla Biennale di Architettura 2025 riflette sul nostro rapporto con il mare: ripensare e progettare in modo sostenibile le nostre coste, tenendo conto di sfide globali e urgenti, è la chiave del futuro del nostro Paese, al centro del Mediterraneo. «L'acqua, elemento fondante del paesaggio italiano, rappresenta non solo una risorsa naturale, ma anche una soglia simbolica e fisica tra mondi. I mari che bagnano le nostre coste, i fiumi che attraversano le nostre città, i laghi che punteggiano il territorio sono parte integrante di un patrimonio che ci identifica e ci connette a un contesto mediterraneo e mondiale, di cui non possiamo non sentire la responsabilità di protagonisti e coglierne le opportunità». Spiega Guendalina Salimei. E in un'epoca di profonde trasformazioni climatiche, economiche e culturali,

© Courtesy of La Biennale di Venezia



il Padiglione Italia si fa portavoce della necessità di ripensare il rapporto con l'universo acquatico, esplorando nuove forme di convivenza e di equilibrio sostenibile.

Tra le tematiche, alcune emergono con più urgenza: ripensare le cesure, determinate da aree portuali, strade litoranee, insediamenti turistici e strutture abusive che interrompono la continuità sia tra città e mare sia tra ecosistemi naturali; reinterpretare i dispositivi di soglia, elementi di transizione tra terra e mare come dighe, moli, frangiflutti e barriere costiere, fari, piattaforme artificiali; riscrivere i waterfront come processo di rigenerazione urbana che può trasformare le aree costiere, urbane e non, in luoghi vivibili, accessibili e sostenibili; ripensare le infrastrutture ricettive e portuali per adattarsi ai cambiamenti climatici riducendo il rischio di dissesti idrogeologici e l'impatto sull'ecosistema naturale; riconvertire l'archeologia industriale, portuale e produttiva, abbandonata lungo le coste; ridefinire le strategie di tutela attiva del patrimonio ambientale e riscoprire il patrimonio sommerso, naturale e archeologico.

Un elenco di temi che corrisponde ad una mappa di progetti, cantieri, politiche. Dove il Mezzogiorno italiano potrà affermare il suo protagonismo (dopo anni di occasioni mancate, come testimonia la recente pubblicazione curata da Paolo Baratta, "Dal Mezzogiorno. Riflessioni e convinzioni dall'interno della Svimez").

Tra le iniziative l'avvio della Struttura di Missione Zes unica (Zes sta per zona economica speciale per il Mezzogiorno), che insiste nei territori delle regioni Abruzzo, Basilicata, Calabria, Campania, Molise, Puglia, Sicilia, Sardegna, per sostenerne lo sviluppo economico e la crescita dei territori attraverso la semplificazione amministrativa e l'agevolazione degli investimenti; il piano di ricostruzione dell'isola di Ischia, colpita da un terremoto nel 2017 e da una frana due anni fa; il programma straordinario di interventi infrastrutturali e di progetti di riqualificazione sociale di alcuni Comuni e aree metropolitane ad alta vulnerabilità sociale, avviato a fine 2024.
Tre storie di attualità che delineano le modalità di attenzione pubblica nei confronti del Mezzogiorno, dove gli enti locali sono supportati dal Governo o da commissari dedicati. Migliorare la viabilità nelle aree industriali, potenziare le infrastrutture produttive e artigianali e sviluppare e aumentare la qualità dei servizi pubblici: questi i task della Zes che gestirà 250 milioni (50 per attività turistiche) di risorse provenienti dal Fondo Sviluppo e Coesione 2021-2027. Quella di Ischia, d'altro canto, è una storia di ricostruzione, ad alto impatto. Dopo il terremoto del 2017 e la frana più recente che ha provocato la morte 12 persone, è da poco decollato il piano per la ricostruzione. «Non si tratta solo di ricostruire, ma di dare una nuova forma al territorio, valorizzando il suo patrimonio paesaggistico e tutelando la sicurezza dei suoi abitanti».
Così l'assessore all'Urbanistica e alla tutela del paesaggio della Regione Campania, **Bruno Discepolo**.

© Zes Unica, Porto Alto Bari



Per trasformare l'isola campana in un modello di resilienza e sviluppo sostenibile, il Piano si prefigge di integrare la protezione del territorio con la riqualificazione paesaggistica.

E la Banca europea per gli investimenti (Bei) ha annunciato l'approvazione di un finanziamento da un miliardo di euro per la ricostruzione di edifici pubblici e privati gravemente danneggiati. Risorse che transiteranno per il ministero dell'Economia e delle Finanze con una prima tranche da 150 milioni a supporto degli interventi in corso (privati, residenziali e no, ma anche scuole, infrastrutture idriche e strade). Il contributo alla ricostruzione è di decisiva rilevanza, sia sotto il profilo finanziario che per il supporto consulenziale sin qui assicurato. La condivisione dei progetti con la Bei consentirà di rafforzare, infatti, il rispetto dei principi di sostenibilità ambientale e di introdurre nella progettazione il criterio all'adattamento ai cambiamenti climatici. È la prima volta che ciò accade in un processo di ricostruzione. La struttura commissariale auspica che il contratto stipulato possa trovare graduale copertura finanziaria sul bilancio dello Stato.

Ischia è sinonimo di bellezza, di fragilità, di gestione della complessità (dovendo tenere insieme abusivismo, condoni, vincoli idrogeologici, rischi vulcanici, sismici e paesaggistici). La ricostruzione è proseguita molto a rilento, ma in questi mesi sono ripartite le procedure (sono 125 i decreti emanati, 36 di concessione del contributo firmati negli ultimi tre mesi per un importo di 30 milioni per oltre 100 unità abitative), e il finanziamento Bei parla di un nuovo corso, dove gli investimenti sono concentrati sull'analisi del futuro, sulla previsione di rischi ed effetti, sulla messa in sicurezza considerando quello che potrà accadere e non solo quello che è accaduto. Un cambio di paradigma: si ricostruisce si fa prevenzione. Non si ricostruisce dovunque e comunque, ma dove il territorio ha il livello di sicurezza che lo consente. Ecco che nella partita c'è anche il tema della delocalizzazione, per dare concreta attuazione al piano e ai bisogni della comunità. Investimenti pubblici che possono attrarre quelli privati. Ed è stato Gaetano Micciché, chairman Divisione Imi Cib e Divisione International Banks Intesa Sanpaolo, nell'ambito dell'iniziativa Genio Mediterraneo (un incontro che ha visto insieme le città di Palermo e Milano, 24 febbraio 2025), a ricordare il potenziale e la disponibilità di flussi da parte di family office, fondi sovrani, fondi istituzionali, per investire sui territori, in particolare su hospitality e turismo. Un ponte con il mondo che Palermo, ad esempio, attraverso l'assessore all'Urbanistica **Maurizio Carta**, già sta tracciando, anche avendo messo in agenda la sua presenza al Mipim di Cannes, dove per la prima volta nel 2025 il Sud è stato protagonista del sistema-Italia. E più in generale potendo contare su qualche dato di prospettiva, visto che nella classifica stilata a inizio 2025 dal sito Executive nomad index, Palermo nel 2024 è diventata la capitale italiana dei "nomadi digitali": è la città italiana più attrattiva e la destinazione preferita, la ventiduesima al mondo, dei professionisti che lavorano da remoto. «I numeri – ha commentato il sindaco **Roberto Lagalla** – dicono che tra il 2023 e il 2024 a Palermo le startup innovative sono cresciute del 3,7% e gli occupati del 6,9%, oltre quattro volte la media nazionale. Una crescita delle startup favorita anche da significativi investimenti pubblici e privati nella città che sta vivendo ora una rigenerazione culturale ed economica».
Iniziative che puntano a trattenere i giovani che, anche restando al Sud, avranno modo di lavorare per realtà di alto profilo, ma anche ad attrarre nuovi professionisti e aziende dall'estero.

Sono tante le città del Mezzogiorno al lavoro per ridisegnare nuovi immaginari. Oltre alla stessa Palermo, c'è Catania ma anche le città di Reggio Calabria e Napoli: si lavora sull'urbanistica, ma anche sull'offerta di servizi e a favore dello sviluppo economico, spazio agli usi temporanei, attenzione alla cultura, con la priorità dell'abitare e l'attenzione al tema dell'educazione e del lavoro.

Stando alle iniziative a regia pubblica, c'è chi lavora con l'orizzonte del medio e lungo periodo, e poi c'è il Governo che ha messo in atto una terapia d'urto per alcuni ambiti del Sud che possono diventare dei laboratori per il rilancio economico, per il riscatto sociale, per la riconquista della legalità e la riappropriazione del territorio, con azioni di rigenerazione urbana. Sono otto le periferie "ad alta vulnerabilità sociale", in gran parte collegate con i temi del disagio giovanile (puntando molto sullo sport), che complessivamente potranno beneficiare di una dotazione di 180 milioni in tre anni, ripartita in base a dimensioni territoriali e bisogni, e che vede in campo interventi coordinati da più ministeri, in stretta relazione con i Comuni (sette nel Mezzogiorno). Un'azione puntuale ed emergenziale quella del governo Meloni, capitalizzando il modello Caivano, con l'auspicio sia la miccia per politiche strutturali.

Intanto non mancano le Pubbliche amministrazioni che scommettono sul futuro con una visione strategica organica. Si chiama "Reggio Calabria 2050" il progetto di politica urbana siglato dall'amministrazione Falcomatà (che ha approvato il documento strategico preliminare del masterplan di Reggio Calabria), che nasce dalla convinzione che la città ha le risorse umane, naturali, paesaggistiche per essere un luogo dove vivere, lavorare e produrre. A proposito di "water", Reggio Calabria punta in particolare alla valorizzazione dei suoi 32 km di costa che si affacciano sul mare dello Stretto, con uno sguardo privilegiato su Messina e l'Etna e ha un rapporto sinergico con il Parco nazionale d'Aspromonte. È una città con istituzioni di ricerca e alta formazione,

densa culturalmente, a cui si aggiungerà il Museo del Mediterraneo (firmato Zaha Hadid Architects che ha vinto il concorso nel 2009) per il quale sono appena partiti i lavori. Un contesto in cui il pubblico cerca forti alleanze con il privato per importanti progetti di rigenerazione urbana e del patrimonio edilizio, per assicurare la transizione ecologica e per investimenti nel campo della cultura e ricettività legata a grandi eventi.
C'è un presente e c'è un futuro prossimo che può contare sulla centralità del Sud Italia nelle più ampie strategie legate al bacino del Mediterraneo.

Oggi il Sud Italia è già per il Pil la terza regione del Mediterraneo e ha visto lo sviluppo di cinque diversi settori che vanno dall'economia del mare, all'energetico, dall'agroalimentare all'industriale (automotive, aerospaziale, farmaceutico) incluso chiaramente il turistico. La sfida rimane quella di riuscire a implementare la governance interna, di coordinare regioni e distretti industriali e di riuscire a dotarsi di una proiezione strategica sul mare per lo sviluppo di alleanze, visioni e nuovi equilibri. Le regioni che si affacciano sul Mediterraneo sono anche quelle che si contendono investimenti, flussi e le molte opportunità che il mercato internazionale offre.



© Adobe Stock

SULLA SCOMPARSA DEI GHIACCIAI, LEGGERE I DATI PER PREPARARE IL FUTURO

CHIARA BRIVIO, PPAN

IL SURRISCALDAMENTO È VERAMENTE GLOBALE. IL PUNTO CON DUE RICERCHE DEL CNR-ISP SU SVALBARD, GROENLANDIA E DOLOMITI

I ghiacciai della terra si stanno ritirando a un ritmo senza precedenti documentati. Più di 275mila in tutto il mondo, ricoprono una superficie di circa 700mila kmq e racchiudono approssimativamente il 70% delle risorse di acqua dolce del Pianeta. Sappiamo che, se non si metteranno in moto azioni e politiche di mitigazione degli effetti del surriscaldamento globale, la situazione non potrà che peggiorare, con impatti notevoli sugli ecosistemi, le comunità ma anche sull'economia mondiale. Una situazione che ha portato l'Assemblea delle Nazioni unite a dichiarare il 2025 come l'**Anno internazionale della conservazione dei ghiacciai**, con l'obiettivo di sensibilizzare la società sul ruolo essenziale dei ghiacciai nel sistema climatico e idrologico globale.

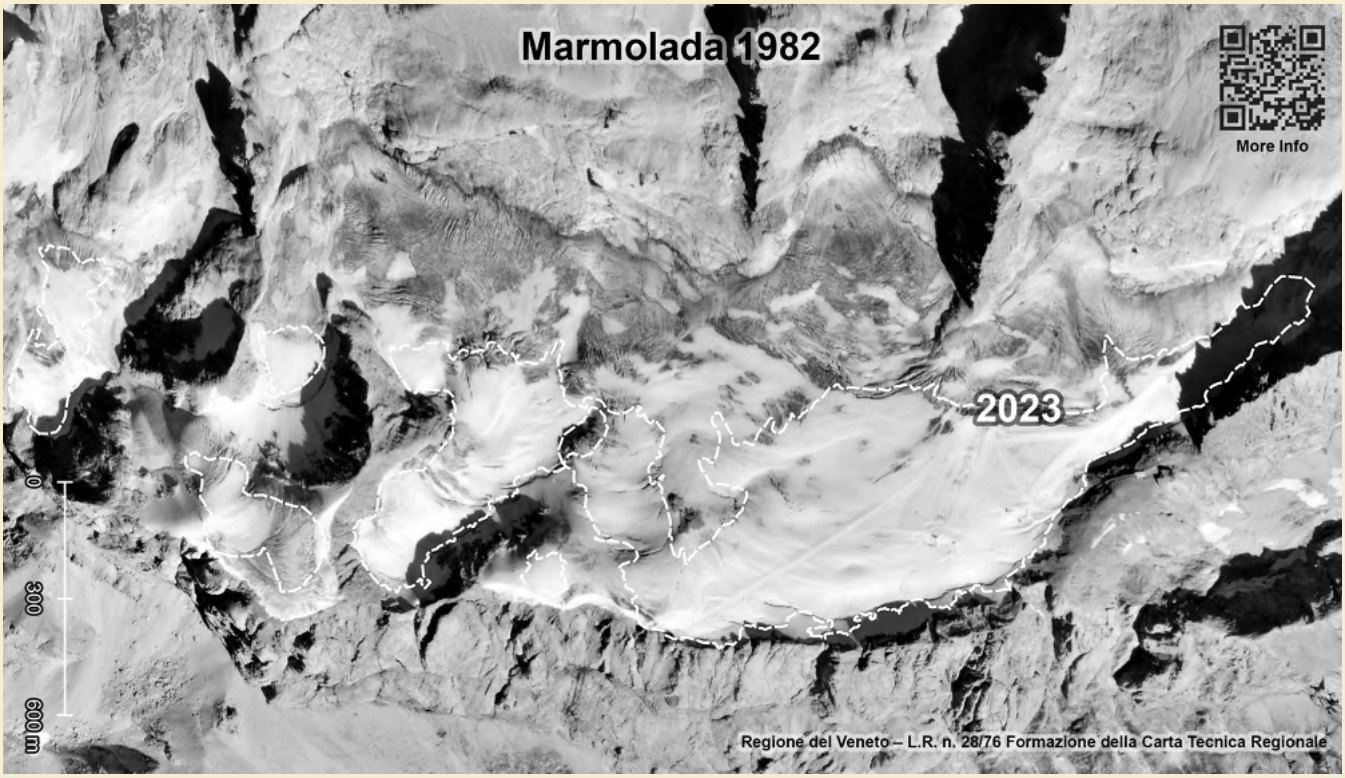
I dati

Secondo i dati preliminari presentati nell'ultimo rapporto annuale dell'**Organizzazione meteorologica mondiale (Omm)** sullo stato delle risorse idriche globali, pubblicato nel 2024, nel 2023 **i ghiacciai hanno perso oltre 600 miliardi di tonnellate di acqua**, la più grande perdita di massa glaciale degli ultimi 50 anni (-1,2 metri di acqua equivalente), dovuta principalmente alla fusione estrema nel **Nord America occidentale** e nelle **Alpi europee**. Preoccupante anche la copertura nevosa nella tarda primavera e in estate, in particolar modo nell'emisfero settentrionale: a **maggio 2023** la sua estensione è stata l'**ottava più bassa mai registrata** (periodo 1967-2023). E il **Wgms** (Servizio mondiale di monitoraggio dei ghiacciai) stima che i ghiacciai (con l'esclusione delle calotte glaciali della Groenlandia e dell'Antartide) abbiano perso **oltre 9mila miliardi di tonnellate dal 1975**, anno iniziale del monitoraggio – «l'equivalente di un enorme blocco di ghiaccio della grandezza della Germania spesso 25 metri» ha spiegato Michael Zemp, direttore del Wgms –. Sempre secondo il rapporto dell'Omm, per quello che riguarda le risorse idriche a livello globale nel **2023 i fiumi hanno fatto registrare la portata più bassa degli ultimi** 33 anni. Ed è stato infine l'anno **più caldo di sempre per il Pianeta** (+1,45 °C sopra i livelli pre-industriali). Secondo i rapporti delle due organizzazioni in diverse regioni della Terra il cosiddetto **"ghiaccio eterno" non sopravviverà al 21esimo secolo.**

La memoria delle Svalbard

I ghiacciai sono anche la “memoria” del clima e dell’ambiente del nostro Pianeta, e il loro rapido ritiro sta comportando la perdita di informazioni in esso contenute. Uno studio internazionale pubblicato lo scorso anno sulla rivista The Cryosphere e condotto dai ricercatori del Cnr-Isp e dell’Università Ca’ Foscari Venezia, con l’Istituto di scienze dell’atmosfera e del clima del Cnr (Cnr-Isac) e l’Università di Perugia, si è focalizzato proprio sulla perdita del segnale climatico del ghiacciaio dell’**Holtedahlfonna**, nell’arcipelago norvegese delle **Svalbard**, al 79° parallelo. Un lavoro nato circa 12 anni fa, come raccontano **Andrea Spolaor** e **Jacopo Gabrieli**, parte del team che ha studiato l’evoluzione di questo ghiacciaio, che raggiunge i 1.100 metri di altitudine. Analizzando le carote prelevate dal 2012 al 2019, hanno riscontrato che il segnale climatico era relativamente ben visibile. «Ma – spiega Spolaor – nell’ultima carota prelevata nel 2019 questo segnale era completamente disturbato e alterato». Insieme ai colleghi norvegesi si è cercato di capire la ragione di questo deterioramento, constatando che l’aumento piuttosto consistente delle temperature in questa regione dell’Artico avesse causato l’aumento della fusione dei ghiacci, andando così a interferire sulla conservazione del segnale climatico. «Abbiamo dimostrato – continua Spolaor – che in dieci anni si è arrivati a un segnale che è completamente o quasi inutilizzabile. Quindi ci troviamo in una situazione in cui non possiamo più usare questo sito come archivio ambientale. Inoltre, il nuovo segnale presente nel ghiaccio che si sta formando non è più preservato». Particolari sono anche le condizioni delle Svalbard: «in primis sono delle isole – spiega ancora Spolaor – e in secondo luogo i ghiacciai presenti non sono molto elevati, e per questo sono relativamente sensibili ai cambiamenti di temperatura». Inoltre, si trovano in una posizione geografica che enfatizza **l’amplificazione artica**, ossia quel fenomeno per cui le regioni artiche si scaldano più velocemente del resto della media globale. Diverse le cause: dalla riduzione del ghiaccio marino artico che porta a effetti a cascata, tra i quali l’aumento dell’evaporazione dell’acqua che ha un effetto sulla circolazione atmosferica, alla modifica del jet stream, ossia quella corrente a getto che gira attorno all’Artico e che lo divide dalle latitudini più basse. «Tanto più è forte, maggiore sarà il delta di temperatura tra le regioni artiche e l’Equatore. Ma più questa differenza diminuisce, più il jet stream tende a rallentare» spiega Spolaor, precisando che tuttavia questa teoria è ancora dibattuta da un punto di vista scientifico.
Quali le conseguenze di questa scoperta lo spiega **Jacopo Gabrieli**, principal investigator dell’Istituto di scienze polari per il progetto internazionale **Ice Memory**, finanziato dal ministero della Ricerca e patrocinato dall’Unesco, che dal 2016 al 2023 ha portato avanti delle campagne di perforazione e di raccolta di carote di ghiaccio nei Paesi del mondo dove i ghiacciai sono più minacciati dal surriscaldamento globale. Obiettivo è quello di preservare per il futuro le informazioni e i dati che contengono.

© Regione Veneto





Attività di campionamento sul sito di studio dell'Holthedalfonna © Marco Barretta, R!SE

«I nostri ghiacciai sono dei formidabili archivi della storia del clima e dell'ambiente del passato. Tutti gli strati di ghiaccio in qualche modo contengono in sé queste informazioni. Se i ghiacciai fondono, quindi scompaiono, le informazioni vanno perse. Quello che possiamo fare oggi è preservarne la memoria, per capire quello che siamo in grado di comprendere oggi del clima e dell'ambiente del passato».

Saranno infatti le carote trasferite e stoccate a -50° C nella ice cave, all'interno della base italo-francese di Concordia, in Antartide, a essere a disposizione delle future generazioni di ricercatori, quando questi ghiacciai non esisteranno più. Oggi i dati della carota attualmente più antica permettono di risalire a 800mila anni fa, ma c'è un progetto in corso che permetterebbe di arrivare a un milione e mezzo di anni. Sono modelli del passato sui quali potranno basarsi quelli del futuro.

Il caso delle Dolomiti

Ma c'è anche un filo rosso che lega 4mila ghiacciai di tipo "alpino" della Groenlandia occidentale alle Dolomiti. Applicando la stessa metodologia, i ricercatori del Cnr-Isp e dall'Università Ca' Foscari di Venezia sono arrivati a risultati simili, in termini di ritiro e di possibile scomparsa. E se le Dolomiti sono da sempre un settore montano conosciuto in tutto il mondo, dal punto di vista dell'evoluzione dei loro ghiacciai sono state poco studiate. La ricerca condotta sulle Dolomiti – i cui esiti sono stati recentemente pubblicati su riviste quali Journal of Glaciology e The Cryosphere e a cui, nel caso italiano, hanno collaborato il Comitato glaciologico italiano, la Società meteorologica Alpino-Adriatica, l'Arpa Veneto, il Servizio geologico di Danimarca e Groenlandia, l'Università tecnica della Danimarca, l'Università Roma Tre e l'Università del Québec –, ha messo a confronto vecchie fotografie con immagini satellitari in un arco di tempo che va dagli anni '80 al 2023, per cercare di quantificare in maniera dettagliata la variazione in area, ma anche nel tentativo di valutare la variazione in volume, come spiega **Renato R. Colucci**, ricercatore del Cnr-Isp e coautore del paper. «Oltre a questo, siamo andati a valutare anche la variazione dell'altitudine della linea di equilibrio, cioè la quota sul ghiacciaio che divide la zona di accumulo da quella di ablazione». In altre parole, la separazione tra la neve alle quote più alte che si mantiene anche d'estate, a quella più

in basso che fonde assieme al ghiaccio più vecchio, scivolato verso quote minori in quel continuo movimento che caratterizza i ghiacciai. «Nel caso della Groenlandia occidentale, quello che abbiamo visto è stata una diminuzione dell'area coperta e glacializzata di circa 1.800 chilometri quadrati nel corso degli ultimi 40 anni – spiega il ricercatore – **che corrisponde a circa il 15% in meno della criosfera che c'era negli anni '80. A livello di diminuzione di spessore stiamo parlando mediamente di circa 21 metri in meno**». La linea di equilibrio? «Si è alzata di 150 metri» conclude Colucci. E in Italia? «Per le Dolomiti ci sono molte più fotografie aeree disponibili – continua –, oltre ad altri strumenti che abbiamo potuto utilizzare, tra i quali i modelli digitali del terreno ad alta risoluzione, realizzati con tecniche come il Lidar (Light detection and ranging) e l'utilizzo dei droni». Il confronto tra le immagini ha rilevato una **riduzione in spessore medio di circa 29 metri.** Le misure di dettaglio ottenute hanno permesso di restituire il bilancio di massa annuale medio di riduzione. Anche in questo caso è molto simile: **mezzo metro di acqua equivalente in meno all'anno in Groenlandia contro 0,64 metri nelle Dolomiti**.

Ma Colucci aggiunge altri numeri importanti: oggi nelle Dolomiti rimangono solo nove ghiacciai, contro gli oltre 50 degli anni '50 e i 30 di quarant'anni fa. Cifra che arriva a 12 se si considera che la Marmolada, in un processo di frammentazione, si è divisa in quattro unità separate.

La causa? Le estati sempre più lunghe e più calde. E come nelle regioni Artiche dove si verifica il fenomeno dell'amplificazione artica, anche il Mar Mediterraneo è un hot-spot climatico, e con esso le catene alpine. «Sulle Alpi gli aumenti di temperatura vanno ad una velocità doppia rispetto alla media globale – prosegue Colucci –. Quindi se globalmente siamo quasi a un grado e mezzo, **sulle Alpi siamo quasi a tre gradi ormai**.
Questo aumento della temperatura è il principale responsabile di ciò che sta accadendo». Indicatori che fanno pensare il destino di questi ghiacciai sia segnato, con una loro verosimile scomparsa nel giro di pochi decenni, almeno per quelli al di sotto mediamente dei 3.500 metri di quota, anche se la temperatura si stabilizzasse sui valori di oggi.

«Cambiamento climatico è forse un termine che non dà l'idea di quello che sta accadendo – conclude –. Quello che sta avvenendo oggi è un riscaldamento a livello globale, che impatta, pur con piccole differenze locali, tutto il pianeta Terra».

Ghiacciaio dell'Holtedahlfonna © Federico Scoto, CNR-ISP



COME IL DESIGN PUÒ PRESERVARE E OTTIMIZZARE LA RISORSA IDRICA

LUIGI RUCCO, PPAN

LA CONOSCENZA COME PRIMO PASSO VERSO UNA MAGGIORE CONSAPEVOLEZZA E RESPONSABILITÀ. ALLA MILANO DESIGN WEEK 2025 PROGETTISTI E AZIENDE HANNO PORTATO IN MOSTRA IDEE, INFRASTRUTTURE E MATERIALI

Quando il design contribuisce a ridurre l'impatto ambientale, promuovere un uso responsabile dell'acqua e sensibilizzare il pubblico sulle tematiche della circolarità e della protezione delle risorse naturali. L'acqua rappresenta oggi una delle principali sfide globali in termini di gestione e tutela delle risorse naturali e la progettazione assume un ruolo strategico, proponendo soluzioni capaci di coniugare estetica, funzionalità e sostenibilità. Alla **Milano Design Week 2025**, attraverso installazioni ed esperienze immersive, la risorsa idrica è diventata oggetto di racconto, evidenziando l'importanza di un approccio consapevole e innovativo.

ROCA - BIG, A BEAT OF WATER

L'Università degli Studi di Milano ha ospitato anche per l'edizione 2025 il **Fuorisalone** di Interni, che quest'anno ha presentato la mostra-evento **Cre-Action**, con oltre 30 installazioni. Nel Cortile d'Onore l'installazione "**A beat of water**" di **BIG-Bjarke Ingels Group**, prodotta da **Roca**, ha diffuso una maggiore consapevolezza sull'uso delle risorse idriche mostrando il funzionamento di una rete, creata con 300 metri lineari di tubi in acciaio zincato.

L'opera vuole raccontare il viaggio dell'acqua attraverso l'infrastruttura che la distribuisce negli spazi pubblici e privati. Un sistema a circuito chiuso che rimette in circolo mille litri d'acqua ogni 20 minuti, simulandone il viaggio senza sprechi proprio per mostrare quanto l'acqua sia un bene prezioso e limitato, il cui consumo deve essere responsabile. E l'analisi dei dati in tempo reale è l'assist per un invito a non perdere tempo.

© Paolo Riolzi



SANLORENZO - PIERO LISSONI, WIND LABYRINTH

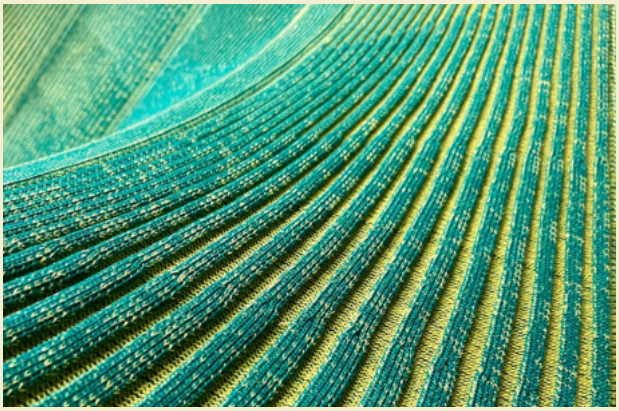
Sempre in Statale, nel Cortile del ‘700, **Piero Lissoni** ha presentato **Wind Labyrinth**, un’opera immersiva per **Sanlorenzo**, con vele e rande che trasformano lo spazio in un labirinto di vento e mare, grazie anche ad un sistema di illuminazione appositamente studiato. L’installazione tratta l’elemento acqua da un punto di vista alternativo, celebrando un nuovo concetto di nautica sostenibile, in linea con la **Road to 2030**, che mira a raggiungere la carbon neutrality nel settore.



© Gionata Xerra

TEXTILESHUB, ACTUATED KNIT//TEXTILEMORPHOSIS

TextilesHUB, laboratorio interdipartimentale fondato nel 2008 all’interno del DABC (Department of Architecture, Built Environment and Construction Engineering) del **Politecnico di Milano**, ha promosso al Fuorisalone 2025 una discussione sul futuro della circolarità degli edifici. Nella mostra **Actuated Knit//Textilemorphosis** una selezione di progetti che negli anni hanno maggiormente contraddistinto il lavoro del laboratorio, tra i quali sistemi costruttivi e di schermatura tessili che integrano sensori in grado di trasformare gli involucri degli edifici in vere e proprie pelli ispirate agli organismi viventi. Questi sono in grado di condensare l’umidità dell’aria e raccoglierla al fine di ridurre il consumo idrico di acqua potabile. TextilesHUB è oggi il principale network italiano per ricercatori, produttori e progettisti di sistemi strutturali a membrana applicati all’ingegneria delle costruzioni e all’architettura.



© TextilesHUB - Politecnico di Milano

PALIMPSEST, ACQUA LAMBRO

E se potessimo bere l’acqua del Lambro? Da questa provocazione parte la ricerca di “**Acqua Lambro**”, progetto di arte-design-ecologia nato da una collaborazione tra il **DAStU** del **Politecnico di Milano**, **Ersaf** (l’Agenzia regionale per i servizi all’agricoltura e alle foreste), Karakorum Impresa Sociale e il coinvolgimento di attori italiani ed europei attorno al più ampio progetto europeo **Palimpsest**. Un progetto costruito attorno a una idea: trasformare l’acqua di uno dei fiumi più inquinati d’Europa in un’acqua minerale di qualità attraverso un sistema di filtraggio ed evaporazione. Una macchina - scultura realizzata con il supporto di AIPO (Agenzia Interregionale per il fiume Po) con materiali recuperati dal fiume, esposta nello spazio Renzo Piano del Campus Leonardo del Politecnico di Milano. Il progetto rientra nell’ambito della strategia europea del **New European Bauhaus** e sperimenta in tre casi pilota (Jerez de la Frontera, Lodz, Milano) come l’arte possa supportare un cambio di approccio e visione trasversale rispetto alle sfide ambientali.

© Edoardo Tomaselli



GROHE, AQUA GALLERY

Partendo dalla riflessione sulla scarsità delle risorse naturali e sui progressi tecnologici del futuro, l'azienda tedesca **Grohe** attraverso l'installazione "**Aqua Gallery**" ha voluto esplorare la connessione tra l'uomo e il puro piacere dell'acqua, nel rispetto della natura. Una riflessione che passa dalle capacità del design, capace di plasmare e connettere il mondo che ci circonda, e dell'innovazione come strumento per raggiungere gli obiettivi legati alla sostenibilità ambientale.

© GROHE - MDW Aqua gallery allure gravity



GRAND SEIKO - TOKUJIN YOSHIOKA, FROZEN

Grand Seiko ha curato l'installazione "**Frozen**", presso Palazzo Landriani, storico edificio situato nel cuore di Brera, in collaborazione con **Tokujin Yoshioka**, uno dei più rinomati artisti giapponesi. Il progetto trae ispirazione dal concetto di acqua, grazie ad una scultura luminosa trasparente che si trasforma con il passare del tempo come evocazione della mutevolezza e purezza di questo elemento naturale.

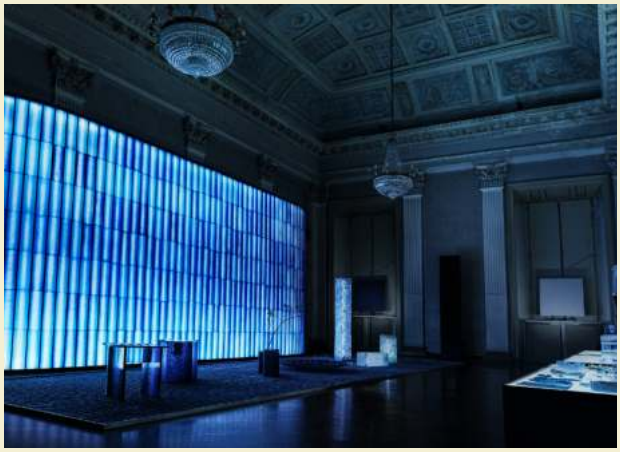


© Grand Seiko - Tokujin Yoshioka

AQUA CLARA - HONOKA, TRACE OF WATER

Nel programma di MoscaPartners Variations, mostra di design focalizzata sulla ricerca e l'innovazione, il progetto "**Trace of water**" si è concentrato sulla circolarità delle bottiglie di plastica. **Aqua Clara**, azienda leader nel mercato giapponese degli erogatori d'acqua, mira a raggiungere un futuro sostenibile, grazie anche alla collaborazione con il design lab Honoka, che ha scoperto che la resina delle bottiglie rimaste a lungo a contatto con l'acqua trattiene molta umidità, capace di creare innumerevoli bolle d'aria all'interno del materiale se riscaldata. Il fenomeno, definito appunto "tracce d'acqua", mette a fuoco il tema delle caratteristiche tecniche del policarbonato esplorandone il potenziale di applicazione in architettura e nella progettazione degli spazi.

© 2025 Trace of water - Honoka

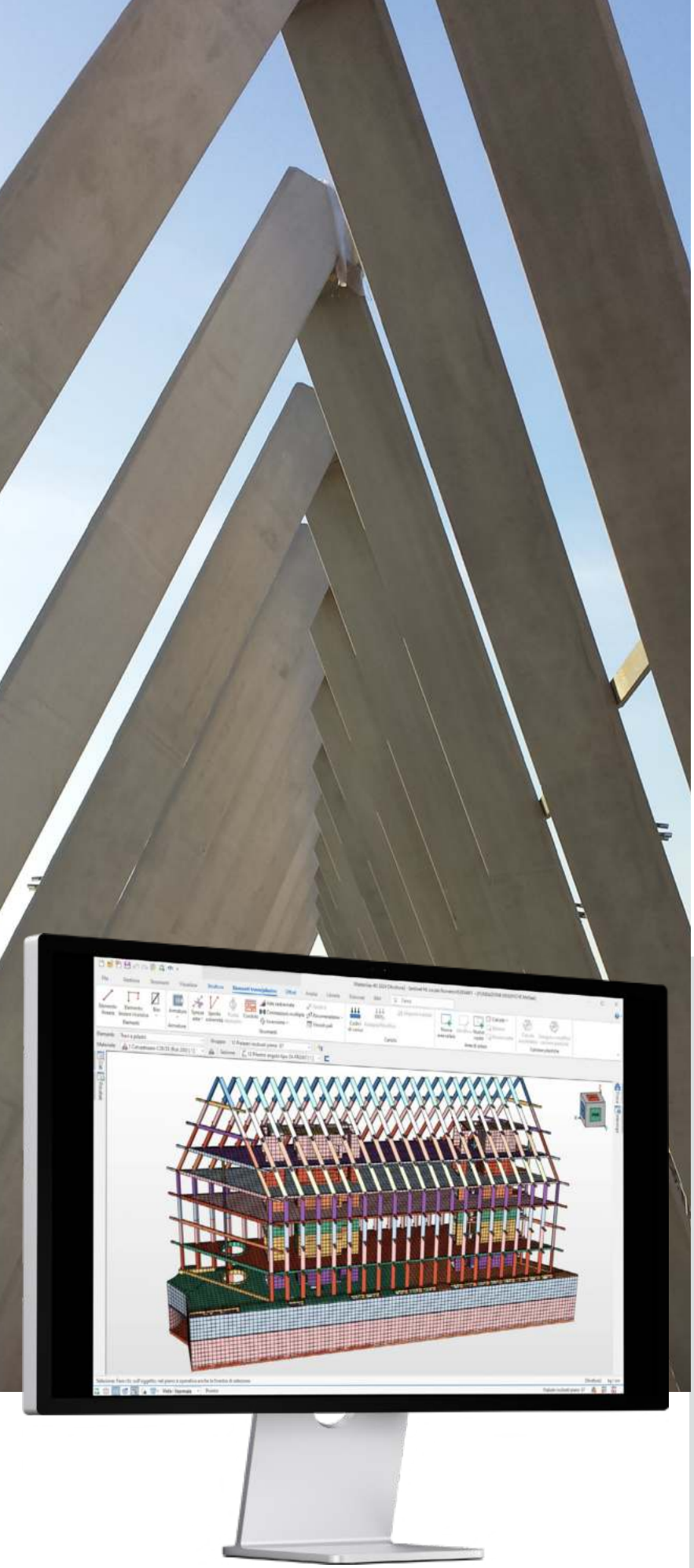


LUCE, ACQUA MATERIA, ARTI MINIME

Canale a colori, il progetto di **Arti Minime** diventato punto di riferimento della proposta culturale e di animazione del quartiere Navigli, ha portato in scena "**Luce, Acqua e Materia**", un palinsesto multidisciplinare con installazioni, esposizioni, workshop ed eventi sui temi dell'architettura, del design e delle arti applicate. Al centro di questa esperienza ci sarà **Palazzo Galloni**, sede del centro dell'incisione, dove l'acqua del Naviglio si è diffusa nell'edificio attraverso un'illuminazione architetturale, ulteriormente amplificata dal tessuto tecnico appositamente studiato.

© Canale a Colori MDW25





4U MASTERSAP for you

USER ORIENTED for you

UNIVERSALE for you

UNICO for you

UP-TO-DATE for you

Opzioni flessibili di acquisto. Puoi scegliere la soluzione più adatta alle tue esigenze, anche in **ABBONAMENTO ANNUO**.

Immagina un mondo dove la progettazione incontra l'intuizione. Un luogo unico dove le tue esigenze di progettazione trovano facilmente risposta, in un modo che non hai mai sperimentato prima.

Noi di AMV abbiamo immaginato questo futuro e abbiamo lavorato per te #4U

AMV SOFTWARE COMPANY

AMV s.r.l. Via San Lorenzo, 106 - 34077 Ronchi dei Legionari (GO) Italy
Ph. +39 0481.779.903 r.a. - Fax +39 0481 777.125
E-mail segreteria@amv.it - www.amv.it

SEGUICI SU

COMMUNITY AMBROSETTI, SENZA L'ACQUA A RISCHIO IL 20% DEL PIL NAZIONALE

FRANCESCA FRADELLONI, PPAN

LA PIATTAFORMA DI CONFRONTO DI TEHA IN CAMPO PER SVILUPPARE BEST PRACTICE PER LA FILIERA

La risorsa acqua, oltre ad avere un ruolo dominante sulla superficie terrestre e un legame profondo con la sopravvivenza del pianeta, può essere un driver di competitività e sviluppo industriale sostenibile? Secondo la **Community valore acqua per l'Italia**, la piattaforma di confronto di alto livello attivata da The European House – Ambrosetti (Teha) nel 2019, il tema ha l'ambizione di incidere in modo significativo nel percorso di modernizzazione e rilancio sostenibile del sistema Paese. L'Italia, infatti, è il terzo Paese europeo per incidenza dei **danni economici** provocati dal cambiamento climatico nell'ultimo anno: 267 euro pro capite, +30% rispetto alla media europea, circa due volte la Spagna, che registra un valore pari a 147 euro, circa sei volte la Francia, con un valore pari a 46 euro e oltre 10 volte la Germania, pari a 26 euro. La prima piattaforma multi-stakeholder analizza la filiera estesa dell'acqua nel suo complesso, identifica best practice internazionali e sviluppa proposte concrete.
Il **think tank** è in campo per sviluppare scenari, strategie, best practice e politiche per la filiera estesa dell'acqua in Italia e l'ottimizzazione del suo potenziamento a livello nazionale, regionale e comunale affinché il Paese possa posizionarsi come benchmark di riferimento europeo e mondiale. Di acqua o ce n'è troppo poca o troppa tutta insieme. Oggi più che mai una filiera dell'acqua efficiente e sostenibile è indispensabile per il futuro di ogni territorio e assume sempre più rilevanza. Diventa fondamentale avere una visione e un piano capace di mettere a sistema i contributi di tutti gli attori della rete.

20 %

del PIL nazionale,
dipende dalla disponibilità di acqua

267 euro

pro capite è il costo annuo
dei danni climatici in Italia

Partendo da questa riflessione, Teha ha coinvolto **gestori della rete, erogatori del servizio**, rappresentanti del **mondo dell'agricoltura, player industriali, provider di tecnologia, sviluppatori di software** e le **istituzioni** di riferimento, italiane ed europee, in un'ottica di confronto costruttivo e permanente. Per la sesta edizione dell'evento dedicato alla Community i partner coinvolti gestiscono oltre il **60% della rete idrica nazionale** e servono circa l'**80% dei cittadini**. Le evidenze emerse dal "**Libro bianco 2025**" dimostrano che è necessario un intervento sistemico. La catena del valore dell'acqua attiva una filiera lunga e complessa con 26 codici Ateco a due cifre e 74 sotto-codici a tre cifre. Analizzando oltre 84 milioni di osservazioni e 1,5 milioni di imprese e calcolando che nel 2023 l'acqua è l'elemento abilitante per **383 miliardi di euro di valore aggiunto**. **Senza l'acqua il 20% del PIL nazionale non potrebbe essere generato**.

Tuttavia, la sua gestione in Italia presenta luci e ombre. Dall'analisi condotta dalla Community i punti di forza italiani che emergono sono: un'elevata qualità dell'acqua di rete in Italia, con l'**85%** della risorsa idrica prelevata proveniente da falde sotterranee (contro una media europea di 62%), **ridotti consumi idrici nel settore energetico** (9% dei consumi idrici totali contro una media europea del 47%, terzo in Europa), **un buon livello di competenze tecnologiche**, con 79 richieste di brevetti per tecnologie legate all'acqua (terzo in Europa contro una media europea di 32) e 1.723 citazioni all'anno per pubblicazioni legate all'acqua (secondo in Europa contro media europea di 577), e un'elevata attenzione all'agricoltura biologica, con il **18% del terreno agricolo** dedicato, rispetto a una media europea dell'11% (quinto Paese in Europa). I punti di debolezza su cui rimane ampio margine di miglioramento sono: la persistenza di modelli di sfruttamento e consumo della risorsa idrica poco sostenibili, che vedono l'Italia come **terzo Paese in Europa per consumo domestico di acqua potabile** (62 metri cubi pro capite all'anno contro i 35 metri cubi di media europea) e **primo Paese in Europa per consumo di acqua minerale in bottiglia** (249 litri pro capite contro i 91 litri della media europea), **elevate perdite economiche legate al cambiamento climatico** (267 euro pro capite contro i 204 euro di media europea) e una quota di acque reflue domestiche depurate in modo sicuro al di sotto della media europea (70% contro i 79% della media Ue). L'indagine ha anche evidenziato un'attenzione diffusa al risparmio idrico: oltre il 95% dei cittadini italiani si dichiara attento alla riduzione dei propri consumi d'acqua, specialmente nelle aree più colpite dalla siccità, come la Sicilia. Tuttavia, questa attenzione ai consumi si accompagna a comportamenti "paradossali": **solo il 6% degli italiani ha una percezione corretta del proprio consumo idrico**, mentre il 23% lo sottostima fortemente e il **71% non è in grado di quantificarlo**, inoltre, oltre la metà dichiara di non bere mai o solo raramente acqua del rubinetto. I cittadini italiani tendono anche a sovrastimare il costo della bolletta dell'acqua, con solamente il **7% della popolazione a conoscenza del prezzo del servizio idrico**. Ciò nonostante, oltre il 56% dei cittadini considera il costo dell'acqua "alto" o "molto alto", dato particolarmente accentuato nel Sud del Paese.
La gestione dell'acqua sottende una **filiera industriale e di servizi** ad alti tassi di dinamicità. Al centro della gestione dell'acqua si posiziona il ciclo idrico esteso, composto dalle otto fasi del servizio idrico integrato e dei consorzi di bonifica e irrigazione, dai provider di software e tecnologie e dai produttori di macchinari, impianti e componenti. Il comparto ha generato **11 miliardi di euro nel 2023**, in crescita con un tasso annuo medio anno del +5,5% dal 2015 al 2023.

Per conclude, il "Libro bianco 2025" evidenzia come siano tre le componenti dei grandi utilizzatori di acqua in Italia. Il **settore agricolo** coinvolge oltre 1,1 milioni di imprese per un valore aggiunto di 39,5 miliardi di euro e 930mila occupati nel 2023. Le **imprese manifatturiere** idrovore contribuiscono al PIL con 287,7 miliardi di euro e occupano 3,5 milioni di lavoratori in circa 330mila imprese. In ultimo, sono 10mila le imprese del **settore energetico** per un valore aggiunto di 25,3 miliardi di euro e 101mila occupati. Infine, grazie al suo lavoro di raccolta dati e analisi, la Community è stata selezionata come **Osservatorio ufficiale della Cabina di regia per la crisi idrica**, composta da sette Ministeri e presieduta dal Commissario straordinario Nicola Dell'Acqua, contribuendo alla stesura della seconda relazione che è stata presentata alla Cabina di regia e alla Presidenza del Consiglio dei ministri nell'aprile 2024 con indicate le soluzioni di breve, medio e lungo termine per far fonte alla crisi idrica e siccitosa.

11 miliardi

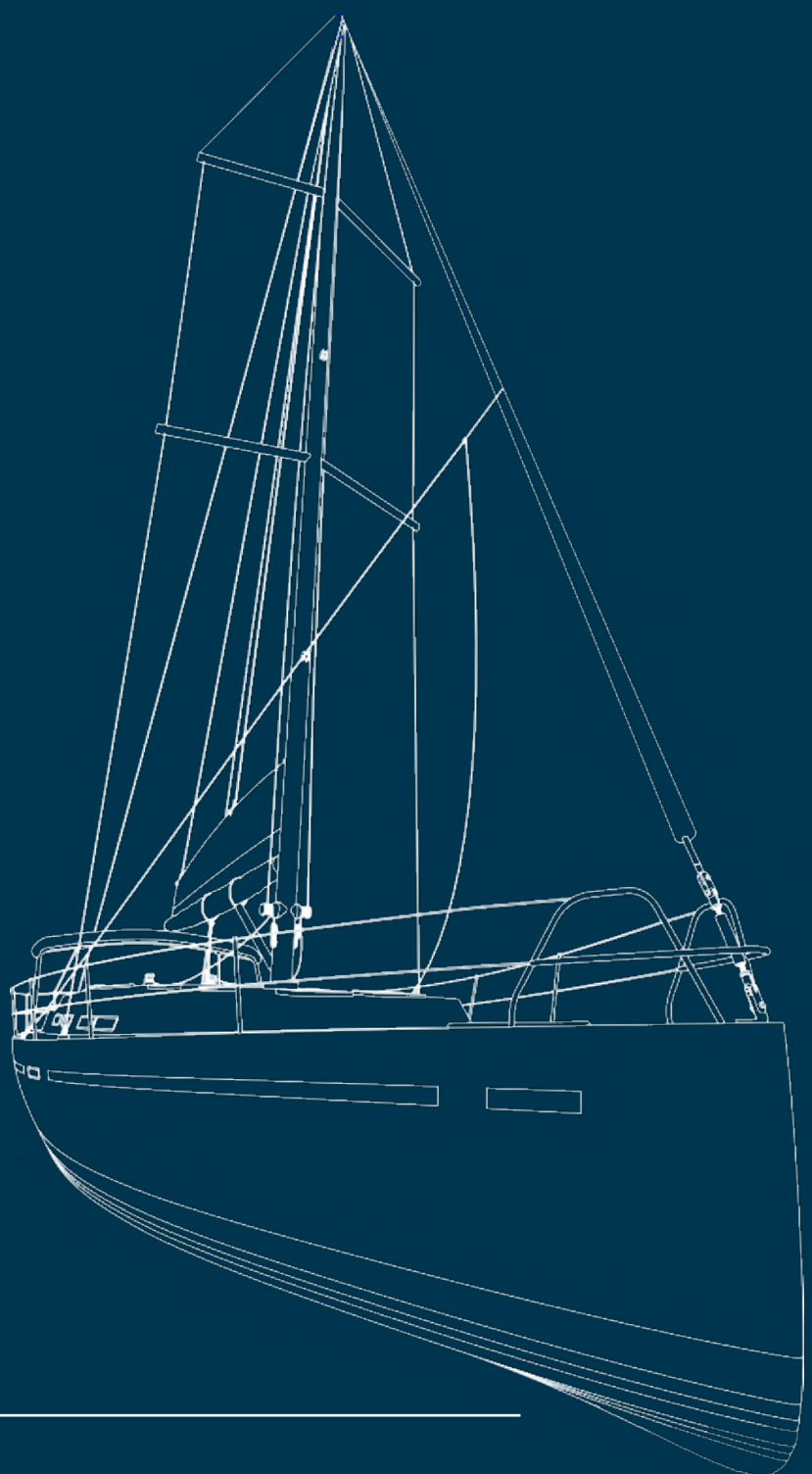
di euro è il valore del comparto industriale legato al ciclo idrico nel 2023

62 metri cubi

pro capite è il consumo domestico annuo di acqua in Italia

Bayesian, tra nautica e cambiamento climatico

All'alba del 19 agosto 2024, al largo di Porticello, in provincia di Palermo, il lussuoso **yacht a vela Bayesian è affondato** causando la morte di sette persone, tra cui il miliardario britannico Mike Lynch. Lungo 56 metri e costruito da **Perini Navi** nel 2008, rappresentava un'eccellenza dell'ingegneria nautica italiana. Il naufragio ha sollevato interrogativi tecnici legati al **progetto** e alla **costruzione dell'imbarcazione**, ma anche questioni connesse con il crescente impatto del cambiamento climatico sulla sicurezza in mare.



01 Un esempio di ingegneria navale

Realizzato interamente in alluminio, il Bayesian era uno sloop d'alta gamma, ovvero una barca a vela con un solo albero e un solo strallo. Il suo **albero di 75 metri** – all'epoca della costruzione il più alto al mondo in questo materiale – permetteva di sostenere una superficie velica fino a 2.900 metri quadri, conferendogli prestazioni straordinarie. Dotato anche di **due motori diesel MTU da 720 kW** ciascuno, lo yacht poteva navigare anche senza vento. L'interno, curato dallo studio Rémi Tessier, era talmente raffinato da valergli premi internazionali nel settore del design nautico.

02 La deriva: un dettaglio cruciale nella stabilità

Elemento chiave per la sicurezza dell'imbarcazione era la **deriva mobile**, una pinna immersa sotto lo scafo che garantiva stabilità e contrastava la spinta laterale del vento. Abbassata, portava l'immersione massima dello yacht a 9,7 metri; ritratta, si riduceva a circa 4 metri. Secondo le prime ricostruzioni, al momento del naufragio la deriva non era estesa, una possibile concausa dell'affondamento. In presenza di mare agitato o raffiche improvvise, questa condizione può infatti **far inclinare pericolosamente l'imbarcazione**, rendendola vulnerabile.

03 Clima estremo: un contesto da ripensare

Il naufragio del Bayesian va inserito in un **contesto climatico sempre più instabile**. Secondo i meteorologi, quella notte si sarebbe verificato un *downburst*, fenomeno meteorologico violento e improvviso, sempre più comune nel Mediterraneo a causa del riscaldamento globale. Anche le imbarcazioni progettate per affrontare l'oceano non sono immuni a questi cambiamenti. Il caso porta a far riflettere sul fatto che un progetto tecnico, pur curato nei minimi aspetti, deve essere affiancato da **sistemi predittivi evoluti** e procedure operative aggiornate al nuovo contesto climatico.

04 Una lezione per l'ingegneria navale del futuro

Il Bayesian non era solo simbolo di eccellenza, ma anche **banco di prova per l'evoluzione dell'ingegneria navale**. Anche i lavori di manutenzione svolti tra il 2016 e il 2020 a Maiorca sono oggetto di indagine, per verificare se modifiche strutturali abbiano influito sulla stabilità. La letteratura sul disastro del Mediterraneo **interessa esperti di ingegneria navale e di clima**, senza lasciare esclusi i non addetti ai lavori in virtù del target dei passeggeri coinvolti. Per i tecnici dubbi e risposte si concentrano sull'incidenza del fattore climatico, sul come integrare resilienza ambientale, materiali innovativi e un nuovo approccio alla sicurezza, considerando i mutamenti in atto.

CONDOTTE COLABRODO E DISSALATORI ARRUGGINITI, IL CASO SICILIA

FRANCESCA FRADELLONI, PPAN

STRATEGIE PER LA CURA DEL TERRITORIO E UN PIANO A BREVE TERMINE PER FORNIRE ACQUA ALLE PROVINCE PIÙ COLPITE

Perdite delle condotte idriche al **56,1%** e **47 dighe**, di cui solo 20 collaudate, e **17 quelle già dismesse**. Tra "contenitori" fuori uso e dissalatori arrugginiti, la gestione dell'approvvigionamento fa acqua da tutte le parti. Nonostante le piogge di questi mesi la siccità incombe nella terra di Sicilia. In tutti gli invasi, se si supera una quota di sicurezza fissata dalle autorità di bacino inferiore a quella teorica, scatta lo sversamento automatico. Dunque, quali strategie mettere in atto per non assistere più alle lunghe code degli agricoltori davanti alle autobotti e alle manifestazioni in piazza a Palermo?

Infatti, l'estate scorsa la Sicilia aveva **dichiarato lo stato di emergenza** per **la grave siccità** e aveva approvato un piano di razionamento dell'acqua che coinvolgeva quasi **un milione di persone**: circa un quinto della popolazione. Il piano prevedeva la riduzione forzata di forniture d'acqua potabile da parte di Siciliacque, la società che gestisce le reti idriche dell'isola, in 93 Comuni nelle province di Agrigento, Caltanissetta, Enna, Messina, Palermo e Trapani. Negli anni le promesse sono state tante e molto l'ottimismo nelle intenzioni. È di marzo, però, l'annuncio del presidente regionale, **Renato Schifani**, sul piano di breve e medio termine da **290 milioni** per fornire acqua alle province più colpite come **Caltanissetta**, **Agrigento** e **Trapani**, ma anche per mettere in sicurezza quasi tutta **l'area metropolitana di Palermo**: secondo calcoli dei tecnici regionali vengono consumati nell'area **3.300 litri di acqua al secondo**. Il piano si divide in due parti: da una parte ci sono i **tre dissalatori di Gela**, **Porto Empedocle e Trapani**; dall'altro **due nuovi dissalatori da costruire** (uno nell'area di Termini Imerese con una capacità di 700 litri di acqua al secondo e l'altro sulla parte occidentale della provincia nell'area di Isola delle Femmine con una capacità di 400 litri di acqua al secondo). Nel caso degli impianti di Gela, Porto Empedocle e Trapani (nel sito del vecchio impianto di Paceco) sono disponibili 120 milioni (90 di fondi Fsc, 10 milioni da bilancio regionale e 20 milioni messi a disposizione dal governo nazionale), nel secondo caso i fondi sono ancora da trovare. A oggi è arrivato il via libera definitivo da Roma per la realizzazione e la messa in funzione del dissalatore di Trapani e i dissalatori mobili di Porto Empedocle, nell'Agrigentino, e di Gela, nel Nisseno.

In questo ultimo mese sono arrivate le attese piogge, ma sarebbe miope esprimere soddisfazione. «L'area mediterranea si conferma un hub della crisi climatica e bisogna accelerare negli interventi infrastrutturali di prevenzione, perché il territorio è sempre più fragile per una serie di concause: dall'inarrestabile cementificazione al progressivo spopolamento

delle aree interne fino all'innalzamento del livello del mare», spiega **Massimo Gargano**, direttore generale dell'Associazione nazionale dei **Consorzi di gestione e tutela del territorio e delle acque irrigue (Anbi)**. Secondo i dati dell'**Autorità di bacino del distretto idrografico della Sicilia**, nella regione i volumi idrici complessivi, stoccati nei bacini artificiali, hanno toccato una quantità 355,02 milioni di metri cubi, superiore di 56 milioni di metri cubi a quanto registrato a fine marzo 2024, ma inferiore di oltre 76 milioni rispetto al 2023 e corrispondente a meno del 51% dei volumi di riempimento autorizzati; inoltre, la risorsa idrica realmente utilizzabile è meno di 212 milioni di metri cubi.

Anche **Nicola Dell'Acqua**, commissario straordinario nazionale per l'emergenza idrica, non è ottimista. «Ho una visione pessimistica, il Meridione e le Isole hanno per i bacini una situazione peggiore dell'anno scorso, la prossima estate sarà particolarmente dura», afferma. Una situazione non rosea in tutta Italia, in cui si può dire con certezza che l'obiettivo 6 dell'Agenda 2030 dell'Onu, che intende garantire acqua pulita e adeguati servizi igienico-sanitari per i cittadini, appare, ancora lontano dall'essere raggiunto. Pesa anche allarme emerso nella relazione della **Sezione di controllo per gli affari europei e internazionali della Corte dei Conti** dello scorso 20 marzo, dal titolo "Il contributo al raggiungimento dell'obiettivo sei dell'Agenda 2030 dell'Onu e alla mitigazione dei danni connessi alla siccità attraverso il miglioramento della rete distributiva e dell'approvvigionamento idrico". L'Italia affronta una crisi idrica dovuta a infrastrutture obsolete e a una gestione inefficiente che richiedono interventi urgenti e significativi investimenti. Infatti, a fronte di un volume di acqua prelevato per uso potabile che supera i **nove miliardi di metri cubi all'anno**, per un **prelievo giornaliero di 25 milioni**, il volume realmente erogato corrisponde alla metà (4,6 miliardi) del prelievo, a causa delle perdite nel trattamento di potabilizzazione (un miliardo) e per l'inefficienza della distribuzione in cui **viene sprecato circa il 40% del quantitativo** immesso in rete (3,4 miliardi). Inoltre, da un lato, il fabbisogno stimato per sostenere gli investimenti e la **manutenzione è di sei miliardi all'anno**, dall'altro, le **entrate tariffarie non superano i quattro miliardi**. Dei 5,3 miliardi di euro riferiti ai 628 interventi in corso, 3,7 sono ascrivibili al Pnrr, soprattutto per investimenti sulla sicurezza dell'approvvigionamento idrico e sulla riduzione delle perdite nelle reti di distribuzione (compresi la digitalizzazione e il monitoraggio). L'utilizzo idrico a fini irrigui registra 279 progetti attivi a fine 2024, per oltre due miliardi di euro distribuiti su molteplici fonti di finanziamento, Pnrr incluso.

L'analisi degli investimenti lordi del periodo 2012-2023, calcola la Corte, segna un incremento da 33 a 70 euro pro capite, mentre il rapporto tra valori medi delle tariffe e prodotto interno lordo pro capite dei Paesi Ue rimarca l'inadeguatezza dell'attuale sistema tariffario italiano a garantire gli investimenti necessari. Per il futuro - è la conclusione - si pone **la scelta tra l'adeguamento delle tariffe e il reperimento di fonti finanziarie** di altra natura che sostituiscano le risorse assicurate, fino al 2026, dal Pnrr.

©Adobe Stock



ACQUA, ENERGIA E MARE PER LA TRANSIZIONE ECOLOGICA. LA SFIDA DELLE START UP

LUIGI RUCCO, PPAN

LA CONOSCENZA COME PRIMO PASSO VERSO UNA MAGGIORE CONSAPEVOLEZZA E RESPONSABILITÀ. ALLA MILANO DESIGN WEEK 2025 PROGETTISTI E AZIENDE HANNO PORTATO IN MOSTRA IDEE, INFRASTRUTTURE E MATERIALI

Le startup rappresentano indubbiamente uno dei motori principali dell'innovazione. Agili, visionarie e capaci di integrare ricerca e sviluppo, riescono a intercettare bisogni emergenti e a trasformarli in opportunità di cambiamento. Nel contesto della transizione ecologica, nuovi modelli di produzione, consumo e gestione delle risorse naturali contribuiscono a costruire un futuro più resiliente e rispettoso dell'ambiente. L'attenzione verso il settore idrico, l'energia rinnovabile, la blue economy e l'economia circolare ne è una testimonianza concreta, alimentata da iniziative di sostegno e valorizzazione che favoriscono lo sviluppo di idee ad alto impatto.

Nel 2024 si è svolta la seconda edizione di **Up2Stars**, il programma dedicato alla valorizzazione e crescita delle startup innovative in Italia, ideato da **Intesa Sanpaolo**, in collaborazione con **Intesa Sanpaolo Innovation Center**. Il bando ha visto la candidatura di oltre **600 startup**, di cui 40 selezionate in quattro categorie diverse. Sono 10 quelle selezionate e attive nel settore **WaterTech**, specializzate nella gestione del suolo, raccolta dell'acqua piovana, riutilizzo delle acque reflue e produzione di acqua con nuove tecnologie.

Tra queste da segnalare **Wave**, che propone un sistema IoT per la gestione idrica in grado di ridurre il consumo d'acqua del 30% e quello energetico del 20 per cento. Il sistema permette di regolare il flusso solo quando la temperatura desiderata viene raggiunta, facendo ricircolare l'acqua prima di erogarla: in questo modo si possono risparmiare più di 3mila litri di acqua all'anno per persona. La valvola inserita è dotata di sensori in grado di individuare eventuali perdite e generare dati che possono essere utili per ottimizzare l'uso dell'acqua in base alle

abitudini dei clienti, ottimizzando i consumi, visto che viene utilizzata l'energia per riscaldare solo la quantità d'acqua richiesta.



© Adobe Stock

Giar Energy è la startup marchigiana che ha brevettato la turbina Giar, capace di sfruttare le proprietà dei fluidi per produrre energia elettrica da fonti rinnovabili: moto ondoso, correnti fluviali e marine, maree e vento. Con un rendimento meccanico certificato del 94% e un meccanismo capace di funzionare già a 20 cm di altezza d'onda, la turbina offre applicazioni versatili, dal mare ai fiumi, senza limiti di dimensionamento.

Non solo startup, ma anche strumenti per potenziare l'ecosistema imprenditoriale. **Faros** è il primo acceleratore italiano dedicato alle startup in ambito blue economy e parte della Rete nazionale acceleratori promossa da **Cdp venture capital** con **l'Autorità di sistema portuale del Mar Ionio-porto di Taranto**. Faros promuove le sue attività attraverso due rilevanti hub italiani, Taranto e La Spezia, alla ricerca di startup italiane e internazionali per promuovere un'economia del mare resiliente e innovativa per ottimizzare le attività portuali e incentivare una navigazione più sostenibile. Durante le tre edizioni sono state selezionate ben 25 startup che si distinguono nel campo della blue economy. Tra queste **Deepvision 3D** sviluppa software avanzati e droni subacquei per ispezioni marine, utilizzando la mappatura Lidar ad alta risoluzione e l'intelligenza artificiale per monitorare le infrastrutture, rilevare anomalie e garantire una costante manutenzione sostenibile. La dashboard centralizzata permette di tracciare le informazioni aggiornate per i gestori delle infrastrutture.

Algae Scope è una startup che sviluppa allevamenti di alghe marine e tecnologie brevettate per trasformare la biomassa in energia, materiali e fertilizzanti, riducendo le emissioni di Co2 e migliorando la salute degli oceani. Nata con un approccio scalabile a livello globale che si concretizza localmente, la startup collabora con le industrie regionali per de-fossilizzare le catene di approvvigionamento e sviluppare bioprodotti a base di alghe, quali ad esempio biocarburanti, fertilizzanti, fibre alternative per l'abbigliamento e materiali per le costruzioni.

Seaform consente la creazione di suolo sull'acqua in grado di adattarsi alle crescenti necessità di porti, impianti off-shore e città costiere. Il sistema, a differenza dei metodi tradizionali (ad esempio il dragaggio), permette una crescita modulare e una flessibilità adattativa a diverse profondità. Grazie al suo sistema di bilanciamento, è versatile nelle diverse funzioni e si distingue per una significativa riduzione di tempi e costi di costruzione. Seaform è il risultato delle attività di ricerca del Marine offshore renewable energy laboratory del **Politecnico di Torino**, un team composto da professionisti esperti in tecnologie off-shore e competenze in gestione della proprietà intellettuale, progettazione, biologia marina e sostenibilità ambientale.

Sempre in tema, si è conclusa a fine novembre 2024 la call per startup del programma "**Sete: 100 idee per salvare il mondo**", nell'ambito della manifestazione **Accadueo**, organizzata da **StartupItalia** in collaborazione con **Regione Puglia**, Acquedotto Pugliese e Unido Itpo Italy. Una call per raccogliere 100 idee brillanti capaci di contribuire alla salvaguardia della filiera estesa dell'acqua. Ad aggiudicarsi il primo premio è stata la startup **Blu eco line** con River cleaner, un impianto brevettato per l'intercettazione di rifiuti flottanti in ambiente fluviale, che grazie ad un sistema di riconoscimento immagini basato sull'intelligenza artificiale, riesce a identificare autonomamente la presenza di rifiuti e a estrarli dal corso d'acqua. Ogni impianto, oltre a un sistema di controllo locale, possiede un gestionale per il controllo remoto, che ne consente il monitoraggio, analisi dei dati e risoluzione problemi a distanza. A fine 2024 è stato installato un sistema sul canale San Rocco, a Marina di Grosseto, grazie alla collaborazione con il **Comune**, il **Consorzio di bonifica 6 Toscana sud e la Regione Toscana**.

Tra le dieci selezionate anche **Soonapse**, startup che ha presentato il sistema di irrigazione intelligente **Ploovium**, basato su un insieme di sensori di rilevamento e attuatori meccanici con una "conoscenza ontologica" capace di consultare costantemente le previsioni meteo a 5 giorni. Questo permette al sistema di conoscere in pochi giorni l'impronta idrica di ciascun terreno, con la specifica coltura presente in quel momento (o nei periodi

© Adobe Stock



precedenti la semina), analizzando le fasi fenologiche e rilevando costantemente il bilancio idrico del suolo. Tutto questo, aggiunto ad una geolocalizzazione precisa del terreno, che permette di ottenere previsioni meteo personalizzate, rappresenta il prezioso bagaglio di conoscenze che permette a Ploovium di comprendere la situazione del terreno e mettere in pratica le migliori soluzioni per massimizzare rese colturali e minimizzare rischi e costi.

Da nord a sud, sono tante le realtà che investono continuamente nella ricerca per l'ambiente e la salute dell'uomo. **TheCircle** è la startup romana che ha partecipato a tre progetti finanziati dall'Unione Europea tramite il programma **Horizon 2020**, con lo scopo di creare un sistema di coltivazione verticale innovativo. L'impianto acquaponico permette di coltivare le migliori varietà vegetali senza generare alcun tipo di scarto riuscendo a valorizzare ogni rifiuto e reintroducendolo nel ciclo produttivo. L'acqua circola dalle vasche dei pesci raggiungendo e fertilizzando le piante, per tornare poi nuovamente pulita ai pesci. Questo consente di recuperare tutta l'acqua che le piante non riescono ad assorbire, riducendo del 90% il consumo di acqua per chilogrammo di prodotto rispetto all'agricoltura tradizionale.

Risolvere l'emergenza acqua a partire dai piccoli gesti domestici. Da questa idea parte la startup londinese **LeakBot**, che ha progettato un dispositivo in grado di monitorare eventuali perdite dell'impianto idrico di una casa, avvisando gli inquilini in caso di problemi tramite notifiche via app. Il dispositivo si installa facilmente esternamente alle tubature e funziona tramite una tecnologia in grado di misurare con precisione sia la temperatura dell'aria che quella dell'acqua in casa. L'app inoltre può attivare un servizio di pronto intervento per individuare e riparare il guasto. Non solo ricerca e innovazione, ma responsabilità sociale legata al prodotto acqua. **Wami** è la b-corp fondata nel 2016 con sede a Milano che vende acqua in lattina, platica riciclata e vetro (tutti i packaging sono rPet). Wami si distingue nel settore per offrire ai propri clienti corporate la possibilità di raggiungere la "water equality" compensando l'impronta idrica di ogni singola azienda. Con ogni bottiglia Wami dona 100 litri di acqua potabile, contribuendo a finanziare la realizzazione di progetti idrici in grado di portare acqua potabile a chi non vi ha accesso. Su ogni etichetta è possibile tracciare il progetto di sviluppo idrico legato alla specifica comunità a cui è rivolto.

© Adobe Stock



EVACUATORE DI FUMO SMOKE ARIES®





EVACUAZIONE FUMO E CALORE



BARRIERE AL FUMO E AL FUOCO

CAODURO



ILLUMINAZIONE ZENITALE



SMALTIMENTO FUMO E CALORE

ILLUMINAZIONE ZENITALE, VENTILAZIONE NATURALE, CONTROLLO DEL FUMO E DEL CALORE

Realizziamo cupole, lucernari, strutture centinate, basamenti, dispositivi per la ventilazione naturale, box di controllo, sistemi per il controllo del fumo e del calore, barriere per il controllo del fumo e del fuoco e sistemi di ventilazione naturale e forzata.

CUPOLE · LUCERNARI · CENTINATI · BASAMENTI · SENFC · BOX DI CONTROLLO · EFFC · BARRIERE AL FUMO · BARRIERE AL FUOCO · VENTILAZIONE GIORNALIERA

Visita il nostro sito

caoduro®

0444 94 59 59

info@caoduro.it

Via Chiuppese ,15 36010 - Monticello Conte Otto Vicenza, Italia

Biografie

gli autori di questo numero

Francesco Fatone

E' Professore Ordinario di Ingegneria Chimica-Ambientale presso l'Università Politecnica delle Marche e Coordinatore del Dottorato di Ricerca in Ingegneria Civile, Ambientale, Edile e Architettura. La sua attività scientifica e progettuale si concentra sulla transizione circolare e resiliente dei sistemi idrici e ambientali, con un forte approccio interdisciplinare e orientato all'innovazione. Dal 2017 guida il gruppo di ricerca WWEELab (Water and Waste Environmental Engineering Lab), con cui ha coordinato o guidato oltre 20 progetti ed azioni di innovazione finanziate dalla Commissione Europea nei programmi Horizon Europe, Horizon2020, PRIMA, LIFE+, Water JPI, ENI CBC MED, INTERREG. E' esperto di Water Europe, fellow dell' International Water Association (IWA), e lavora come valutatore e rapporteur per la Commissione Europea, con particolare riferimento a programmi e progetti di R&S&I. E' stato Editor in Chief della rivista H2Open Journal (IWA Publishing) e Associate/ Guest Editor di importanti riviste scientifiche ISI come Water Research, Process Biochemistry, e Water Science and Technology. È stato inoltre membro del comitato di esperti del Ministero dell'Ambiente italiano sull'economia circolare.

Salvatore Alecci

Ingegnere progettista di acquedotti, impianti idroelettrici, laghetti collinari, fognature, impianti di depurazione, sistemazioni di corsi d'acqua, opere per l'invarianza idraulica o idrologica. Ex ricercatore all'Università della Basilicata e professore a contratto all'Università di Catania. Ex Consigliere dell'Ordine di Catania e ex Consigliere Segretario della Consulta degli Ordini della Sicilia. Presidente di Sezione e Consigliere nazionale dell'Associazione Idrotecnica Italiana e componente del CTS dell'Autorità di bacino della Sicilia.

Alberto Paolo Campisano

Professore Ordinario di Costruzioni Idrauliche e Marittime e Idrologia presso il Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura dell'Università degli Studi di Catania e docente dei corsi di Infrastrutture Idrauliche e Protezione Idraulica del Territorio. Dottore di ricerca in Ingegneria Idraulica presso l'Università degli Studi di Napoli "Federico II". Autore di numerosi articoli su riviste scientifiche internazionali e nazionali. Chief Editor della rivista scientifica ISI Urban Water Journal, Taylor & Francis eds. Componente del Consiglio Direttivo del CSDU - Centro Studi Idraulica Urbana.

Giulio Conte

Biologo, socio fondatore di IRIDRA, dal 1989 svolge attività di ricerca e consulenza in campo ambientale, con particolare riferimento alla gestione delle acque, dei fiumi e dei bacini idrografici. È tra i soci fondatori di Ambiente Italia, di IRIDRA e del Centro Italiano per la Riqualificazione Fluviale (CIRF) di cui è stato presidente dal 1999 al 2008. Ha pubblicato decine di articoli scientifici e divulgativi e un volume sulla gestione sostenibile delle acque nelle città (Nuvole e sciacquoni. Edizioni Ambiente 2008).

Matteo Dall'Amico

Ingegnere gestionale di formazione, ha conseguito un dottorato di ricerca in ingegneria ambientale con specializzazione in idrologia degli ambienti montani. Nel 2014 ha fondato Waterjade, vincendo numerosi premi per l'innovazione nei settori dell'acqua, lotta ai cambiamenti climatici e osservazione della Terra. È un professionista con oltre 15 anni di esperienza in applicazioni sul monitoraggio e la previsione di risorse idriche a favore di aziende Idroelettriche, Servizi Idrici Integrati ed Enti pubblici.

Michele Del Corso

Ingegnere idraulico/ambientale, opera nelle multiutility del servizio pubblico da oltre 30 anni ed attualmente ricopre il ruolo dirigenziale nell'area tecnica di ASA spa, Gestore Unico del servizio idrico integrato di 32 comuni in 3 Provincie dell'ATO n° 5 Toscana Costa. E' responsabile della LoB progettazione ed investimenti ed ha maturato nella propria esperienza lavorativa competenze specifiche nel campo dell'ingegneria idraulica e sanitaria/ambientale, grazie anche all'assunzione nella propria carriera di ruoli di progettista di impianti del servizio idrico, direttore dei lavori, collaudatore e responsabile del procedimento in fase di esecuzione di appalti pubblici. Riveste anche il ruolo di Presidente del consorzio pubblico/privato ARETUSA, titolare di un impianto terziario realizzato a Rosignano Solvay che tratta dal 2007 le acque in uscita dai depuratori civili e finalizza al riuso dell'industria chimica di Solvay circa 4.000 kmc/anno di acque depurate.

Anna Laura Eusebi

E' Professore Associato di Ingegneria Sanitaria-Ambientale presso l'Università Politecnica delle Marche. PhD, lavora da anni su macro-tematiche relative allo sviluppo e alla validazione delle migliori tecnologie e processi per il trattamento e la valorizzazione di matrici liquide, civili ed industriali, anche in ottica di impronta ambientale, energetica e di carbonio. Dal 2010 è Direttore operativo per il gruppo WWEELab (Water and Waste Environmental Engineering Lab) e per la piattaforma sperimentale di UNIVPM sita presso l'impianto di depurazione di Falconara Marittima. La sua esperienza ha permesso la collaborazione o il coordinamento di circa 80 ricerche commissionate da aziende/industrie e da enti principalmente del settore idrico. Ha partecipato o partecipa come ricercatore o come referente scientifico a diversi progetti nazionali ed internazionali in programmi europei.

Orazio Giustolisi

Dal 2003 è Professore Ordinario al Politecnico di Bari. Insegna Hydroinformatics e Gestione dei Sistemi Idraulici. Già Preside della II Facoltà di Ingegneria e membro di SA e CdA, è fondatore della spin-off IDEA-RT. È oggi Responsabile del Dottorato "Industriale" in "Change Management in Civil Engineering Infrastructures". È stato Editore Capo del Journal of Hydroinformatics e Chair del Leadership Team di Hydroinformatics IWA-IAHR. Autore di circa 80 articoli su riviste internazionali, ha ricevuto oltre 4800 citazioni in SCOPUS con H-index 40 e oltre 3900 in ISI WoS con H-index 37. È il Chair del prossimo IAHR World Congress del 2027 in Bari.

Andrea Guerrini

Componente di ARERA e Vice-Presidente di WAREG (Associazione regolatori europei del servizio idrico). Membro del Bureau del Network of Economic Regulators dell'OCSE. Ex Presidente del Consiglio di Gestione di ASA S.p.A. (2016-2018). Professore del Dipartimento di Economia Aziendale all'Università di Verona, attualmente in congedo. Co-fondatore del WaMaTeRC (Water Management Technology Research Center), ha partecipato a progetti di ricerca UE. Ha collaborato alla predisposizione del metodo tariffario per il Servizio Idrico della Provincia di Bolzano. Autore di pubblicazioni internazionali tra cui "Water management in Italy: "Governance, Performance and Sustainability" (2014) e "Management delle aziende del servizio idrico" (2018).

Evina Katsou

Una delle massime esperte di ingegneria delle acque e dell'ambiente, è Chair Professor presso l'Imperial College di Londra. Dirige il gruppo Resilienza e Sostenibilità, composto da 25 ricercatori post-dottorato e dottorandi, che integra strumenti digitali avanzati, IA e modelli basati sui dati per sperimentare soluzioni sostenibili e resilienti nei settori dell'acqua, delle acque reflue e in altri settori industriali. La professoressa Katsou svolge un ruolo chiave nella strategia di resilienza dell'acqua, contribuendo con la sua esperienza a definire strategie che migliorino la sostenibilità e la resilienza dell'acqua, in particolare nel contesto dell'adattamento ai cambiamenti climatici e dell'efficienza delle risorse. Ha guidato oltre 45 progetti di R&S, coordinando e agendo come ricercatore principale per 36 di essi. Questi progetti riguardano il trattamento delle acque reflue, il recupero delle risorse, le energie rinnovabili e lo sviluppo di strumenti decisionali in vari settori.

Maria Giovanna Montalbano

Giurista laureata con lode alla LUISS, vanta una carriera professionale di rilievo nelle istituzioni pubbliche italiane. Dopo esperienze al Senato, al Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, all'Autorità Garante della Concorrenza e del Mercato ed al Ministero dello Sviluppo Economico, ha ricoperto ruoli chiave nella Presidenza del Consiglio per le politiche europee e per la coesione. Dal 2019 è assistente del Collegio ARERA e dal 2022 funzionario dell'Autorità, dove coordina il Gruppo di lavoro sulla parità di genere. E' autrice di pubblicazioni su concorrenza, energia e diritto e relatrice in seminari internazionali e nazionali.

Ivan Portoghese

Dottore di ricerca in Ingegneria civile e ambientale, è ricercatore presso l'Istituto di ricerca sulle acque del CNR. È esperto di metodi e strumenti per la pianificazione e la gestione delle risorse in bacino a clima mediterraneo. Ha preso parte a numerosi progetti di ricerca nazionali e internazionali attinenti allo sviluppo di politiche per la gestione sostenibile delle risorse idriche, nonché al supporto di istituzioni ed enti operanti nel settore idrico.

Virginia Recanati

Ingegnere, è manager dei beni culturali dal 2018. Esperta di gestione tecnica del servizio idrico integrato, con più di venticinque anni d'esperienza nel settore. Studiosa dell'idraulica antica e moderna e dei sistemi di approvvigionamento, distribuzione e " cura" della risorsa idrica. Attuale vice presidente dell'Ordine degli Ingegneri di Fermo.

Emanuele Romano

Laureato in Fisica e dottore di ricerca in Scienze della terra, è ricercatore presso l'Istituto di ricerca sulle acque del CNR. Negli ultimi anni ha focalizzato le proprie ricerche sulla valutazione degli impatti dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche e sui sistemi di approvvigionamento, con particolare riferimento agli eventi siccitosi. È membro della Commissione grandi rischi del Dipartimento della protezione civile dal 2023.

Francesco Maria Sebastiani

Ingegnere libero professionista, svolge da oltre venticinque anni l'attività di progettazione, direzione lavori e collaudi in campo edile, infrastrutturale, ristrutturazione. Attuale Consigliere dell'Ordine degli Ingegneri di Fermo.

Paolo Taglioli

Da ottobre 2015 ricopre la carica di Direttore Generale di Assoideoelettrica, Associazione Italiana dei produttori Idroelettrici. In precedenza è stato membro della Giunta di Aper (Associazione Produttori di Energie Rinnovabili) e vicepresidente nazionale di Federpern (Federazione dei Produttori Idroelettrici). Titolare di numerosi incarichi istituzionali tra i quali quelli di Consigliere presso l'Unione dei Comuni dell'Appennino Bolognese, Consigliere del Parco Regionale del Corno alle Scale, Membro dell'Osservatorio di Regolazione di Arera, Membro del Consiglio nazionale della Green Economy, Membro delegato alla Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile e Referente nazionale per l'Idroelettrico in Eref (Federazione Europea Energie Rinnovabili).

Francesco Tornatore

Nato a Napoli l'8 marzo del 1969, si è laureato in Chimica Industriale presso l'Università degli studi di Napoli "Federico II" nell'ottobre del 1997. Inizia la sua esperienza lavorativa nella Pubblica Amministrazione nel 1999 presso l'Autorità di bacino del fiume Po ricoprendo il ruolo di Responsabile dell'Area di Posizione Organizzativa nel Servizio "Tutela e Gestione delle Risorse Idriche" fino al 2011. Dal 2011 al 2023 ha lavorato presso la Regione Emilia-Romagna dove ha ricoperto il ruolo di Responsabile dell'Area di Posizione Organizzativa "Tutela Patrimonio Idrico e Disciplina degli Scarichi". Dal 2023 è Dirigente del Settore "Pianificazione e gestione degli usi della risorsa" presso l'Autorità di bacino distrettuale del fiume Po. Attualmente è responsabile del Progetto Life Climax Po, di cui l'Autorità di bacino è leader partner.

Simone Venturini

Iscritto dal 1997 all'Ordine degli Ingegneri di Verona, è Direttore Tecnico, Dirigente e Consigliere delegato per le opere idrauliche di Technital S.p.A. Ha una vasta esperienza nel campo dell'ingegneria idraulica, in particolare nella progettazione di opere quali condotte, impianti di depurazione, invasi, dighe e sfioratori, idrovie e conche di navigazione, scolmatori fluviali, bacini di laminazione delle piene. Ha maturato particolari competenze in idrogeologia, deflusso delle acque sotterranee, deflusso in canali aperti, progettazione di dighe. La sua esperienza copre l'Italia e altri paesi come Qatar, Iraq, Mozambico, Trinidad e Tobago, Bolivia, Libia, Kenya, Bosnia Erzegovina.



Sistemi di Sicurezza per Edifici Logistici

Apertura di smaltimento fumo

Gli edifici per la logistica sono immobili industriali che si occupano della distribuzione di materiali e prodotti realizzati presso attività produttive. Operano dunque sia come magazzini che come luoghi di partenza o destinazione della merce nelle operazioni di trasporto e produzione.



Apertura di smaltimento fumo



Apertura di smaltimento fumo

Ferma restando l'unicità di ogni progetto relativo agli edifici per la logistica, queste strutture di norma si compongono di aree principali quali quella di ricezione e scarico e quella di stoccaggio, così come di zone che ospitano le piattaforme di imbarco e carico. Da questa premessa si può comprendere che questi immobili siano caratterizzati da volumi di grandi dimensioni e che di conseguenza richiedano sistemi efficaci nella gestione dell'emergenza in caso di incendio. Scaturisce quindi la richiesta di sistemi sostenibili anche a livello economico nell'ottica di ottimizzare il rapporto quantità – dimensioni dei dispositivi destinati all'espulsione dei fumi e dei gas caldi in caso di incendio. CAODURO® ha sviluppato apposite aperture di smaltimento fumo della tipologia SEb – SEc – SEd realizzate in aderenza al capitolo S8 del codice di prevenzioni incendi e caratterizzate dalla possibilità di essere installate su tegoli aventi luce sino a 2,5 m e lunghezze oltre i 10 m.

I punti di forza di queste aperture sono:

- grandi dimensioni e quindi grandi valori di superfici di smaltimento fumi;
- angolo di apertura sino 45° che consente di utilizzare la superficie geometrica ai fini del calcolo della superficie di smaltimento fumi;
- motore a 230V RWA classificato B300 in conformità all'appendice G della norma EN 12101-2.

caoduro®

Via Chiuppese 15, Cavazzale 36010 | Vicenza (+39) 0444 94 59 59 (+39) 0444 94 51 64 info@caoduro.it caoduro.it

1 2025 #388 00.01 € ISSN 0020-0743

Il contributo dell'ingegneria per l'acqua risulta veramente ad ampissimo raggio. Si va dalla costruzione di nuove dighe ad alte prestazioni ai sistemi di smaltimento delle acque reflue; dallo sviluppo di nuove tecnologie per il risparmio idrico ai progetti atti a preservare gli ecosistemi idrici; dai progetti di desalinizzazione alle opere ingegneristiche atte a gestire le inondazioni, da un lato limitandone i danni, dall'altro consentendo il recupero e l'accumulazione delle acque meteoriche. C'è tanta ingegneria dietro ogni processo che ha per oggetto l'acqua. Per questo motivo abbiamo deciso di dedicare questa monografia de "L'Ingegnere Italiano" ad un tema che coinvolgerà sempre di più l'intera umanità e che vedrà l'ingegneria tra gli attori più importanti. Questo numero mette in evidenza soprattutto casi studio del panorama ingegneristico e tecnico-scientifico nazionale, mostrando un'evoluzione concreta e multidisciplinare. Dalle soluzioni basate sulla natura (SUDS, NBS) per l'invarianza idraulica e la resilienza urbana, fino agli interventi strutturali per la sicurezza idraulica come nel caso di Olbia. Il settore idrico rinnovato grazie al contributo dei Digital Twin, sia per la gestione di bacini che per i servizi idrici integrati, affiancati da strumenti di regolazione come il sistema RQTI di ARERA. I cambiamenti climatici sono citati anche perché impongono nuovi approcci nella gestione della siccità e del rischio sanitario-ambientale, mentre il riuso delle acque, la dissalazione e l'idroelettrico si confermano leve strategiche. Infine, si evidenziano le nuove priorità: standardizzazione della circolarità e del WEFE nexus, modelli di governance e progetti europei innovativi come LIFE CLIMAX PO.

CONSIGLIO NAZIONALE
DEGLI INGEGNERI

L'Ingegnere Italiano
1 2025

n. 388 dal 1966 - n. 15 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