TORINO

LUGLIO 2026

A mio papà.

ABSTRACT

Il presente studio si propone di analizzare le dinamiche territoriali e le potenzialità progettuali della rete consortile a nord di Reggio Emilia, in corrispondenza dei corridoi fluviali del torrente Crostolo e del cavo Cava e dell'area tra essi compresa.

L'area di studio viene interpretata come un sistema complesso di flussi sovrapposti, dove le componenti ambientali e le stratificazioni storiche si sovrappongono e, spesso, entrano in collisione. Il paesaggio viene letto isolando i fattori idrologici, l'assetto ecologico dei corridoi e i segni lasciati dagli interventi umani nel corso del tempo. L'interazione tra questi diversi aspetti rivela un territorio fragile, la cui stabilità è messa alla prova dalle trasformazioni antropiche e dai cambiamenti climatici attuali.

La risposta progettuale a queste criticità risiede in una proposta orientata alla rigenerazione multifunzionale dei margini fluviali. La funzione tecnica dell'infrastruttura idraulica del territorio viene rispettata e potenziata, ma viene anche sfruttata come ossatura per una valorizzazione ecologica e orientata alla mitigazione del rischio idraulico: il progetto configura una nuova infrastruttura verde e blu che, partendo dalle sponde arginali, si infiltra poi nel territorio in modo diffuso. Questo sistema integrato agisce su più fronti: valorizza la biodiversità locale senza compromettere la produzione agricola, ricuce la memoria dei segni storici e restituisce alla comunità spazi pubblici accessibili, capaci di coniugare sicurezza idraulica e fruizione collettiva.

This study aims to analyze the territorial dynamics and design potentials of the reclamation consortium network north of Reggio Emilia, specifically focusing on the river corridors of the Crostolo torrent and the Cava canal, as well as the area enclosed between them.

The study area is interpreted as a complex system of overlapping flows, where environmental components and historical stratifications intersect and often collide. The landscape is analyzed by isolating hydrological factors, the ecological framework of the corridors, and the traces left by human interventions over time. The interaction between these diverse aspects reveals a fragile territory, whose stability is increasingly challenged by anthropogenic transformations and ongoing climate change.

The design response to these critical issues lies in a proposal oriented toward the multifunctional regeneration of river margins. The technical function of the local hydraulic infrastructure is respected and enhanced, while simultaneously serving as the backbone for ecological valorization and flood risk mitigation. The project outlines a new green and blue infrastructure that, originating from the embankments, diffusely permeates the surrounding territory. This integrated system operates on multiple levels: it enhances local biodiversity without compromising agricultural production, sews back together the memory of historical signs, and restores accessible public spaces to the community, effectively combining hydraulic safety with collective use.

INDICE

01 INTRODUZIONE E METODOLOGIA DELLA RICERCA

Il contesto della ricerca: tra incertezza climatica e stratificazioni storiche nel territorio reggiano p. 29

Oltre l'infrastruttura rigida: il concetto di Sponge Planet e le NBS p. 29

Metodologia della ricerca: un approccio multiscalare p. 29

Il Consorzio di Bonifica dell'Emilia-Romagna Centrale p. 29

02 LEGGERE IL TERRITORIO: L'EVOLUZIONE DEL PALINSESTO STORICO

La genesi del paesaggio: inquadramento geomorfologico e dinamiche fluviali del Crostolo p. 29

Il mosaico ecosistemico antico p. 29

Dalla palude alla bonifica: il periodo romano p. 29

La macchina idraulica rinascimentale p. 29

Le avulsioni del Crostolo p. 29

03 IL QUADRO CONOSCITIVO CONTEMPORANEO

L'assetto idrografico attuale: acque alte ed acque basse p. 29

La promiscuità infrastrutturale ed i prati stabili reggiani p. 29

Separazione del bacino del Crostolo dall'area di analisi p. 29

La deriva climatica locale: analisi dei trend termici e pluviometrici p. 29

04 QUADRO DIAGNOSTICO: VULNERABILITÀ, RISCHI E DINAMICHE AMBIENTALI.

Vulnerabilità del settore agricolo p. 29

Subsidienza, soil sealing ed estremi climatici p. 29

Mappe di pericolosità e nodi critici del sistema p. 29

Stato ecologico e biodiversità

Gli eventi di Ottobre 2024 p. 29

05 SCENARI DI ADATTAMENTO E RESILIENZA CLIMATICA

Scenario I: inerziale p. 29

Scenario II: resilienza e adattamento p. 29

06 SCENARI DI ADATTAMENTO E RESILIENZA CLIMATICA

Masterplan a scala territoriale: un sistema idraulico diffuso p. 29

Masterplan a scala intermedia: spazi anfibi p. 29

Scala di dettaglio: i dispositivi di controllo locale p. 29

07 LINEE GUIDA PER LE MISURE DI MANUTENZIONE E GESTIONE

Masterplan a scala territoriale: un sistema idraulico diffuso p. 29

Masterplan a scala intermedia: spazi anfibi p. 29

Scala di dettaglio: i dispositivi di controllo locale p. 29

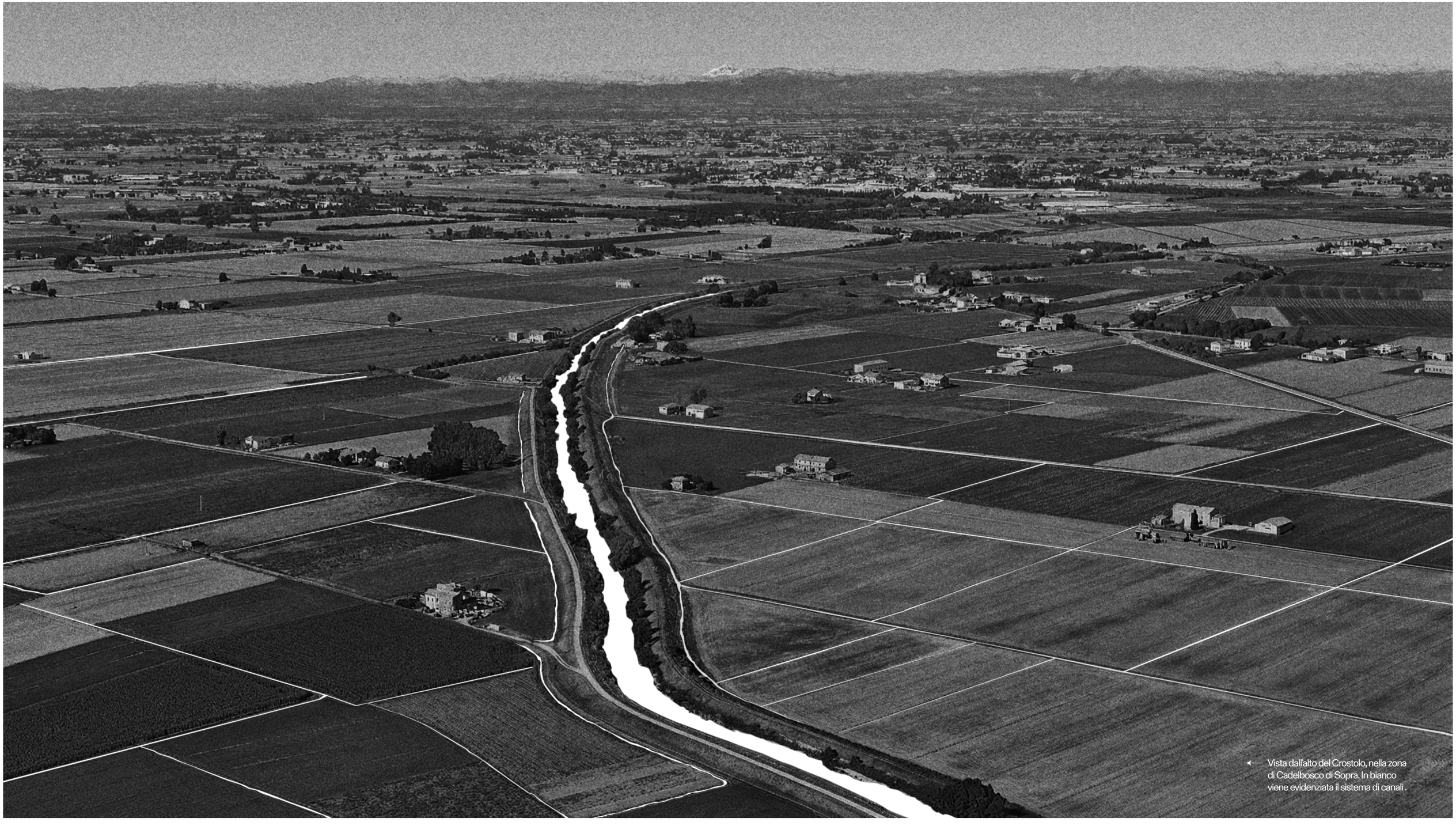
08 CONCLUSIONI

Un modello trasferibile p. 29

09 BIBLIOGRAFIA

→ *INTRODUZIONE* E METODOLOGIA DELLA RICERCA

Il territorio emiliano si configura come un sistema complesso in cui l'acqua rappresenta un elemento strutturante, capace di definire la forma, i processi e là identità del paesaggio.
Fiumi, torrenti, e canali non costituiscono solo un'infrastruttura funzionale, ma delineano un palinsesto territoriale in cui le dinamiche naturali e le trtasformazioni antropiche si sono stratificate nel tempo. In questo contesto, l'acqua assume un ruolo determinante nel definire il genius loci del territorio, orientando l'organizzazione degli insediamenti, dominando le pratiche agricole e rendendo il sistema idro-paesaggistico la chiave di lettura fondamentale per comprendere il paesaggio reggiano.



← Vista dall'alto del Crostolo, nella zona di Cadelbosco di Sopra. In bianco viene evidenziata il sistema di canali .

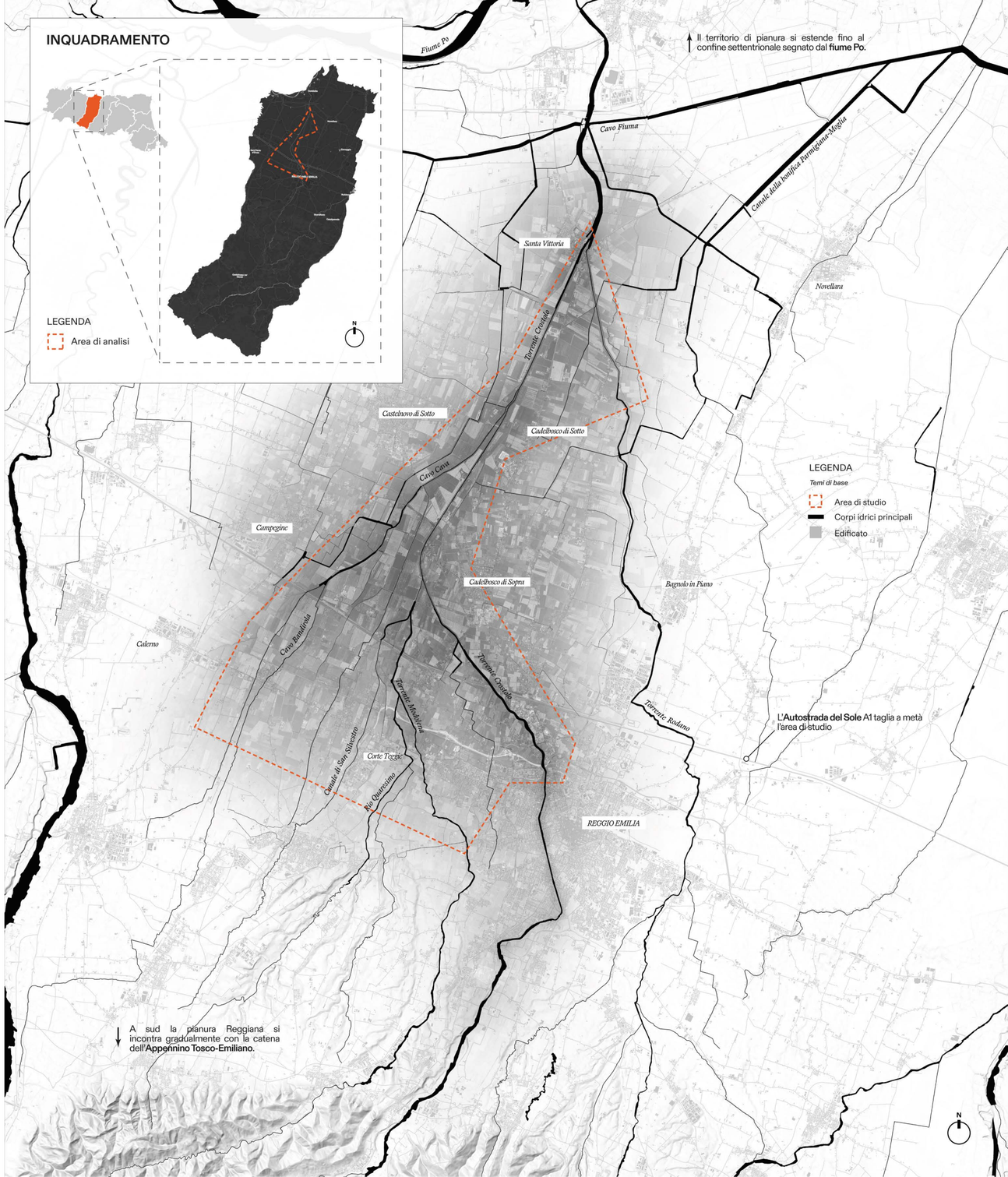
Il contesto della ricerca: tra incertezza climatica e stratificazioni storiche nel territorio reggiano

L'area di studio

L'area indagata si colloca nella media e bassa pianura reggiana, immediatamente a nord del capoluogo, in quella fascia di transizione in cui il piano di campagna degrada dolcemente dai terrazzi pedemontani verso il corso del Po, definito e delimitato da due grandi assi idrografici che ne orientano il funzionamento: il corridoio del torrente Crostolo a est e il sistema collettore del cavo Cava a ovest. Verso sud, il limite dell'area include la zona dall'asse storico della via Emilia —punto in cui vi è la transizione della soglia idrogeologica tra l'alta pianura permeabile delle conoidi e la bassa pianura impermeabile delle antiche valli; verso nord, l'ambito si estende fino al nodo di confluenza tra il Crostolo e il cavo Cava, in prossimità di Santa Vittoria di Gualtieri, dove il reticolo delle acque basse si ricongiunge all'asta principale.
Entro questi confini si sviluppa una superficie complessiva di circa 9.000 ettari, a prevalente matrice agricola ma segnata in modo crescente dalla pressione insediativa e produttiva. L'area non costituisce un bacino imbrifero unitario, bensì un comparto idraulicamente definito dalla rete consortile: come si dimostrerà nel quadro conoscitivo, essa non appartiene al drenaggio diretto del Crostolo — che la attraversa pensile e separato — ma è governata dalla maglia capillare della bonifica, orientata verso il cavo Cava. È proprio questa condizione di ambito idraulicamente "recintato", artificialmente strutturato e retto dalla continuità operativa del sistema di sollevamento, a costituirne il tratto identitario e, al tempo stesso, la **principale fonte di fragilità**.

Incertezza climatica

Questo paesaggio è il risultato di una secolare sedimentazione di interventi antropici, dinamiche geomorfologiche e infrastrutture idrauliche che oggi si trovano a coesistere con gli effetti macroscopici della crisi climatica.
In questo specifico contesto, la transizione verso modelli di gestione sostenibile delle risorse idriche non rappresenta più un'opzione ecologica, bensì un'urgenza necessaria. I sistemi classici di difesa idraulica, storicamente basati sul presupposto della stazionarietà climatica e su proiezioni lineari della disponibilità idrica, si mostrano ormai inadeguati di fronte a scenari dominati da una "*profonda incertezza*" [1]. Nella pianura reggiana, tale indeterminatezza si manifesta attraverso un'estremizzazione dei fenomeni idrologici [2]: l'alternanza tra prolungati periodi di siccità severa – che minacciano i distretti agricoli di pregio legati alle filiere d'eccellenza, come quella lattiero-casearia del Parmigiano Reggiano [3] – ed eventi meteorologici intensi, capaci di generare crisi idrauliche repentine nei reticoli principali e secondari.



Oltre l'infrastruttura rigida: il concetto di Sponge Planet e le NBS

Infrastrutture rigide

L'approccio convenzionale alla difesa idraulica, storicamente fondato sul dispiegamento di infrastrutture "*rigide*" — come arginature artificiali in calcestruzzo, rettificazioni dei corsi d'acqua e bacini di laminazione escludenti e recintati — manifesta oggi una intrinseca **obsolescenza strutturale**. La canalizzazione rigida e la forzata accelerazione dei flussi determinano un trasferimento asimmetrico del rischio idraulico verso i territori di valle, compromettendo al contempo le dinamiche biochimiche e la capacità autodepurativa intrinseca degli ecosistemi fluviali. Tali opere ingegneristiche artificiali, dimensionate su soglie statistiche rigide (come i tempi di ritorno decennali), palesano una marcata fragilità sistemica: al superamento della soglia nominale di progetto, sotto la spinta di eventi meteorologici estremi sempre più frequenti, esse tendono a fallire in modo catastrofico, azzerando ogni margine di resilienza territoriale.

La teoria dello Sponge Planet

In antitesi a tale visione difensiva, si impone il paradigma dello *Sponge Planet*, teorizzato dal paesaggista Kongjian Yu fondatore dello studio Turenscape, il quale propone un radicale ribaltamento prospettico [4]: cooperare con le dinamiche idrologiche anziché contrastarle. L'impianto teorico si articola su tre direttrici strategiche interconnesse: **trattenere** (*retain*), **rallentare** (*slow*) e **accogliere** (*embrace*) la risorsa idrica.

- *Trattenere*: la progettazione del paesaggio deve mirare alla **massimizzazione della capacità di assorbimento diffuso**, riducendo il deflusso superficiale e favorendo la ricarica degli acquiferi profondi. Questa strategia assume una rilevanza critica nella pianura reggiana, caratterizzata da suoli agricoli intensamente meccanizzati e soggetti a fenomeni di costipamento superficiale che ne riducono la conducibilità idraulica naturale.
- *Rallentare*: attraverso interventi di riqualificazione morfologica e rinaturalizzazione dei corsi d'acqua, l'incremento della rugosità d'alveo e la creazione di zone umide ripariali, è possibile ridurre l'energia cinetica dei flussi. Ciò consente di **attenuare e posticipare i picchi di piena**, stimolando simultaneamente i processi di sedimentazione naturale e fitodepurazione diffusa.
- *Accogliere*: questo principio presuppone l'**accettazione consapevole e programmata della temporanea sommersione di specifiche porzioni di territorio** (quali parchi periurbani e aree agricole designate), configurandole spazialmente e funzionalmente per assorbire lo shock idraulico e recuperare rapidamente, senza danni strutturali, la propria destinazione primaria.

L'integrazione di *Nature-based Solutions* (NbS) nel bacino idrografico del Crostolo e del cavo Cava supera la "semplice" conservazione ecologica, configurandosi come una necessità infrastrutturale sul lungo periodo. Lo sviluppo di connessioni verdi e blu, in linea con gli indirizzi strategici del Piano Urbanistico Generale (PUG) di Reggio Emilia [5], permette l'attivazione di molteplici servizi ecosistemici: dalla regolazione microclimatica urbana e dal potenziamento della biodiversità relitta, fino alla fruizione collettiva e alla produzione di biomassa. Tali soluzioni si pongono così come elementi strutturanti della qualità ecologico-ambientale del territorio transizionale tra l'area urbanizzata e la matrice rurale.



A destra: Hainan Island, Cina. Sanya Mangrove Park è un parco progettato da Turenscape che ripristina un ecosistema danneggiato. →

Metodologia della ricerca: un approccio multiscalare

La struttura delle analisi

L'impianto metodologico adottato in questo lavoro risponde alle complessità intrinseche del paesaggio reggiano, affiancando all'analisi critica del territorio la definizione di strategie progettuali adattive. La ricerca si articola in quattro fasi principali:

- **Analisi Geografica-storica e morfologica**: il territorio reggiano viene indagato non come una superficie statica, ma come un palinsesto dinamico. Questa fase è orientata alla decodifica delle secolari stratificazioni della bonifica e delle persistenze strutturali del reticolo storico, al fine di elaborare un'idea progettuale coerente con l'identità del luogo [6].
- **Valutazione sistemica del rischio e delle vulnerabilità**: incrociando i quadri normativi e pianificatori vigenti — con particolare riferimento al Piano di Ge stione del Rischio di Alluvioni (PGRA) [7] e al Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) [8] — e i dati idrologici storici e recenti, vengono mappate le aree di criticità idraulica. L'attenzione si focalizza sulle insufficienze strutturali dei nodi di interfaccia, in cui il dreno agrario secondario e i canali pensili storici si scontrano con gli scaricatori di piena fognari e l'espansione urbana.
- **Costruzione di Scenari**: riconoscendo l'impossibilità di prevedere con esattezza matematica gli estremi meteorologici futuri, la ricerca adotta la metodologia della pianificazione per scenari per gestire l'incertezza climatica. Vengono modellati e messi a confronto due assetti evolutivi alternativi (inerziale e resiliente), valutando per ciascuno gli impatti spaziali, ecologici ed economici sul territorio.
- **Strategia Progettuale Multiscalare**: loutput finale si configura come una seriedi interventi coordinati che agiscono simultaneamente su tre scale diverse:
  Scala vasta: definizione dell'ossatura del paesaggio tramite la rete ecologica, i corridoi fluviali primari e la pianificazione di macro-infrastrutture di ritenzione idrica diffuse nella matrice agricola.
  Scala intermedia: progettazione degli ambiti di transizione e delle soglie periurbane attraverso la modellazione di "parchi anfibi" e la riconfigurazione ecologica dei distretti produttivi storici.
  Scala di dettaglio: manufatti di regolazione idraulica, applicazione di tecniche di ingegneria naturalistica per la stabilizzazione spondale e rigenerazione dello spazio pubblico per la valorizzazione della memoria culturale dell'acqua.

Il risultato atteso da questa metodologia non è una soluzione formale chiusa, bensì **un modello operativo flessibile, adattivo e parzialmente trasferibile,** capace di dimostrare come il progetto di paesaggio possa convertire la minaccia del rischio idraulico in un catalizzatore di rigenerazione ecologica ed estetica per i territori di pianura.

L'output



↓ *Sotto:* uno scorcio del paesaggio a nord di Reggio-Emilia, fortemente antropizzato e con una estesa matrice agricola.





← *Nella pagina a fianco:* negli ultimi settant'anni il territorio ha subito una graduale omogeneizzazione, che ha portato i piccoli proprietari terrieri ad essere inglobati da aziende agricole sempre più ampie ed estese.

↑ *In questa pagina:* il territorio prevalentemente agricolo è modellato minuziosamente per la gestione delle acque irrigue, anche se negli ultimi decenni la rete scolante si è ridotta considerevolmente come conseguenza della meccanicizzazione dell'agricoltura.

Il Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale e la rete consortile

Un territorio gestito

Se l'acqua costituisce il principio strutturante del paesaggio reggiano, la rete dei canali consortili ne rappresenta la traduzione infrastrutturale e amministrativa: un sistema capillare che governa il deflusso, l'irrigazione e la sicurezza idraulica dell'intera bassa pianura. La gestione di questo reticolo è affidata al Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale (CBEC), ente che sovrintende a un comprensorio di oltre 3.100 km² esteso su 66 comuni tra la dorsale appenninica e il corso del Po, all'interno del quale si sviluppano più di 2.000 km di canali, un articolato sistema di impianti idrovori e una rete di casse di espansione con capacità di invaso complessiva dell'ordine dei 13,5 milioni di metri cubi. Lungi dall'essere un mero apparato tecnico, questa infrastruttura costituisce l'ossatura funzionale del territorio: ne definisce i limiti idraulici, ne scandisce la maglia agraria e ne condiziona la stessa possibilità di trasformazione.

Il supporto del Consorzio

Proprio per questa ragione la rete consortile assume un ruolo centrale nella presente ricerca, non soltanto come oggetto di analisi, ma come armatura stessa del progetto. Le strategie di mitigazione e rigenerazione proposte nei capitoli successivi non si sovrappongono al sistema di bonifica, bensì ne reinterpretano e ne potenziano le logiche, riconoscendo nel reticolo esistente il supporto fisico su cui innestare la nuova infrastruttura verde e blu. In questa prospettiva, il lavoro si è avvalso del confronto diretto e del supporto tecnico del Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale, che ha messo a disposizione dati territoriali, parametri idraulici e conoscenze operative indispensabili alla comprensione del funzionamento reale del comprensorio, garantendo alla ricerca un ancoraggio concreto alla dimensione gestionale e alle criticità effettive del sistema.



Sopra: il paesaggio è tagliato da grandi cicatrici d'acqua: il sistema delle acque alte. Sono corpi idrici separati dalla campagna circostante da possenti arginature. Un complesso sistema di infrastrutture idrauliche regola il funzionamento di queste acque.

← Un airone cenerino lungo le sponde del Crostolo, alle porte della periferia di Reggio Emilia.

→ *EVOLUZIONE* DEL PALINSESTO STORICO

Il paesaggio non è mai un dato immutabile, ma il prodotto di una continue riscritture. Come un palinsesto, il territorio reggiano mostra i segni sovrapposti delle epoche che lo hanno attraversato: le divagazioni e le avulsioni del Crostolo, che ne hanno modellato dossi e depressioni, e gli innumerevoli interventi con cui l'uomo ha tentato di ordinare, bonificare e governare le acque. Ogni civiltà — dall'età del Bronzo, passando per i Romani fino al Rinascimento ed i giorni nostri — ha inciso il proprio segno. Ripercorrere questa stratigrafia significa riconoscere che le persistenze storiche non sono reperti inerti, ma strutture ancora attive, capaci di orientare il presente e di restituire al progetto le proprie logiche fondative.

La genesi del paesaggio: inquadramento geologico e geomorfologico

La formazione dei conoidi alluvionali e la biostasia Olocenica

La città di Reggio Emilia e i territori agricoli circostanti sorgono sulla porzione periferica di un vasto sistema di conoidi di origine alluvionale, generati principalmente dal torrente Crostolo[8,9].
Durante i periodi glaciali del Pleistocene Medio e Superiore, i corsi d'acqua appenninici trasportarono e depositarono enormi quantità di sedimenti grossolani (ghiaie e sabbie), costruendo l'ossatura delle conoidi. Tuttavia, con la transizione verso l'Olocene (a partire da circa 10.000 anni fa), il drastico mutamento climatico verso condizioni più calde e umide (periodi Boreale e Atlantico) indusse una fase di forte stabilità morfologica, definita "*biostasia*"[3]. In questa fase, il fenomeno dell'accumulo dei sedimenti alluvionali si ridusse al minimo. La copertura vegetale si espanse rapidamente, stabilizzando i versanti appenninici e riducendo l'apporto di materiale solido dei fiumi. Sulla superficie della pianura, questo lungo periodo di stabilità permise l'evoluzione di suoli profondi e ben strutturati (classificati pedologicamente come Alfisols e Inceptisols), capaci di sostentare foreste mature e longeve.[3]

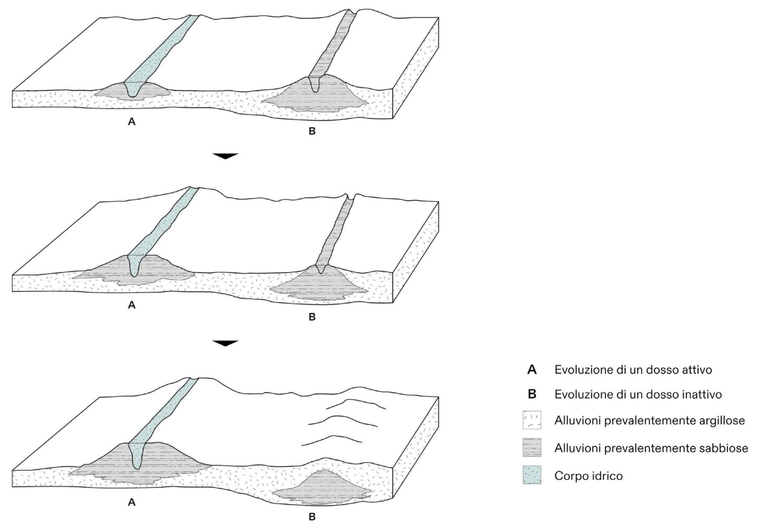
La crisi sub-Boreale e la ripresa dell'attività fluviale

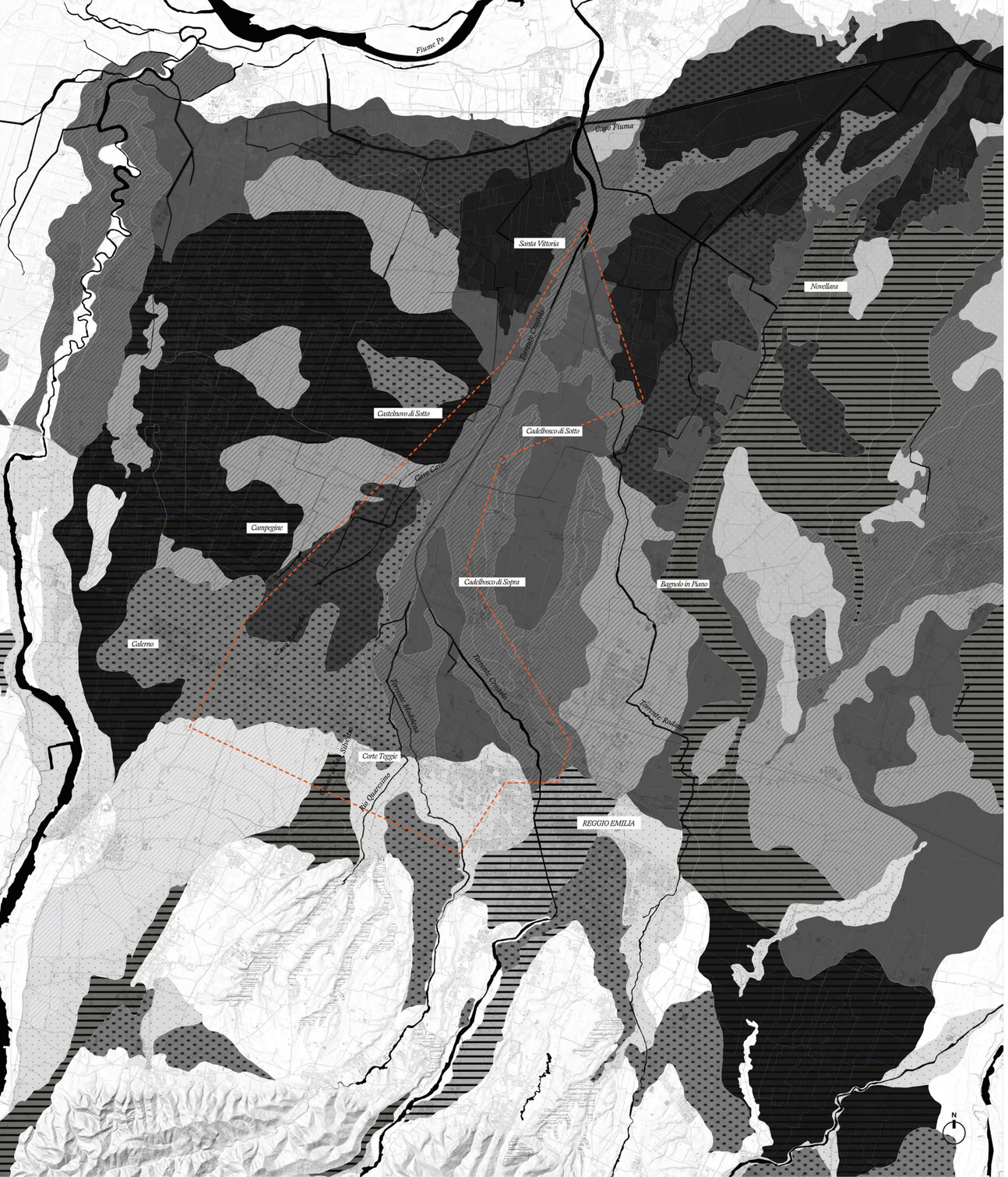
L'equilibrio paesaggistico subì una drastica rottura durante il periodo Sub-Boreale (tra 5000 e 2500 anni fa, corrispondente grosso modo all'Eneolitico e all'Età del Bronzo). Un generale deterioramento del clima, con un ritorno a condizioni più fredde e precipitazioni irregolari e intense, innescò una riattivazione del dissesto sui versanti montani e una forte ripresa dell'attività fluviale nella pianura.[3]
Il torrente Crostolo e i bacini limitrofi ricominciarono a trasportare ingenti carichi di sedimenti fini (sabbie medie, limi e argille). Questi depositi di inondazione andarono a seppellire le porzioni distali dei conoidi tardo-pleistocenici, occultando sotto metri di depositi alluvionali i suoli evoluti e i primi insediamenti neolitici ed eneolitici.[3]

In un regime non arginato, il torrente Crostolo entrava nella pianura riducendo bruscamente la sua pendenza e, di conseguenza, la sua energia cinetica e la capacità di trasporto solido.[1] Questa dinamica idraulica generava una morfologia a "dorso di tartaruga". Durante le piene ordinarie, il fiume tracimava oltre i propri limiti depositando i sedimenti più grossolani (sabbie e ghiaie fini) immediatamente a ridosso del canale principale. Questo processo continuo edificava i cosiddetti "argini naturali" o dossi fluviali.[1]
L'acqua che riusciva a superare i dossi si espandeva lateralmente nelle aree interfluviali. Ormai decantata dai materiali pesanti, trasportava in sospensione solo le frazioni più fini (limi e argille).[1] Queste aree laterali, altimetricamente più depresse rispetto ai canali fluviali, fungevano da immensi bacini di laminazione naturale. In queste depressioni, definite geomorfologicamente come backswamps (valli o retropaludi), l'acqua ristagnava per lunghi periodi a causa della scarsa permeabilità delle argille e della falda freatica affiorante.[1] L'intera pianura a nord dell'allineamento della futura via Emilia era dunque caratterizzata da questo dualismo microtopografico: fasce rilevate asciutte (i dossi) e vasti bacini depressi saturi d'acqua (le valli).

Il sollevamento progressivo del letto del fiume e dei suoi argini naturali portava inevitabilmente a un punto di instabilità critica. Quando si verificavano eventi di piena eccezionale, l'energia dell'acqua provocava la rottura dell'argine naturale. Si formava così un "ventaglio di rotta" , attraverso il quale il fiume riversava repentinamente enormi quantità di acqua e sedimenti sabbiosi nelle depressioni laterali.[1] Spesso, in seguito a queste rotte, il fiume non ritornava nel suo alveo originario (ormai troppo pensile), ma catturava un nuovo percorso all'interno delle aree topograficamente più basse, innescando il fenomeno dell'avulsione. Questo processo ha generato nel corso dell'Olocene un vero e proprio reticolo di canali abbandonati (paleoalvei).

Sezioni e vista schematica di un dosso fluviale. →





CARTA DEI SUOLI

Dalla mappatura dei suoli possiamo vedere come la zona interessata, compresa tra Campegine, Ca del Bosco di sopra e Santa Vittoria sia caratterizzata da un **suolo a tessitura fine argilloso-limoso**, quindi con una bassa capacità di infiltrazione in condizioni normali, ma con forte tendenza a fessurazioni durante siccità prolungate (che diminusce esponenzialmente la capacità di retenzione idrica nei periodi estivi).
A sud della via Emilia invece possiamo notare come i **suoli siano più grossolani e ghiaiosi**, con una permeabilità quindi notevolmente più elevata.v

Fonte: RER Carta dei suoli 50k

LEGENDA

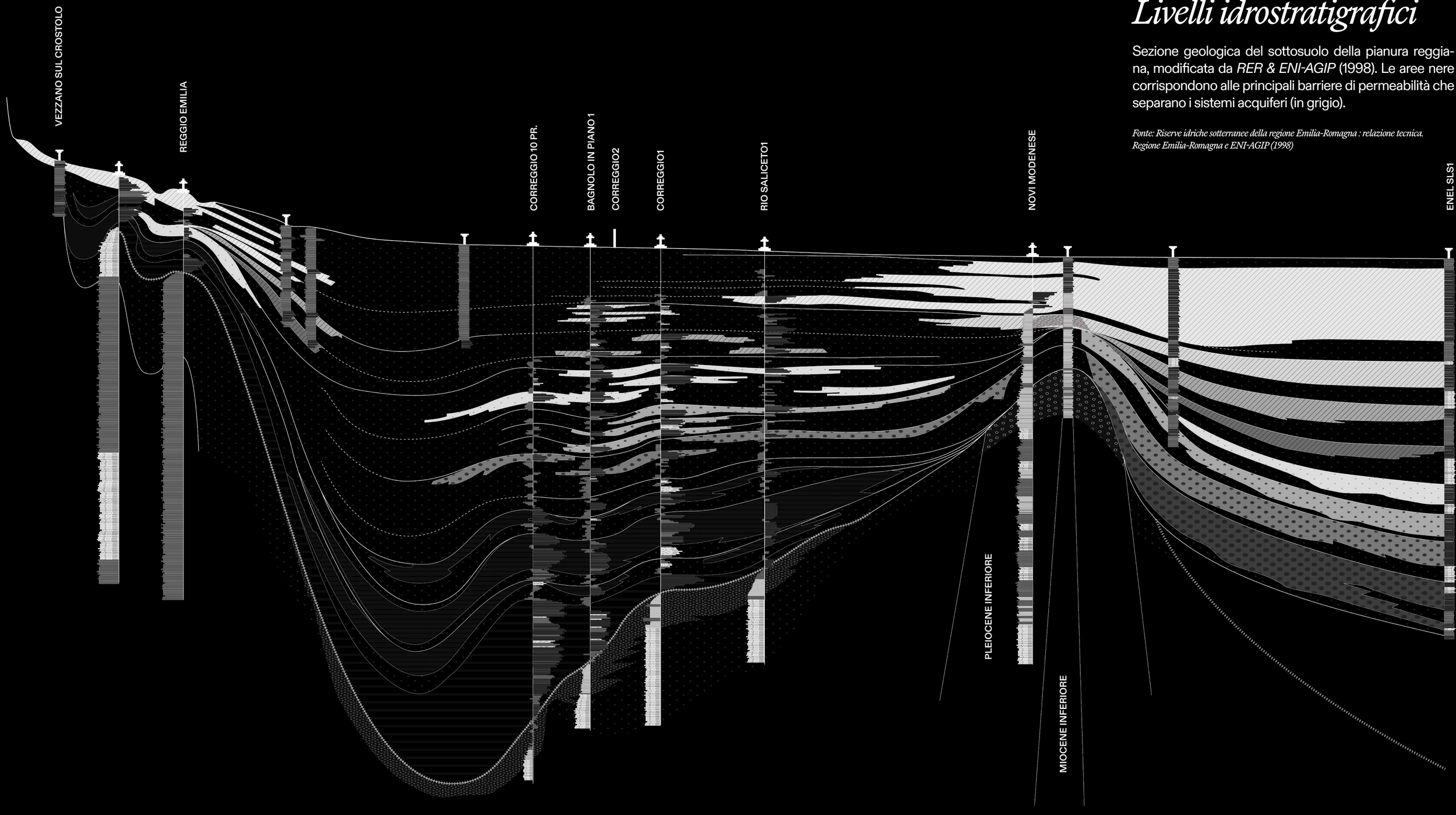
Tipologie di suolo

- RONCOLE VERDI franco argillosi limosi
- BELLARIA
- RIPA pendenti
- NOVELLARA argillosi limosi
- CONFINE franco argillosi ghiaiosi
- SANT'OMOBONO franco limosi
- CATALDI franco argilosi limosi
- LA BOARIA argilloso limosi
- MEDICINA argilloso limosi
- RISAIA DEL DUCA argilloso limosi
- TEGAGNA franco argillosi limosi
- BERGAMASCA argillosi

Livelli idrostratigrafici

Sezione geologica del sottosuolo della pianura reggiana, modificata da *RER & ENI-AGIP* (1998). Le aree nere corrispondono alle principali barriere di permeabilità che separano i sistemi acquiferi (in grigio).

Fonte: Riserve idriche sotterranee della regione Emilia-Romagna : relazione tecnica. Regione Emilia-Romagna e ENI-AGIP (1998)



Il mosaico ecosistemico antico

Secondo le indagini paleobotaniche, il paesaggio non era né una foresta ininterrotta né una palude informe, bensì un mosaico ecosistemico le cui tessere erano rigorosamente distribuite in funzione del gradiente idrologico ed edafico.[6]

Il querco-carpineto planiziale

Sulle sommità dei dossi fluviali, sui terrazzi pleistocenici e in tutte le porzioni di pianura caratterizzate da un buon drenaggio superficiale e da una falda freatica sufficientemente profonda da non asfissiare gli apparati radicali, si sviluppava la formazione forestale di climax della Pianura Padana: il **querco-carpineto planiziale.**[8]
Questa cenosi forestale matura, inquadrata fitosociologicamente nella consociazione *Polygonato multiflori-Quercetum roboris* (frequentemente nella sub-associazione carpinetum betuli), costituiva l'apice dell'evoluzione ecologica olocenica in assenza di forte disturbo antropico.[8] La sua struttura verticale era complessa e pluristratificata:

- **Strato arboreo superiore:** dominato in modo assoluto dalla Farnia (*Quercus robur)*, specie eliofila e longeva che formava la volta principale della foresta. A questa si associava il Carpino bianco (*Carpinus betulus*), albero tollerante l'ombra che andava a saturare lo spazio al di sotto delle chiome delle querce, mantenendo un microclima forestale fresco e umido.[11]
- **Strato arboreo inferiore:** ricco di specie accessorie, tra cui spiccavano l'Acero campestre (*Acer campestre*), il Tiglio selvatico (*Tilia cordata*), il Ciliegio selvatico (*Prunus avium*) e il Frassino maggiore (*Fraxinus excelsior*).[2]
- **Strato arbustivo:** Si presentava estremamente denso, specialmente nei margini forestali e nelle radure, ed era composto da Nocciolo (*Corylus avellana*), Biancospino (*Crataegus monogyna*), Corniolo (*Cornus mas*), Prugnolo (*Prunus spinosa*) e da liane come l'Edera (*Hedera helix*) e la Vitalba (*Clematis vitalba*).[2]
- **Strato erbaceo:** Il sottobosco, che si sviluppava fioritamente prima della completa chiusura fogliare primaverile degli alberi, ospitava specie preziose e indicatrici di boschi antichi, come l'Anemone nemorosa e il Mughetto (*Convallaria majalis*).[2]

La fascia ecotonale: il querco-ulmeto e l'alneto

Scendendo dai dossi verso i bacini di esondazione, le condizioni edafiche mutavano drasticamente. La falda freatica si faceva superficiale e il suolo era soggetto a periodici allagamenti legati alle piene del Crostolo e dell'Enza. In queste aree di transizione, il querco-carpineto, intollerante ai ristagni idrici prolungati, veniva sostituito da associazioni vegetali igrofile, in cui spiccava il **querco-ulmeto**.[2]
Il querco-ulmeto rappresentava una fase intermedia del dinamismo vegetale, strettamente legata alla morfologia di alvei e sponde. La Farnia (*Quercus robur*) rimaneva presente, ma la dominanza passava a specie maggiormente idrotolleranti come l'Olmo campestre (*Ulmus minor*) e il Frassino ossifillo (*Fraxinus oxycarpa*).[2] Procedendo ulteriormente verso le zone costantemente imbibite, si affermavano le formazioni ripariali pure, costituite da boschi di Salice bianco (*Salix alba*), Salice cinerino (*Salix cinerea*) e Ontano nero (*Alnus glutinosa*), albero quest'ultimo capace di sopravvivere in suoli completamente anossici.[2]

Le aree palustri e l'eliofizia

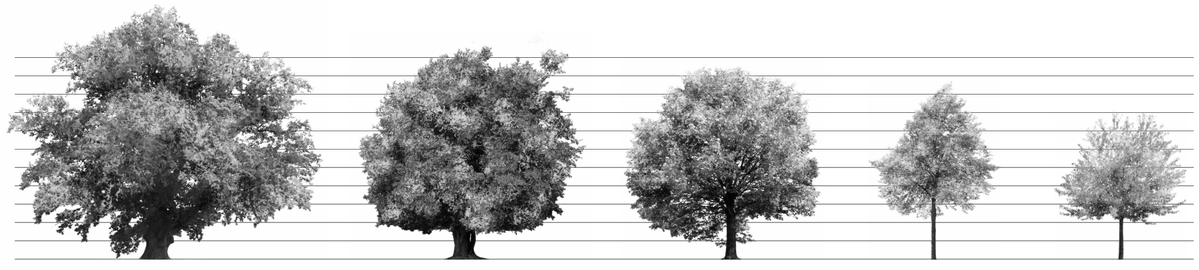
All'interno delle vaste depressioni interfluviali (le future Valli di Novellara e Gualtieri che si espanderanno nuovamente in epoca altomedievale[1]), l'acqua laminava in modo semi-permanente. In queste condizioni, la copertura arborea scompariva del tutto per lasciare spazio a **vaste distese di vegetazione eliofita e palustre.**[1] Le aree fangose a minore profondità ospitavano densi canneti a cannuccia di palude (*Phragmites australis*), formazioni a tifa (*Typha latifolia*) e vasti cariceti (*Carex spp*.).

L'interazione tra questi tre macro-ambienti (bosco climax sui dossi, fasce ecotonali a olmo e frassino, bacini palustri) costituiva la spina dorsale ecologica della pianura reggiana pre-romana. La presenza delle **paludi**, lontano dall'essere considerata un mero ostacolo, fungeva da **regolatore termico e idraulico**, assimilando gli eccessi di piena del Crostolo e ricaricando lentamente le falde durante i periodi di siccità estiva.

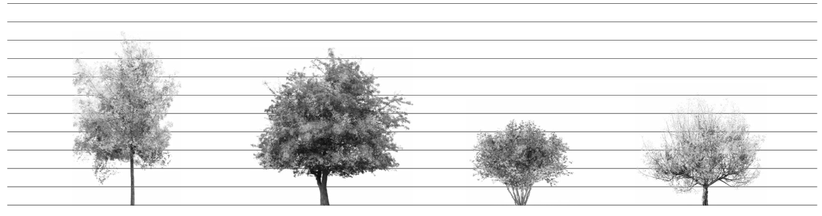


I nodi di naturalità relitta nel territorio rimangono pochi ed isolati. →

QUERCO-CARPINETO



Quercus robur *Carpinus betulus* *Acer campestre* *Tilia cordata* *Prunus avium*

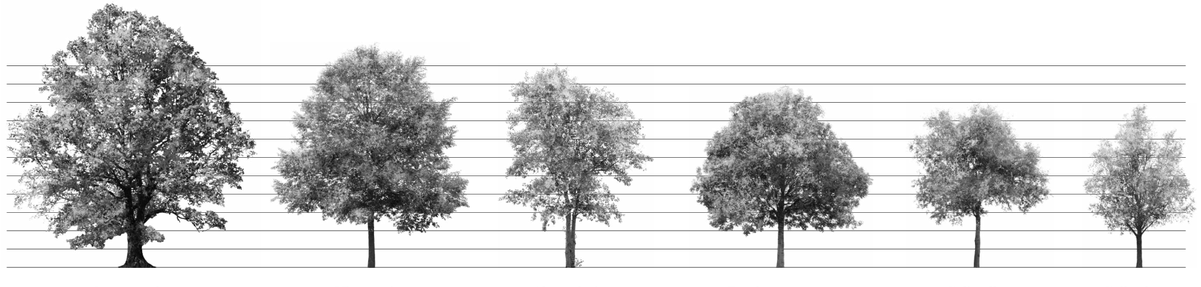


Fraxinus excelsior *Crategus monogyna* *Corylus avellana* *Cornus mas*



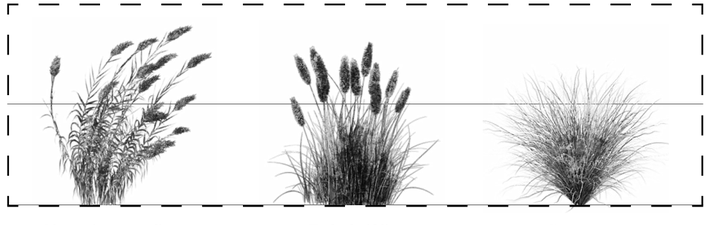
Anemoides nemorosa *Convallaria majalis*

QUERCO-ULMETO

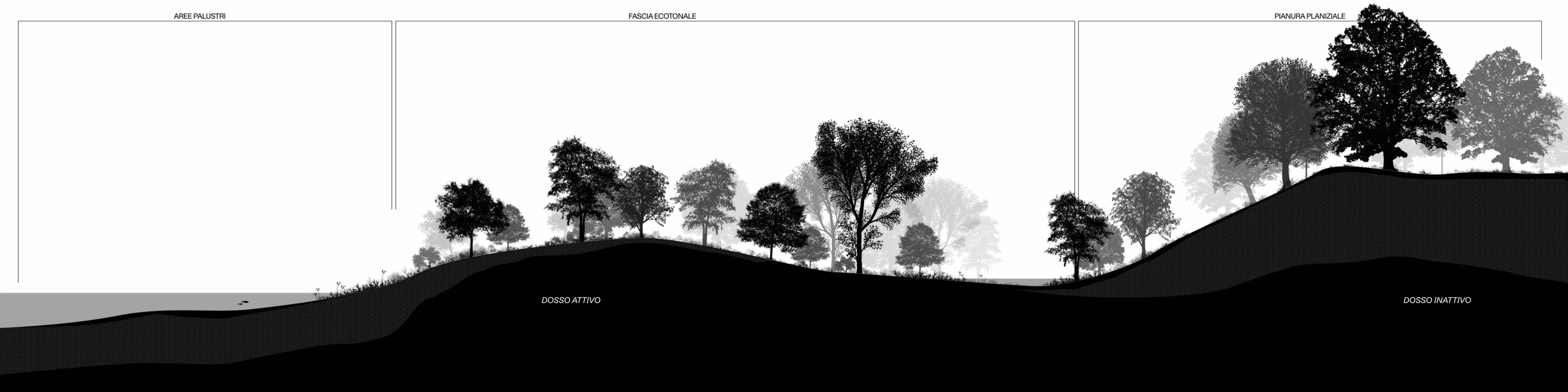


Quercus robur *Ulmus minor* *Alnus glutinosa* *Fraxinus oxycarpa* *Salix alba* *Salix cinerea*

AREE PALUSTRI



Phragmites australis *Typha latifolia* *Carex spp.*



Dalla palude alla bonifica: il periodo romano

Quando i Romani giunsero in questo territorio per avviare il loro progetto egemonico, si trovarono di fronte a un **paesaggio estremamente dinamico**, fluido e pericoloso, caratterizzato da un **fiume propenso alla divagazione e all'avulsione**, e da **vaste aree di pianura soggette a facile e prolungato ristagno idrico** a causa della scarsa pendenza e della natura parzialmente impermeabile dei suoli.[1]
La concezione romana dello spazio era legata ai valori della cittadinanza, della proprietà privata e dell'efficienza agricola. L'obiettivo di Roma era quello di trasformare un territorio ritenuto marginale in un paesaggio agrario ottimizzato, controllato ed economicamente produttivo.

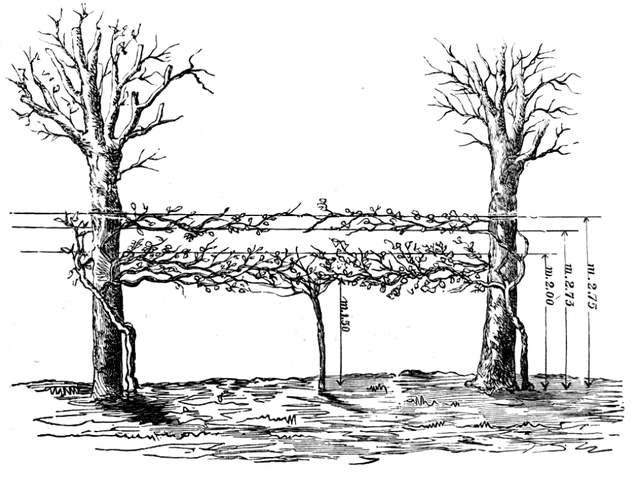
La centuriazione come strumento di bonifica

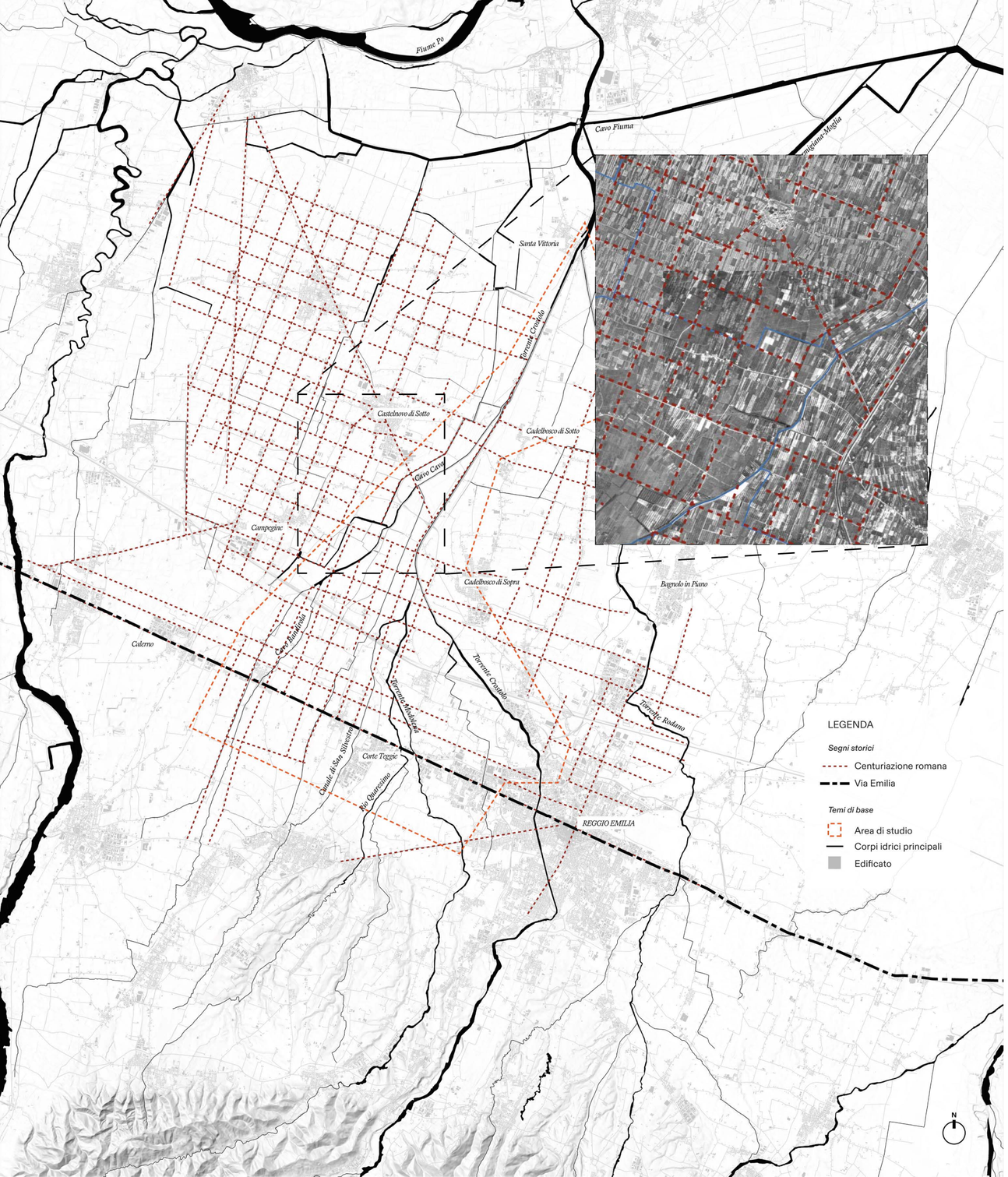
Per l'assegnazione delle terre ai veterani e ai coloni, gli agrimensori romani applicarono la pratica della *limitatio* (**centuriazione**). La pianura padana, grazie alla sua morfologia, offrì le condizioni ideali per l'estensione di vastissimi reticolati ortogonali, in cui ogni centuria (generalmente un quadrato di *20x20 actus*, pari a circa 710m di lato) era suddivisa in lotti individuali.[1]
Questa massiccia operazione di limitatio generò quella che oggi potremmo definire "**rivoluzione ecologica**", o meglio, un trauma ambientale di proporzioni inaudite per l'epoca.[1] In pochi decenni, ecosistemi complessi e antichi furono cancellati: **foreste di querce e carpini furono abbattute** sistematicamente mediante pratiche di ignicoltura e disboscamento, mentre **estesi acquitrini e paludi vennero prosciugati** e trasformati in campi di grano, frutteti e orti razionalmente disposti.[1]
È fondamentale sottolineare che la centuriazione non era solo una griglia catastale, ma un vero e proprio capolavoro di ingegneria idraulica diffusa.[1] Gli assi viari (i *limites*) coincidevano con canali collettori e fosse di sgrondo progettati per captare l'acqua in eccesso, abbassare il livello della falda freatica ed eliminare i ristagni tipici delle aree interfluviali.[1] La maglia agrimensoria era minuziosamente orientata per massimizzare l'efficienza del deflusso delle acque meteoriche e dei piccoli corsi d'acqua verso il Po.[1] **La centuriazione costituì in primo luogo un vasto e capillare sistema di bonifica idraulica e drenaggio superficiale**.[1]
Il principio cardine su cui si reggeva l'intera infrastruttura era la scelta dell'orientamento. Sebbene la prassi romana prevedesse l'orientamento degli assi secundum coelum (ovvero secondo l'asse nord-sud e est-ovest astronomico), nella realtà padana i Romani adottarono l'orientamento *secundum naturam loci*.[1]
Gli agrimensori tracciavano i decumani e i cardines seguendo, assecondando o intersecando le lievi e quasi impercettibili pendenze naturali del piano di campagna.[1] Questo approccio permetteva di ottimizzare la forza di gravità per garantire il corretto e continuo deflusso delle acque superficiali, evitando la stagnazione all'interno dei campi.[1] La strutturazione del territorio non si fermava ai grandi assi. Le ulteriori e più fini suddivisioni all'interno della singola centuria, i cosiddetti limites intercisivi, non fungevano solo da limiti di proprietà privata tra vicini, ma costituivano a tutti gli effetti una rete secondaria e terziaria di canali, scoline e fossati.[1] Questa trama capillare captava le acque meteoriche e di scolo dai campi coltivati e le convogliava inesorabilmente verso i collettori principali, che a loro volta scaricavano nei grandi fiumi o nei torrenti naturali preesistenti, chiudendo il ciclo del drenaggio artificiale.[1]

La frammentazione del querco-carpineto: siepi, filari e piantate

Con la centuriazione, il **bosco planiziale originario fu progressivamente eliminato** per fare spazio ai cereali. Tuttavia, il patrimonio arboreo non fu completamente annientato, ma venne letteralmente "smontato" e ricollocato con rigore geometrico.[1]
Gli alberi e gli arbusti un tempo appartenenti al querco-carpineto e al querco-ulmeto vennero reimpiantati lungo i canali e i confini dei poderi, originando le fitte reti di **siepi e filari campestri** che per due millenni avrebbero caratterizzato il paesaggio agrario padano.[1] Queste strutture lineari assumevano molteplici funzioni vitali: consolidavano le sponde dei canali di scolo, delimitavano le proprietà, proteggevano le colture dai venti, fornivano legname prezioso per gli attrezzi, frutti, e foraggio per gli animali da lavoro.[1]
L'esempio più emblematico di questa riorganizzazione arborea fu l'introduzione sistematica della "**piantata padana**" (la vite maritata all'albero). I Romani intuirono le straordinarie capacità di adattamento dell'Olmo campestre (*Ulmus minor*), in grado di sopportare le esondazioni e i suoli asfittici.[1]
Questa consociazione vegetale, rigidamente disposta in forme lineari parallele agli assi della centuriazione, assolveva in modo sinergico a molteplici e vitali funzioni di stabilizzazione idrogeologica, agronomica e microclimatica

Disposizione schematica della piantata padana, con viti maritate a filari di olmi. →

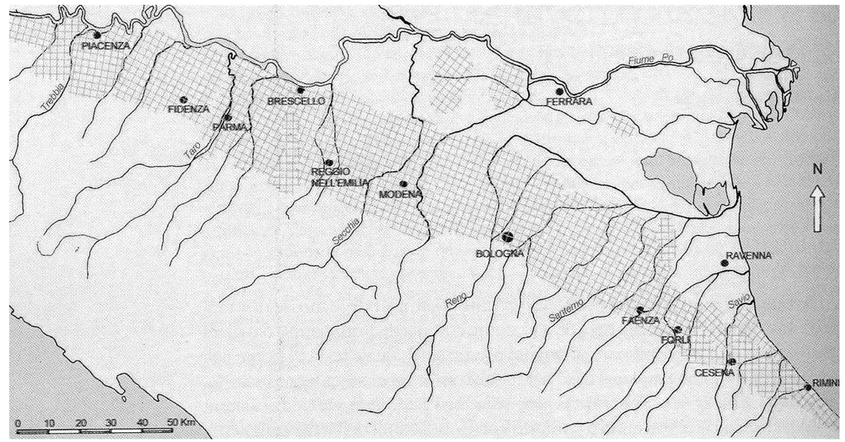




I SEGNI DELLA CENTURIAZIONE ROMANA

Confrontandoci con un ortofoto del 1954, possiamo vedere come le stratificazioni storiche del passato di questo territorio siano in parte ancora ben visibili: possiamo infatti vedere come la centuriazione di epoca romana emerga nell'organizzazione del particellare agricolo; possiamo anche notare, in prossimità dei maggiori corsi d'acqua, come questo reticolo regolare tenda a perdersi e acquisire un carattere più arbitrario. Possiamo attribuire questo fenomeno alla probabile trasformazione di queste aree in zone paludose durante il periodo medioevale, dovuto alla cattiva gestione e all'abbandono deiterreni, unita alla propensione all'avulsione di questi corsi d'acqua.

Fonte: osservazioni su ortofoto volo GAI 1954



Sopra: schema della centuriazione romana nella pianura Padana

La macchina idraulica rinascimentale

Il collasso post-Romano e la genesi delle valli-paludi (V-X Secolo)

L'assetto territoriale e idraulico ereditato dall'epoca romana subì una radicale e catastrofica destrutturazione a partire dal V secolo d.C. Il collasso politico, economico e demografico dell'Impero Romano d'Occidente coincise temporalmente con un periodo di severa instabilità climatica globale, comunemente noto "*Periodo Freddo dell'Alto Medioevo*".[1] Questa fase fu caratterizzata da un **brusco abbassamento delle temperature medie e da un significativo incremento degli eventi meteorici estremi e delle precipitazioni prolungate.** La combinazione tra il deterioramento climatico e il venir meno di un'autorità centrale capace di imporre e coordinare la manutenzione delle infrastrutture idrauliche (canali, argini, scoli) innescò un processo di progressivo e inesorabile **impaludamento dell'intera Bassa Pianura Reggiana.**[1]
Le abbondanti acque meteoriche convergenti verso la bassa pianura e le acque di esondazione dei torrenti appenninici trovavano un ostacolo naturale insormontabile nei possenti argini e nei vasti depositi sedimentari creati dal fiume Po. Non potendo sfociare liberamente nel grande fiume, queste acque rigurgitavano e ristagnavano perennemente nelle depressioni morfologiche del territorio, dando origine a vaste estensioni acquitrinose e a veri e propri laghi interni.[4] Si formarono in questo periodo le grandi valli-palude che avrebbero caratterizzato l'area per oltre un millennio, tra cui spiccano per estensione e importanza storica la Valle di Gualtieri e la Valle di Novellara.[1]
In questo periodo, il paesaggio agrario romano, un tempo dominato da campi coltivati e reticoli geometrici, si trasformò in un incontrollato ecosistema anfibio: un mosaico di fitti boschi planiziali, vasti canneti, specchi d'acqua stagnante e isolotti fangosi.[1]
In questo scenario di disgregazione, le uniche entità in grado di promuovere un primo, seppur parziale e frammentario, tentativo di razionalizzazione di questo paesaggio paludoso furono le **istituzioni monastiche**.
Attraverso dei contratti d'investitura a lungo termine, i monaci concessero l'uso delle terre paludose ai contadini, richiedendo in cambio l'obbligo di eseguire opere di deforestazione, scavo di fossati e innalzamento di argini difensivi.[1] Questa strategia innescò una bonifica "molecolare" e locale, basata esclusivamente sul lavoro manuale, che iniziò a sottrarre, zolla per zolla, piccoli appezzamenti di terra coltivabile al dominio incontrastato delle acque e dei boschi[1] (ne è un esempio la Corte Traghettino, in origine di proprietà Benedettina).

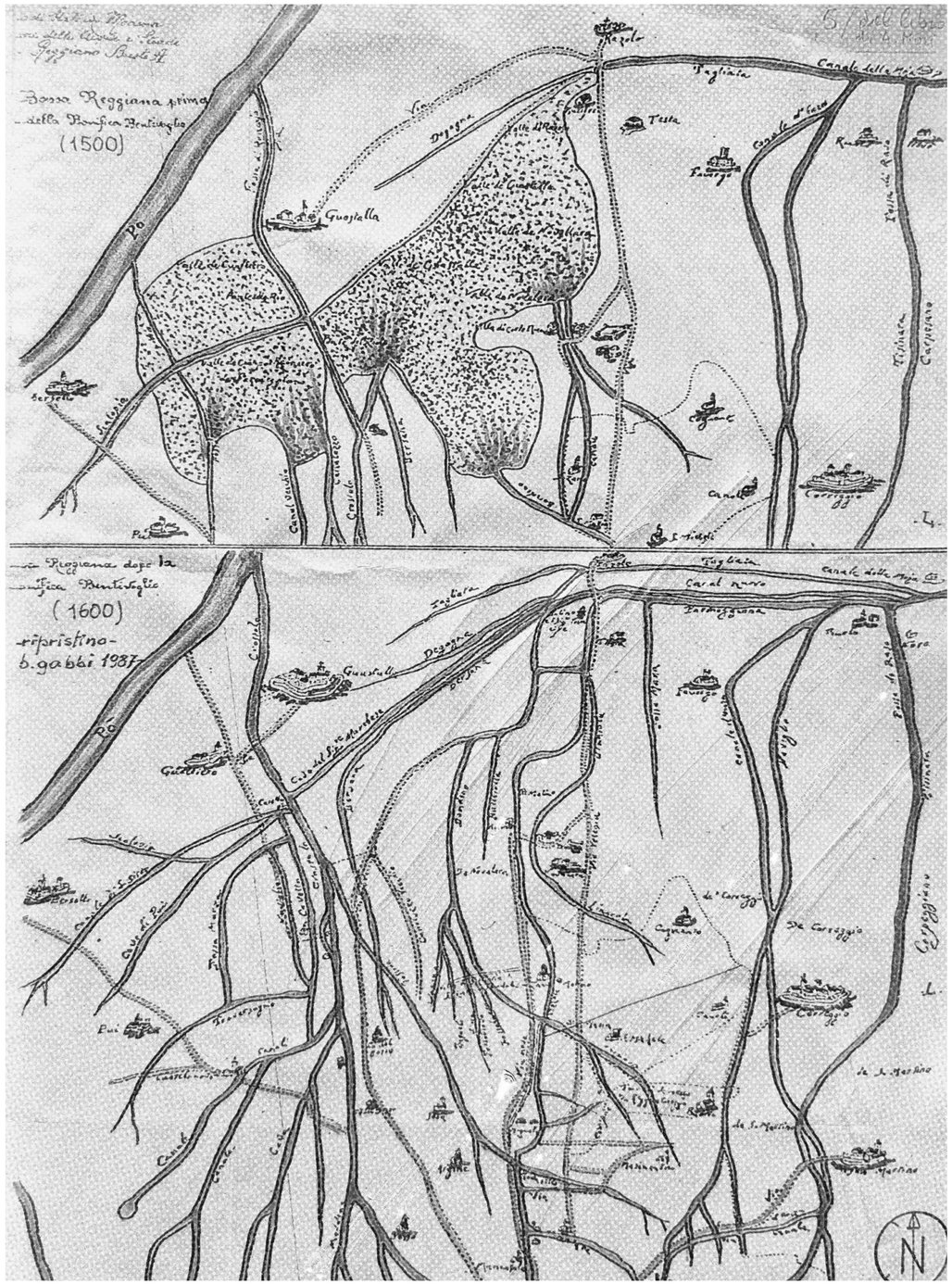
La rinascita medievale: l'eredità dei Bentivoglio

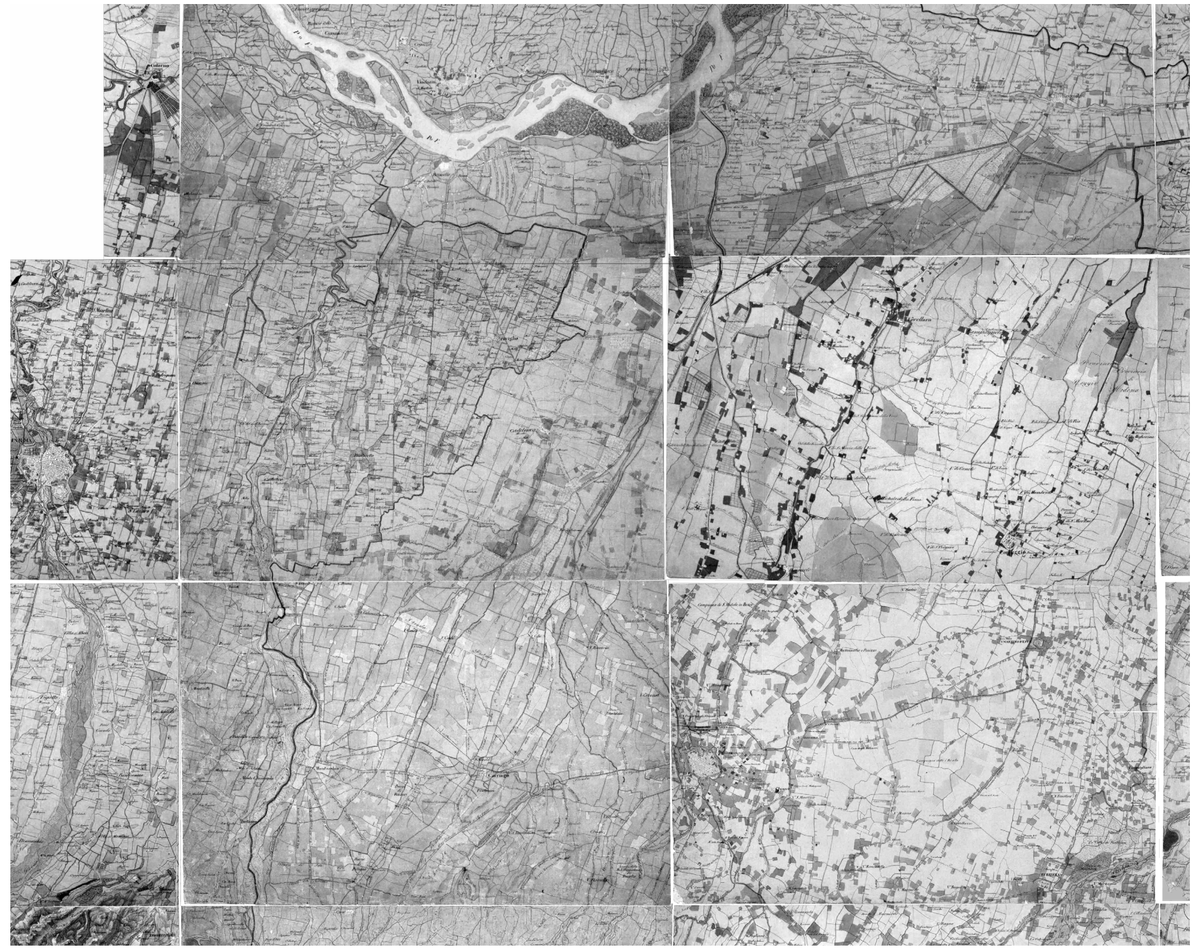
La situazione delle estese valli paludose a nord di Reggio Emilia aveva raggiunto livelli insostenibili, divenendo un'emergenza non solo economica, ma soprattutto sanitaria e geopolitica.[7] Le paludi stagnanti tra gli abitati di Brescello, Gualtieri e Guastalla generavano miasmi letali e favorivano epidemie di malaria, rendendo le zone limitrofe inabitabili e provocando un drammatico spopolamento.[7]

Il momento decisivo per la conformazione idraulica attuale dell'area Cava-Crostolo si colloca nel Rinascimento, quando nel 1566, il Duca investì del feudo di Gualtieri il marchese **Cornelio Bentivoglio**. L'investitura feudale era esplicitamente condizionata a un compito arduo e monumentale: il riscatto totale e definitivo delle terre acquitrinose.[7]
Non fu un semplice intervento locale, ma un'opera di pianificazione territoriale a scala di bacino, caratterizzata da una complessa ingegneria idraulica destinata ad alterare irreversibilmente l'orografia della Bassa pianura Reggiana.[1]
Il principio teorico che guidò il progetto del direttore tecnico dei lavori Gian Battista Aleotti e di Bentivoglio fu un'innovazione concettuale assoluta per la scienza idraulica dell'epoca: la **separazione rigorosa e fisica tra le "acque alte" e le "acque basse".**[1]
Il "piano Bentivoglio" si articolò in tre macro-interventi sinergici [1]:

- **L'Inalveazione definitiva del Torrente Crostolo**: Il torrente, causa primaria dell'impaludamento, fu intercettato e costretto all'interno di un nuovo e robusto sistema di arginature continue.
- **Il drenaggio delle Acque Basse** tramite il Cavo Fiuma: Per liberare le terre profondamente depresse dalle acque meteoriche e dai rigurgiti stagnanti, Aleotti progettò lo scavo di un nuovo e maestoso canale collettore, battezzato Cavo Fiuma. Questo imponente emissario, privo di argini per poter accogliere le acque dai terreni circostanti, fu tracciato sfruttando in parte un antico ramo morto del Po. La sua funzione era raccogliere tutte le "acque basse" comprese tra l'Enza e il Crostolo e incanalarle verso est.
- **Il Sottopasso Idraulico**: La sfida ingegneristica più complessa dell'intero progetto consisteva nel fatto che il nuovo Cavo Fiuma (che scorreva da ovest verso est) doveva incrociare in modo trasversale il nuovo alveo arginato del torrente Crostolo (che scorreva da sud verso nord verso il Po). Far confluire i due flussi avrebbe significato ricreare la palude. La soluzione ideata e realizzata fu un capolavoro assoluto dell'ingegneria rinascimentale che avrebbe fatto la storia delle bonifiche padane: la **Botte Bentivoglio**.

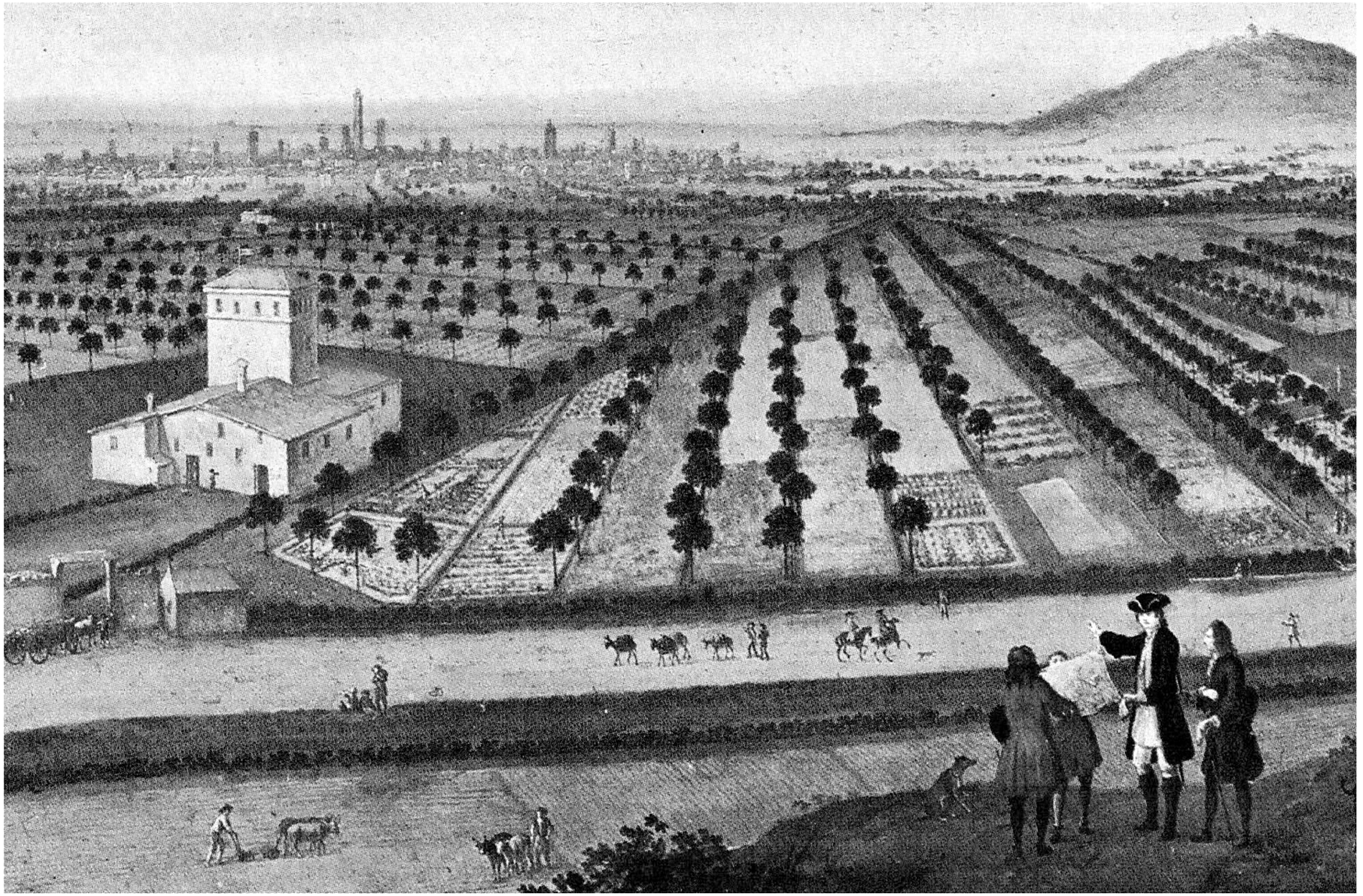
Questo manufatto, la cui costruzione durò un'unica frenetica estate e fu completata nell'agosto del 1576, è uno **straordinario sifone idraulico sotterraneo**.[1] Il funzionamento idraulico sfrutta il principio dei vasi comunicanti: il sistema è dotato di ampi pozzi a sifone sulle testate che forzano le acque del Fiuma a scendere sotto il livello del letto del Crostolo per poi risalire dalla parte opposta.
Tuttavia, la colossale macchina idraulica rinascimentale, alterando forzatamente gli equilibri naturali, si dimostrò fin da subito un **sistema intrinsecamente instabile**, che necessitava di un'enorme forza lavoro e di una **manutenzione continua per non regredire allo stato paludoso**.
Le soluzioni proposte dall'ingegnere Bertazzolo, che ispezionò l'opera, imposero continue rettifiche delle quote di fondo, innalzamento degli argini e ricalibrature dei collettori. Il paesaggio della bonifica bentivogliesca, per quanto geniale, rivelò la sua natura di ecosistema "sospeso", in cui l'uomo era condannato a combattere una guerra di trincea perpetua contro la subsidenza naturale e il deposito alluvionale per difendere i frutti della propria civilizzazione.[1]





In alto: carta storica del 1821 del Ducato di Modena.

A sinistra: bassa reggiana prima della Bonifica Bentivoglio (1500) e dopo.



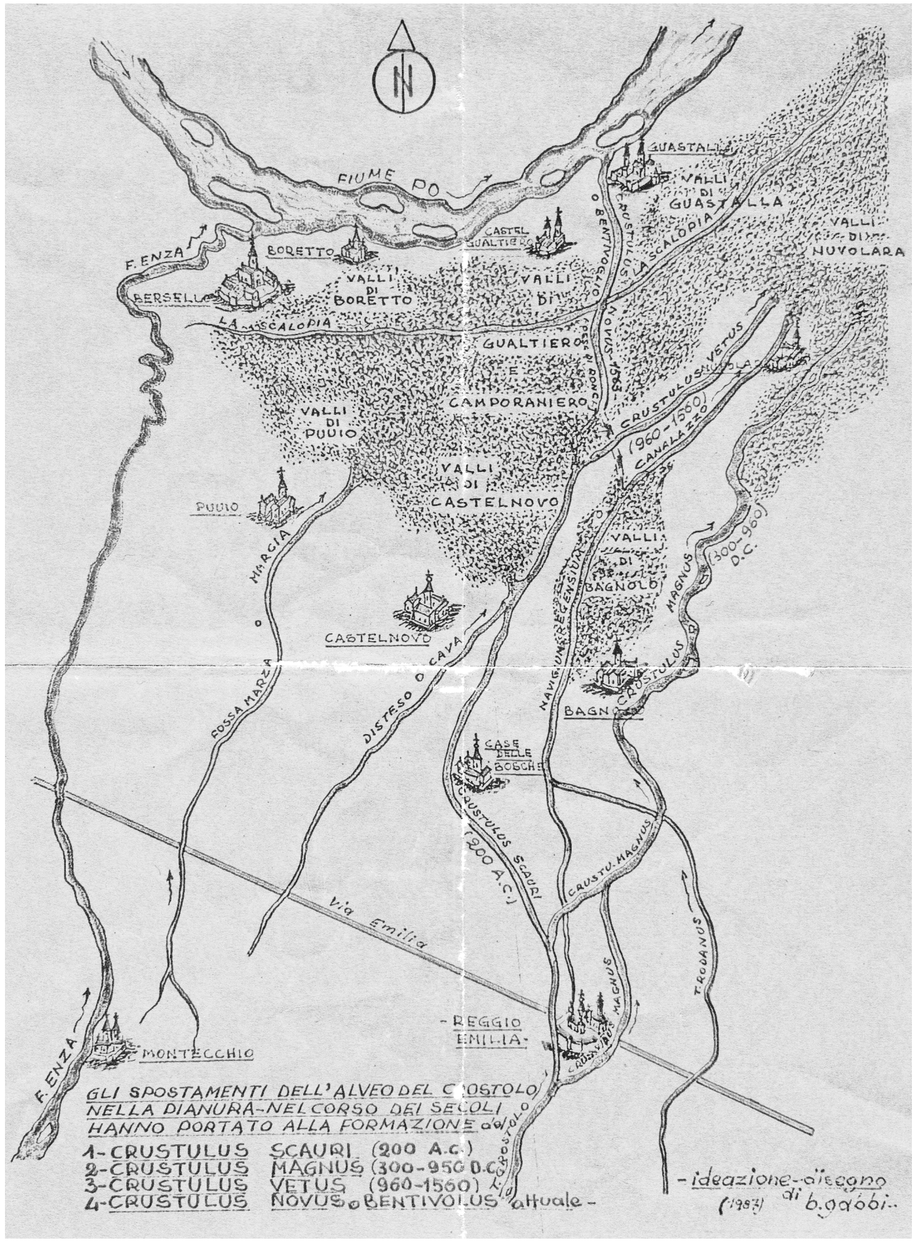
← *A sinistra*: raffigurazione della struttura del paesaggio ottocentesco.

Le avulsioni del Crostolo

Il nome stesso del torrente deriva dalla sua intensa azione geomorfologica. I legionari del console romano Marco Emilio Scauro (115 a.C.) infatti, osservando gli spessi strati di sedimenti che rendevano fertili i terreni, li chiamarono **crùsta (corteccia)**, da cui derivarono nel tempo nomi come *Crustula, Crustulus o Crustenum*.

L'evoluzione dell'alveo

Gli studi sulle colmate naturali lasciate dal fiume identificano quattro principali tracciati storici. *Crustulus Scauri* (epoca Romana): Aveva un andamento quasi rettilineo da sud verso nord e terminava la sua corsa dopo circa quindici chilometri nei pressi dell'odierna Cadelbosco Sotto. Le sue acque andavano ad esaurirsi disperdendosi nel vasto sistema di stagni noto come Padusa. In questa fase antica, le acque del Crostolo si mescolavano a quelle del torrente Modolena.
Crustulus Magnus (dal tardo Impero al Medioevo): Quando i massicci depositi di detriti separarono il Crostolo dal Modolena, il fiume deviò bruscamente verso est (destra). Questa fu la fase più imponente e duratura, che dominò la pianura per circa quattordici secoli. Il fiume attraversò e riempì il Gurgum (una vasta depressione derivata dall'antico lago Bondenum), spingendosi verso Massenzatico, Bagnolo, Novellara e Campagnola, creando così le fertili terre vallive della zona.
Crustulus Vetus: in questa fase successiva, il torrente si spostò attraversando i territori di Sesso, Cadelbosco Sopra e Roncocesi, per poi andarsi a spegnere nelle paludi di Camporaniero.
Crostolo Nuovo (o *Bentivolesco*): Rappresenta la fase attuale, il cui tracciato ricalca curiosamente in buona parte proprio l'antica via romana dello Scauri. Questo alveo definitivo è il risultato dei massicci interventi ingegneristici del XVI secolo.



In questa pagina: spostamenti dell'alveo del Crostolo.

IL QUADRO CONOSCITIVO → *OGGI*

Il paesaggio reggiano che oggi osserviamo è il prodotto di secolari trasformazioni: un territorio complesso governato dalla rigorosa separazione tra acque alte e acque basse, sostenuta dall'energia meccanica delle idrovore e attraversata da una rete di canali che assolvono, promiscuamente, alle funzioni opposte di scolo e di irrigazione. Comprenderne l'assetto contemporaneo significa non solo capirne il funzionamento meccanico, ma anche riconoscere come questo equilibrio, minacciato da un clima ormai mutato, celi al proprio interno delle fragilità strutturali non sostenibili a lungo termine.

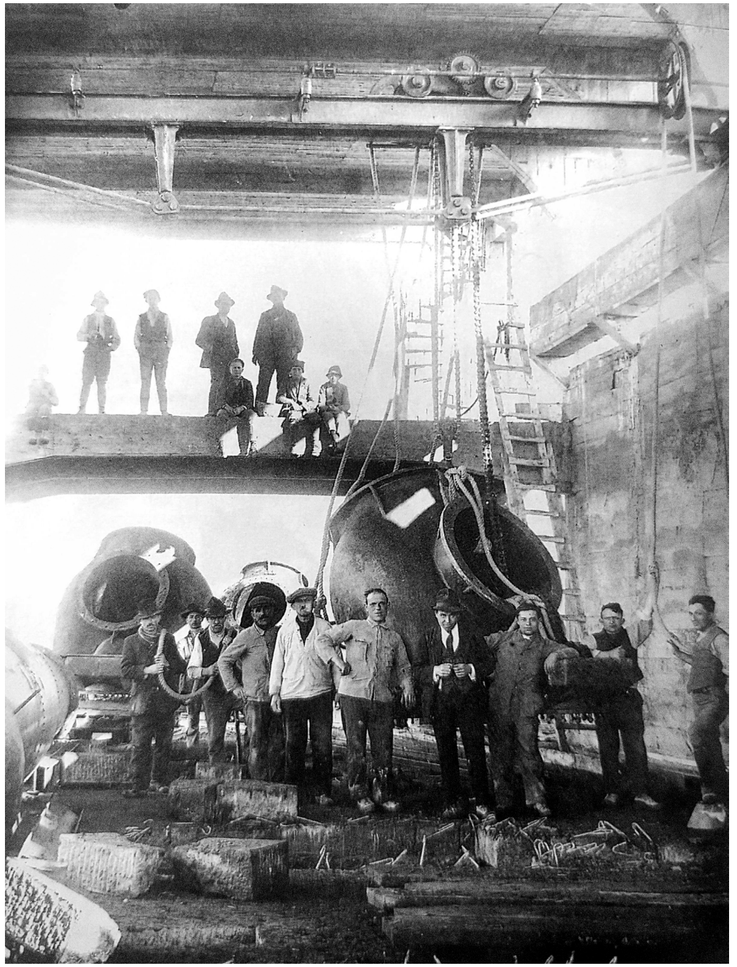
L'assetto idrografico contemporaneo: acque alte ed acque basse

La rivoluzione tecnologica del Novecento

Tra la fine del XIX e i primi decenni del XX secolo presero forma potenze tecniche e amministrative come il *Consorzio della Bonificazione Parmigiana-Moglia e il Consorzio Bentivoglio-Enza*[1] permisero una gestione coordinata di questo enorme territorio. Il vero motore della rivoluzione paesaggistica del Novecento fu però di natura tecnologica: l'introduzione dell'**energia elettrica** e l'impiego massiccio delle potenti pompe centrifughe. Questi strumenti svincolarono per la prima volta la bonifica dalla dipendenza assoluta della forza di gravità.
Negli anni Venti fu attuato un imponente piano di opere che trasformò la rete dei canali da un sistema a deflusso prevalentemente invernale a una sofisticatissima **macchina a doppio regime: scolo difensivo durante i piovosi mesi invernali e irrigazione di soccorso durante le siccità estive**.[1]
Il territorio fu inciso da nuove, enormi cicatrici d'acqua e arricchito da imponenti stabilimenti idrovori. Questi edifici non furono concepiti come meri capannoni industriali, ma come veri e propri monumenti celebrativi del trionfo umano sulla natura.







↑ In alto a sinistra: Mussolini, presidente del consiglio, visita Gualtieri e inaugura la bonifica meccanica (1926).

↑ In alto a destra: impianto di Case Cervi del Canale Derivatore (1933). Inaugurazione durante la visita del prefetto di Reggio Emilia.

← A sinistra: impianto idrovoro del Torrione.

Acque alte ed acque basse

L'assetto idrografico contemporaneo eredita dalle trasformazioni del XX secolo la rigorosa suddivisione artificiale in due reti distinte: il sistema delle "acque alte" e il sistema delle "acque basse".[3] Questa dicotomia non è basata sulla portata o sulle tipologie di uso, ma esclusivamente sulla giacitura topografica dei terreni drenati e sulla meccanica del loro deflusso verso i fiumi recettori

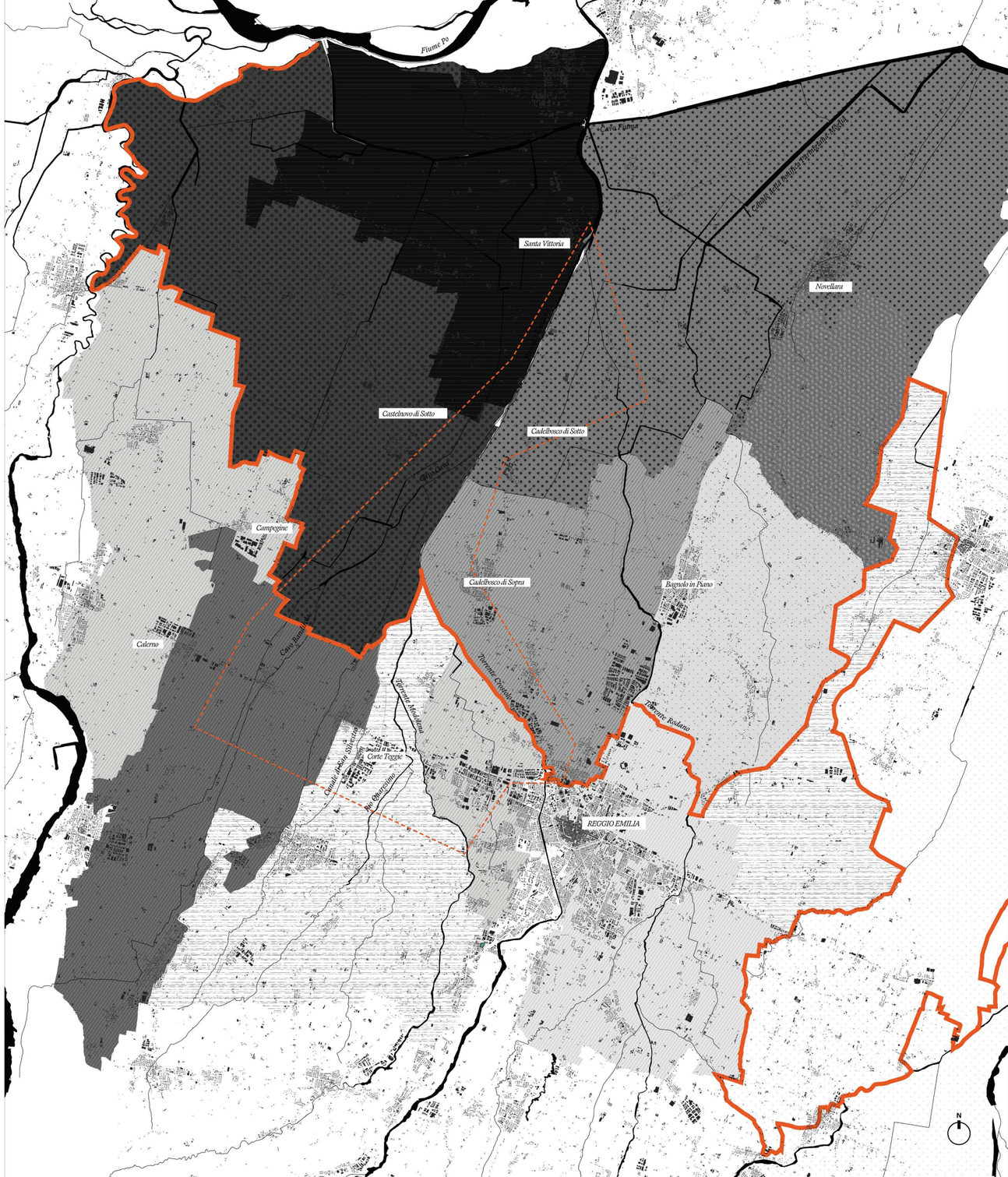
Dinamica delle acque alte

Comprende i territori posti a *quota superiore ai 25 metri s.l.m.*, situati nella fascia sud del comprensorio. Il sistema delle acque alte è incaricato di intercettare, raccogliere e smaltire i flussi idrici provenienti dai territori di alta e media pianura. Queste porzioni di territorio, pur possedendo pendenze estremamente dolci e a tratti impercettibili, presentano una quota altimetrica assoluta sufficiente a garantire che l'acqua defluisca verso valle per semplice **forza di gravità**, scorrendo a "pelo libero" all'interno degli alvei.[4]
Tuttavia, questa meccanica apparentemente semplice nasconde una vulnerabilità intrinseca: l'efficacia dello scolo a gravità è legata alle condizioni idrometriche del fiume recettore. Quando le precipitazioni portano ad un evento di piena sul fiume Secchia o sul fiume Po, il livello delle acque fluviali si innalza, superando la quota del pelo dell'acqua nel canale scolante. In questa particolare situazione, le porte vinciane o le paratoie meccaniche delle chiaviche emissarie (come Mondine e Bondanello) devono essere ermeticamente chiuse per impedire il rigurgito delle acque fluviali verso i territori di pianura.[3]
Con le porte chiuse e lo scolo precluso, le acque alte che continuano a discendere dalla media pianura non hanno alcuna via di fuga naturale.

Dinamica delle acque basse

Il sistema delle acque basse si confronta con una topografia ancora più severa. Questa rete drena i territori caratterizzati dalle giaciture più depresse della regione, aree di bassa pianura che in prossimità del Po si attestano a quote prossime allo zero, scendendo talvolta fino a 1 o 2 metri sotto il livello medio del mare.[5] In queste zone, che un tempo coincidevano con gli impluvi delle antiche paludi storiche (le "valli"), i canali si presentano incassati nel terreno, privi di arginature elevate e con pendenze di fondo pressoché inesistenti, inferiori al metro per chilometro.[5] Data la mancanza di un battente idraulico utile, le acque piovane e di sgrondo che si accumulano in queste depressioni sono fisicamente impossibilitate a raggiungere e superare le arginature dei fiumi recettori per gravità. Il loro smaltimento dipende in modo assoluto e ininterrotto dall'**energia meccanica**.

A destra: suddivisione dei bacini di scolo del territorio. →



La promiscuità infrastrutturale

→ *Nella pagina a fianco:*
canale della rete consortile

Dalla difesa idraulica all'irrigazione di soccorso

L'altra innovazione cruciale di inizio Novecento, che modificò radicalmente la biologia agraria della pianura, fu la realizzazione del **Nodo di Boretto** (1928). Di fronte alle ricorrenti e disastrose siccità, fu costruita una gigantesca presa idraulica direttamente sul fiume Po, che portò ad una delle caratteristiche più distintive, e al contempo problematiche, della pianura emiliana e del comprensorio reggiano è la cosiddetta "promiscuità della canalizzazione"[1] Con questo termine tecnico si definisce la pratica, profondamente radicata nella storia consortile, di utilizzare la medesima infrastruttura a cielo aperto per assolvere a due funzioni diametralmente opposte, seguendo l'andamento delle stagioni: lo scolo delle piogge in eccesso per la difesa idraulica durante l'autunno e l'inverno, e il trasporto, l'adduzione e la distribuzione delle acque per scopi irrigui durante la siccità primaverile-estiva.[1]
L'acqua estratta a Boretto dal grande fiume Po deve intraprendere un percorso ingegneristico straordinario, risalendo le blande pendenze naturali della pianura per spingersi verso sud, fino a lambire la città di Reggio Emilia e l'asse della via Emilia. Questa "inversione" del deflusso naturale è resa possibile da una complessa catena di impianti di sollevamento e chiuse di sostegno.[4]
La tecnica di distribuzione adottata prevalentemente nella bassa e media pianura reggiana, proprio in virtù della conformazione dei canali aperti in terra, è la cosiddetta "irrigazione di soccorso".[8] Questa espressione non indica semplicemente un intervento d'emergenza in caso di siccità estrema, ma definisce una precisa modalità operativa, basata sull'innalzamento strategico dei livelli della rete capillare. Chiudendo una serie di paratoie e sostegni minori lungo i cavi, il Consorzio innalza il pelo libero dell'acqua nei fossi adiacenti alle proprietà agricole, portandolo a quote sufficientemente alte da consentire agli agricoltori il prelievo diretto o per sfioramento e infiltrazione laterale.[3][4]



I prati polifiti: un sistema agronomico storico ad alta dipendenza idrica

La garanzia di un approvvigionamento idrico costante e capillarmente distribuito ha innescato, a partire dal primo Novecento, una profonda metamorfosi economica del territorio. L'agricoltura locale ha progressivamente abbandonato l'estesa cerealicoltura asciutta, storicamente vulnerabile alle fluttuazioni climatiche, per specializzarsi in una zootecnia da latte d'eccellenza, strutturando un paesaggio rurale unico al mondo: quello dei prati stabili polifiti [6].
Queste formazioni prative perenni rappresentano un sistema di straordinario valore ecologico e storico, all'interno del quale il suolo non viene mai arato, dissodato né sottoposto a rotazione colturale. Si tratta di distese perenni di erbe spontanee o seminate in antichità, dove è presente da un'elevata biodiversità, mantenute in vita attraverso una gestione agronomica meticolosa che prevede continui sfalci periodici (fino a 5-6 cicli annuali), massicce concimazioni organiche ed una frequente irrigazione, per scorrimento superficiale o per sommersione temporanea [15].
La sopravvivenza dei prati stabili reggiani è indissolubilmente legata alla filiera zootecnica del Parmigiano-Reggiano D.O.P.[15], il cui severo disciplinare di produzione vieta categoricamente l'impiego di foraggi insilati o fermentati per l'alimentazione delle vacche da latte, obbligando all'utilizzo di fieno di alta qualità derivante da queste specifiche colture prative.
Questa dipendenza idrica assoluta ha disegnato la texture stessa del paesaggio reggiano: un mosaico ininterrotto di distese verdi, sezionato dalla geometria argentea dei canali colmi, incorniciato da filari arborei residui e costellato da manufatti idraulici (il "Paesaggio della Bonifica") che insieme costituiscono un agro-ecosistema dal profondo valore storico, estetico e culturale [10].

Separazione idraulica del Crostolo dal piano di campagna

Un'analisi del comprensorio svela una caratteristica morfologica e ingegneristica fondamentale per la comprensione delle fragilità del sito: la separazione idraulica tra il corridoio del torrente Crostolo e l'area di studio agricola compresa tra la via Emilia, il torrente stesso e il Cavo Cava. Nonostante la contiguità geografica, il territorio preso in analisi non appartiene — dal punto di vista del drenaggio superficiale — al bacino imbrifero diretto del torrente Crostolo [10].
In regime idraulico ordinario, tutte le acque meteoriche che cadono sulla matrice rurale e periurbana del sito non trovano recapito nell'asta torrentizia adiacente, ma vengono capillarmente captate dalla fitta maglia dei canali consortili minori e convogliate verso il canale derivatore principale (il sistema cavo Cava / cavo Fiuma) [6, 10]. Questo reticolo artificiale sposta le portate lungo un asse gravitazionale e meccanico orientato prevalentemente da ovest verso est, superando il corso del Crostolo e muovendo i flussi verso recettori idrografici completamente indipendenti [6, 10].

Il Crostolo come infrastruttura separata

Il torrente Crostolo si configura quindi all'interno dell'area di studio non come drenante naturale o asse di raccolta del ruscellamento locale, bensì come un'infrastruttura idraulica confinata e pensile, una vera e propria condotta artificiale racchiusa entro i possenti argini storici che attraversa longitudinalmente la pianura reggiana senza scambiare portate con le celle idrauliche rurali circostanti [10, 19]. Questa separazione trasforma il torrente in una potenziale minaccia per il sito di progetto in caso di fallimenti dell'infrastruttura [10].
Mentre il reticolo agrario interno scola tramite il sistema delle acque basse, il Crostolo viaggia a una quota altimetrica superiore, veicolando le portate estranee formate nel proprio bacino montano appenninico e nell'interbacino urbano non laminato [10, 21].
Ne consegue che il territorio agricolo è strutturato per gestire esclusivamente le acque locali ed i flussi irrigui controllati di Boretto, ma si trova fiancheggiata da un corridoio fluviale che, in caso di superamento delle soglie critiche di progetto, cessa di comportarsi come un elemento estraneo e separato [6, 21].

Dalla separazione alla collisione sistemica: la vulnerabilità per rotta

Il difetto di questo modello di separazione si manifesta drammaticamente durante gli eventi meteorologici estremi, portando ad una collisione sistemica[21]. Quando le onde di piena del Crostolo superano la franchigia arginale nominale o innescano processi di collasso delle sponde per sormonto, il sistema delle acque alte invade il piano di campagna depresso del territorio agricolo retrostante [10, 21].
In questa fase di criticità, la griglia dei canali della bonifica rurale ed il cavo Cava, dimensionati per lo smaltimento delle sole acque meteoriche locali, subiscono un sovraccarico idraulico istantaneo e catastrofico, trovandosi a dover ricevere e stoccare milioni di metri cubi di acqua torrentizia stazionaria esondata, che le idrovore consortili non sono temporaneamente in grado di sollevare verso i recettori finali [7, 21].



A fianco: i possenti argini del Crostolo che separano il corso d'acqua dalla campagna circostante. →

Il clima

Evoluzione termica: la deriva climatica del territorio reggiano

L'analisi dei dati storici raccolti tra il 1960 e il 2026 rivela una chiara tendenza al riscaldamento, con un incremento della temperatura massima annua di 0,67 °C per decennio e della minima di 0,4°C per decennio.[1] Questo riscaldamento non è uniforme ma ha subito un'accelerazione marcata dopo gli anni '90, con anomalie che nel decennio 2005-2014 hanno raggiunto picchi di 3,5 °C rispetto al periodo climatico di riferimento (1961-1990).[1]

Le stagioni mostrano segnali di trasformazione profonda. L'estate reggiana è diventata significativamente più calda, con la temperatura minima estiva che ha registrato l'incremento più alto tra le città monitorate nel progetto LIFE "UrbanProof", crescendo di circa 3,9 °C in soli trent'anni (1985-2014).[1] Questo dato è particolarmente rilevante per l'architettura del paesaggio, poiché l'aumento delle temperature minime notturne impedisce il raffrescamento biologico della vegetazione e incrementa lo stress termico per la popolazione.[1]

Il numero di giorni con temperature superiori alla soglia dei 30 °C e 35 °C è in costante ascesa. Nel 2024, le ondate di calore hanno portato la pianura centro-orientale a contare fino a 80 giorni con massime superiori ai 30 °C .[11] Parallelamente, si assiste alla scomparsa dei giorni di gelo e di ghiaccio. L'inverno 2023-2024 è risultato il più caldo dal 1961, con un numero di giorni in cui la minima è scesa sotto lo zero tra i più bassi della serie storica.[11]

Il nuovo regime pluviometrico: concentrazione ed estremizzazione

Se le temperature seguono un trend di crescita lineare, le precipitazioni mostrano una variazione qualitativa più che quantitativa. Il volume annuo complessivo a Reggio Emilia ha registrato un leggero calo nel lungo periodo (1961-2014), ma il dato più allarmante riguarda la distribuzione temporale delle piogge e l'intensità degli eventi singoli.[1] Il biennio 2022-2024 offre un esempio plastico della nuova "polarizzazione" climatica. Il 2022 è stato l'anno meno piovoso dal 1961, con un deficit idrico del -33% nel Nord Italia e una riduzione del 50% della disponibilità naturale di risorsa idrica rispetto alla media dell'ultimo trentennio.[15] In questo contesto, i prelievi dal fiume Po e il riutilizzo delle acque depurate (come l'impianto di Mancasale che fornisce 5 milioni di metri cubi all'anno) sono diventati vitali per mantenere la funzionalità del Cavo Cava e dell'irrigazione agricola.[16]

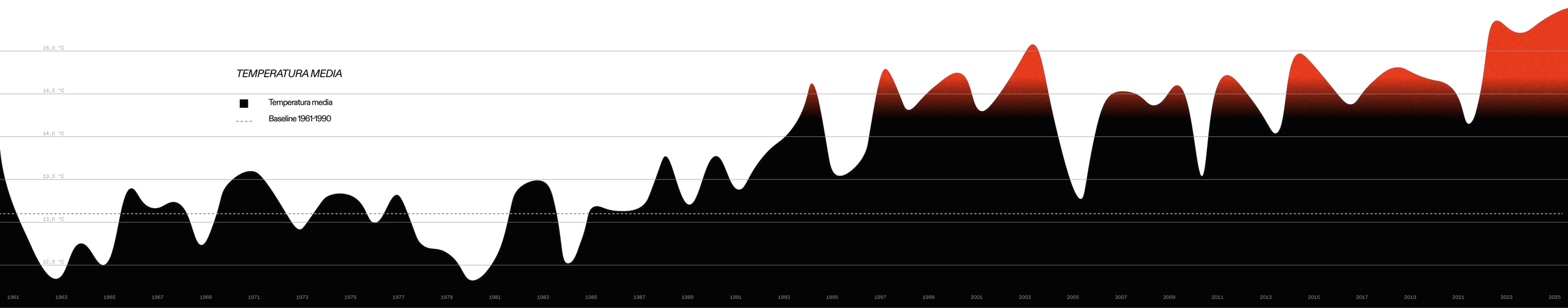
Al contrario, il 2024 si è rivelato l'anno più piovoso dal 1961 per l'Emilia-Romagna, con un accumulo medio di 1208 mm.[11] A Reggio Emilia sono stati misurati 1126 mm, una quantità eccezionale che ha visto quasi la metà della pioggia autunnale concentrarsi in due soli eventi estremi a settembre e ottobre.[11]

La genesi di questi eventi estremi è spesso legata a formazioni meteorologiche complesse come i "fronti occlusi" o l'effetto "stau" appenninico, dove masse d'aria umida si scontrano con la catena montuosa scaricando enormi quantità d'acqua in tempi ristrettissimi.[20] Nel dicembre 2017, un sesto della pioggia annua cadde in sole 48 ore nel bacino dell'Enza (adiacente al Crostolo).[21] Nell'ottobre 2024, sono caduti fino a 175 mm di pioggia in 24 ore nel bacino del Crostolo, provocandone la tracimazione.[22]

L'impatto di queste piogge è aggravato dalla saturazione dei suoli. Quando il terreno è già pregno d'acqua a causa di un autunno piovoso, la sua capacità di infiltrazione si azzera, trasformando ogni millimetro di pioggia aggiuntiva in ruscellamento superficiale immediato.[23] Questo meccanismo spiega perché la quarta alluvione in [18] mesi in Emilia-Romagna sia stata così devastante: il territorio non ha avuto il tempo fisico per drenare l'acqua degli eventi precedenti.[23]

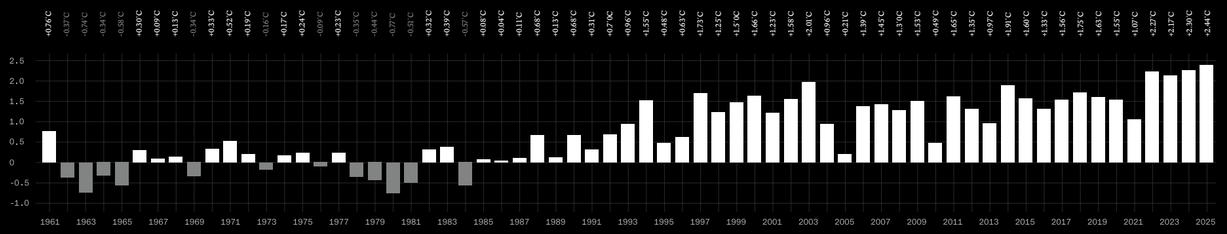
Proiezioni delle precipitazioni e siccità futura

Le simulazioni indicano una diminuzione complessiva delle precipitazioni annuali, stimata in circa 70 mm al 2100 per lo scenario RCP 4.5 e 40 mm per l'RCP 8.5.[1] Tuttavia, l'indice di siccità (durata massima dei periodi secchi) mostra una tendenza crescente in primavera, estate e autunno.[1] La scarsità idrica non sarà solo un problema agricolo, ma influenzerà la sopravvivenza del patrimonio arboreo urbano e la capacità termoregolatrice dei parchi.[3]



ANOMALIE DI TEMPERATURA

Scarto dalla media del periodo 1961–1990 (baseline climatica)

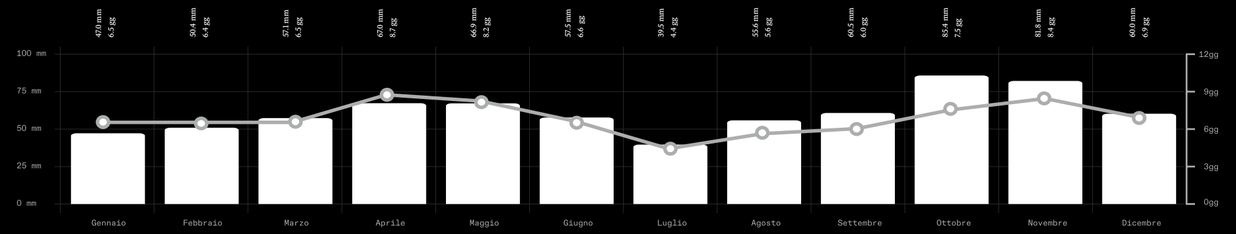


Più freddo rispetto alla baseline di riferimento

Più caldo rispetto alla baseline di riferimento

NORMALI CLIMATICHE MENSILI

Precipitazioni medie 1961-2025



Precipitazione media mensile

Media giorni piovosi mensili

AUMENTO TEMPERATURE

+1.9°C

Decade 2015-2025 vs 1961-1970

37 GIORNI RECORD

>35°C

Nel 2003

ANNO PIÙ CALDO

2025

Temperatura media 15,52 °C

MEDIA 2015-2025

14.9°C

Temperatura media degli ultimi 10 anni

ANNO PIÙ PIOVOSO

1057mm

Nel 2024

ANNO PIÙ SICCITOSO

448mm

Nel 2003

PRECIPITAZIONE MEDIA

732mm

Precipitazione media annua

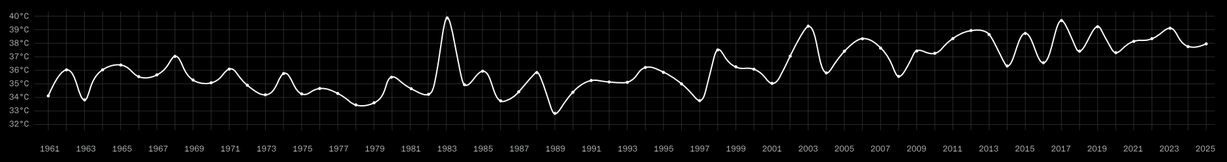
MEDIA 2010-2020

-22mm

Rispetto alle precipitazioni 1960-2010

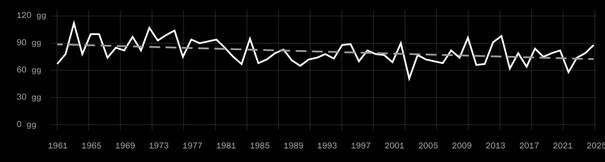
RECORD TEMPERATURE ASSOLUTE

Temperatura massima assoluta registrata ogni anno



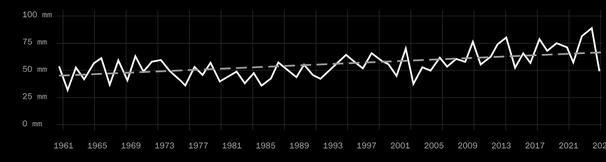
GIORNI PIOVOSI

Giorni di pioggia annui



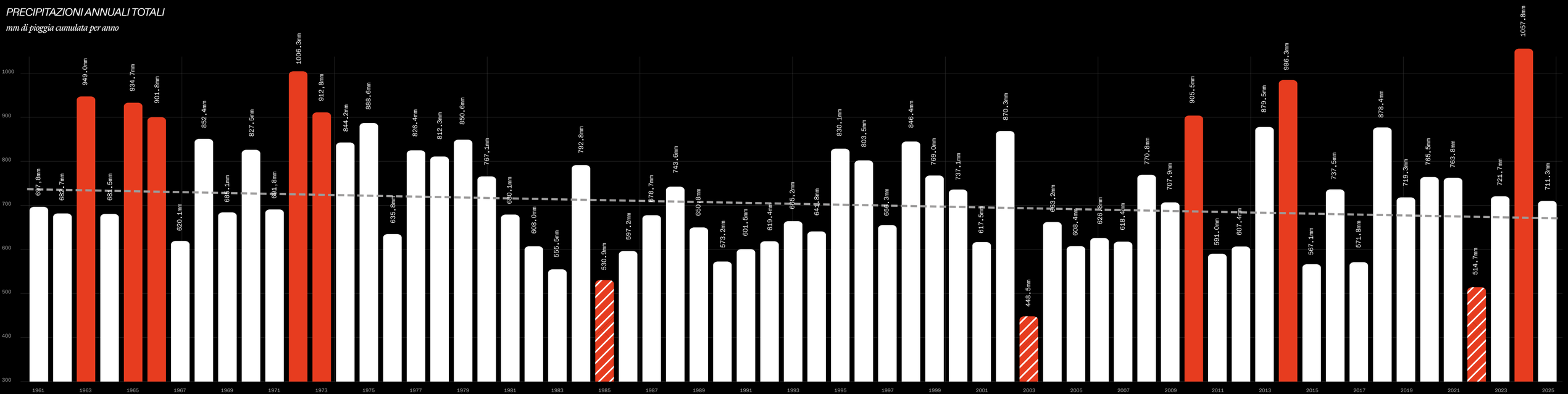
EVENTO DI PIOGGIA MASSIMO GIORNALIERO

Giorno con maggior mm di pioggia annuo



PRECIPITAZIONI ANNUALI TOTALI

mm di pioggia cumulata per anno



→ QUADRO *DIAGNOSTICO*

Il sistema territoriale reggiano, concepito per un regime climatico oggi irrimediabilmente mutato, rivela, sotto la pressione degli estremi meteorologici, le fragilità dovute alla sua stessa architettura. Ciò che nell'assetto ordinario appariva come funzionamento efficiente — la separazione rigida delle acque, la promiscuità della rete, la dipendenza dall'energia meccanica — si trasforma, nelle condizioni di sollecitazione, in altrettanti fattori di vulnerabilità. Subsidenza, impermeabilizzazione dei suoli, semplificazione ecologica ed estremizzazione degli eventi non agiscono in modo separato, ma si sovrappongono in una concatenazione di criticità che conduce il territorio fino alla soglia del collasso idraulico.

Vulnerabilità del settore agricolo

La semplificazione ecologica

Il paesaggio rurale centro-settentrionale di Reggio Emilia ha subito, a partire dal secondo dopoguerra, una delle trasformazioni più radicali dell'intero bacino padano, evolvendo da un sistema storico a coltura promiscua e ad alta diversità biologica verso una matrice agricola intensamente specializzata, omogenea e meccanizzata[15]. Questo processo di semplificazione ecologica ha agito attraverso l'eliminazione sistematica degli elementi lineari del paesaggio agrario tradizionale — come le siepi campestri, i filari alberati e la rete minuta dei fossi interpoderali — un tempo elementi cardine del paesaggio della "cura" e della piantata reggiana[19].

La rimozione di queste componenti vegetali e morfologiche ha determinato una drastica contrazione degli ecotoni e la frammentazione degli habitat naturali relitti, riducendo drasticamente la connettività ecologica territoriale e allontanando le specie faunistiche più esigenti dal punto di vista ecologico [15]. Dal punto di vista idrologico, la scomparsa della trama arbustiva e agraria minuta ha ridotto la rugosità superficiale complessiva dei suoli, accelerando i processi di ruscellamento superficiale (runoff) a scapito della ritenzione idrica diffusa e della capacità di laminazione naturale del comparto rurale [10, 19].

L'analisi diacronica dell'uso del suolo documenta che la Superficie Agricola Utilizzata (SAU) nel comprensorio pianeggiante reggiano ha registrato una contrazione severa, con una perdita netta che ha colpito in modo selettivo proprio i suoli di Classe I e II a maggiore capacità d'uso agricolo, digeriti dall'espansione urbana e logistica lungo la via Emilia [10]. Le porzioni agricole superstiti si trovano oggi in una condizione di forte compressione e isolamento all'interno della matrice antropizzata, configurando un ecosistema artificialmente instabile che richiede continui input energetici e chimici esterni per mantenere inalterata la propria funzionalità produttiva [19].

La fragilità strutturale dei prati stabili di fronte allo stress idrico

All'interno di questo mosaico semplificato, l'elemento di maggiore pregio e, al contempo, di massima vulnerabilità climatica è rappresentato dal sistema dei prati stabili polifiti. Queste praterie permanenti, che costituiscono il nucleo storico dell'identità paesaggistica reggiana, presentano un profilo pedologico ed ecologico unico: il suolo, non essendo mai arato né alterato da rotazioni colturali, ospita comunità vegetali stabili e ad alta biodiversità, capaci di sequestro del carbonio nel suolo, miglioramento della struttura edafica e protezione profonda dall'erosione superficiale [19].

La stabilità e la sopravvivenza di questo agro-ecosistema relitto sono indissolubilmente legate alla continuità operativa del reticolo irriguo consorziale e alla disponibilità di ingenti volumi d'acqua[19]. La tecnica agronomica tradizionale, basata sull'irrigazione per scorrimento superficiale o per sommersione temporanea, necessita infatti di battenti idraulici costanti all'interno dei canali promiscui durante la stagione estiva [10].

L'estremizzazione dei fenomeni climatici analizzata nel Quadro conoscitivo — in modo particolare la polarizzazione idrologica che alterna prolungati periodi di siccità severa ad eventi meteorologici estremi— mina questo equilibrio esigente dal punto di vista idrico[16].

Durante le grandi secche della Pianura Padana, come la crisi del [2022], la drastica diminuzione della portata del fiume Po ha ridotto i margini di prelievo presso il nodo idraulico di Boretto, innescando un deficit idrico diffuso che ha esposto i prati stabili a prolungati periodi di stress idrico ma anche termico, provocando il disseccamento precoce delle specie polifite e compromettendo la qualità del foraggio[17].

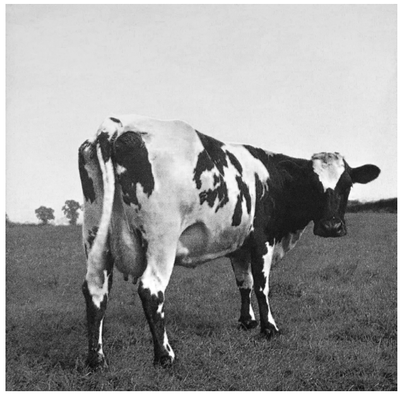


La vulnerabilità idraulica ed ecologica dei prati stabili si riflette idirettamente sulla sostenibilità economica dell'intera macro-filiera lattiero-casearia del Parmigiano Reggiano D.O.P. [15]. Il rigido disciplinare di produzione della denominazione d'origine protetta impone un legame indissolubile tra la qualità del formaggio e l'alimentazione delle bovine, vietando categoricamente l'impiego di foraggi insilati, fermentati o addizionati con conservanti, e richiedendo che la base della razione giornaliera sia costituita da fieno essiccato proveniente dai prati stabili locali o dalle colture foraggere comprensoriali [15].

La carenza idrica estiva o l'impossibilità tecnica di rimpinguare i canali di soccorso a causa dei bassi livelli del Po si traducono in una contrazione quantitativa e in un decadimento qualitativo del patrimonio foraggero reggiano, costringendo i consorzi agrari all'importazione sussidiaria di fieno da altri distretti produttivi, compromettendo il principio della tracciabilità territoriale e incrementando i costi operativi delle aziende zootecniche [15, 17].

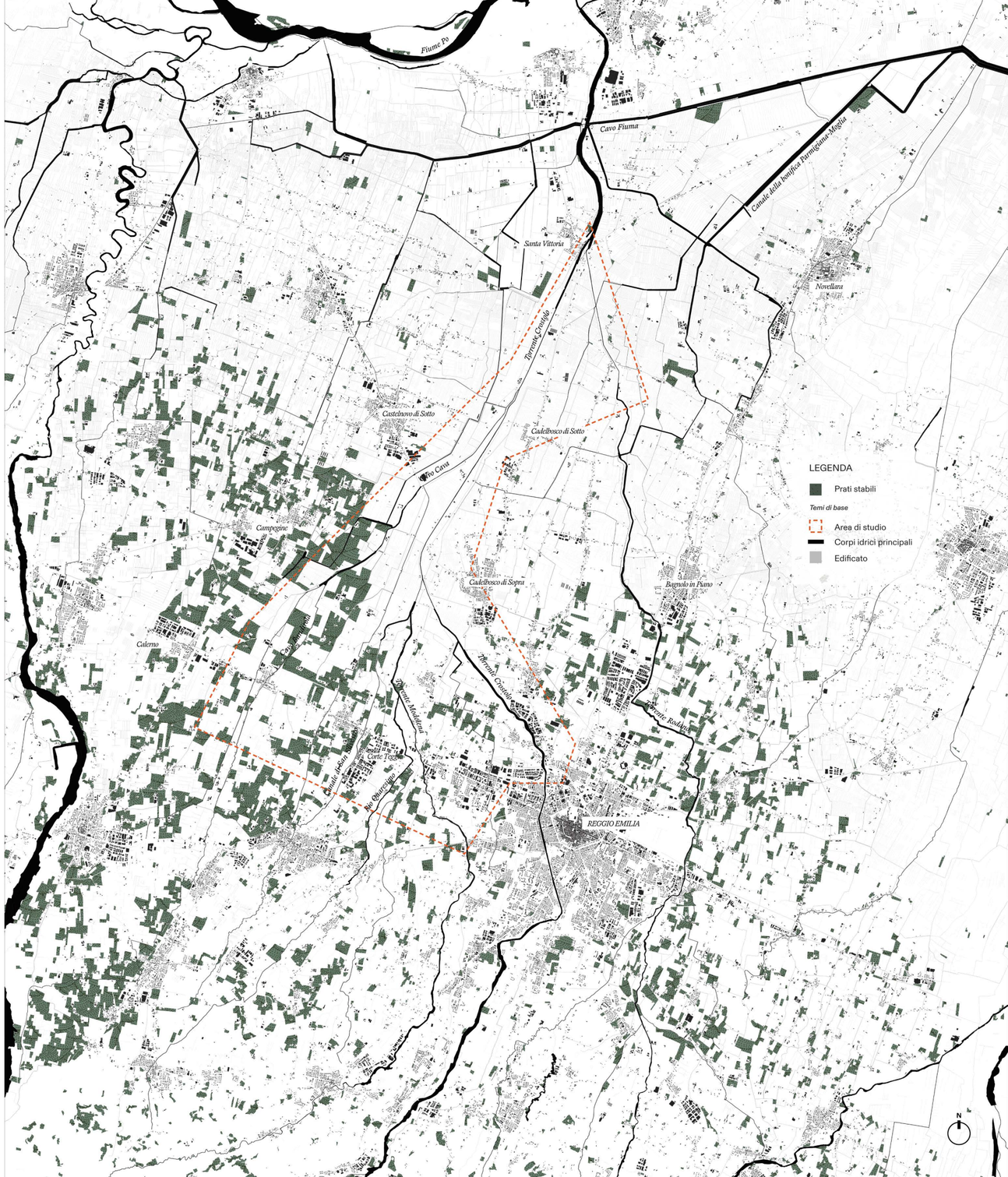
Inoltre, la vulnerabilità chimico-fisica dei suoli del Crostolo, caratterizzati da strati ghiaiosi ad alta permeabilità, amplifica il rischio ambientale: l'irrigazione intensiva a scorrimento, se operata in condizioni di ridotto battente idrico o in concomitanza con massicce concimazioni organiche volte a compensare lo stress del suolo, accelera l'infiltrazione (leaching) dei nitrati e dei composti chimici di origine agricola verso gli acquiferi sotterranei profondi, degradando la qualità delle risorse idriche idropotabili della pianura reggiana [10].

La crisi climatica non minaccia semplicemente una nicchia biologica relitta, ma mette a rischio la sopravvivenza della principale infrastruttura economica e culturale del territorio, dimostrando che la protezione dei prati stabili sia la chiave per la rigenerazione e la difesa dell'intero sistema agrario ed insediativo della pianura reggiana [15, 19].



← *A sinistra:* mucca da latte.

→ *Nella pagina a fianco:* localizzazione dei prati stabili nel territorio reggiano.


Fiume Po
Cavo Fiuma
Canale della bonifica Parmigiana-Moglia
Santa Vittoria
Novellara
Torrente Crostolo
Castelnovo di Sotto
Cadelbosco di Sotto
Rio Cerva
Campegine
Cadelbosco di Sopra
Bagnolo in Piano
Caviano
Caviano
Cavi

Subsidienza, soil sealing ed estremi climatici

La configurazione di elevata vulnerabilità idraulica che caratterizza il bacino idrografico del torrente Crostolo e del cavo Cava non è riconducibile a un singolo fattore isolato, bensì emerge dall'interazione concomitante di tre forze diverse: i cedimenti altimetrici dovuti alla subsidenza, l'impermeabilizzazione dei suoli (soil sealing) e la crescente frequenza di eventi meteorologici estremi legati alla deriva climatica [16]. Questo insieme di fattori porta il reticolo idrografico, sia naturale che artificiale, al limite e talvolta al superamento delle proprie soglie nominali di tolleranza idraulica.

Dinamiche di subsidenza

La subsidenza è un fenomeno storicamente attivo nella Pianura Padana a causa della naturale compattazione dei sedimenti alluvionali olocenici, ha subito un'evidente accelerazione di causa antropica a partire dal secondo dopoguerra, indotta principalmente dal massiccio pompaggio di acque sotterranee dagli acquiferi confinati e semi-confinati per scopi industriali, civili e agricoli [10].

I monitoraggi interferometrici radar documentano che ampi settori della bassa pianura reggiana registrano tassi di abbassamento del suolo che oscillano tra i [3] e i [15] mm/anno [10].

Dal punto di vista dell'idraulica del territorio, questa perdita progressiva di quota assoluta altera i delicati gradienti di pendenza su cui i consorzi di bonifica hanno storicamente impostato la rete dei canali scolanti [6]. La subsidenza colpisce in modo selettivo le aree interfluviali depresse (le zone di backswamps), accentuando la pendenza negativa dei suoli rispetto ai fiumi recettori principali, come il Crostolo, i quali tendono invece a sopraelevarsi a causa del costante deposito di sedimenti alluvionali [6, 10].

Questo divario geometrico riduce progressivamente l'efficacia dello scolo a gravità delle acque alte, ampliando i confini fisici dei bacini afferenti al sistema delle acque basse e costringendo gli impianti idrovori consortili a sostenere carichi idraulici e tempi di funzionamento di gran lunga superiori rispetto a quelli stimati in fase di progetto, incrementando la vulnerabilità del sistema in caso di black-out energetici.

Soil Sealing

In parallelo al cedimento altimetrico del piano di campagna, il territorio ha subito una radicale trasformazione geologica superficiale dovuta all'urbanizzazione diffusa e all'espansione dei distretti produttivi e infrastrutturali lungo l'asse della via Emilia. I dati territoriali evidenziano che il tasso di impermeabilizzazione del suolo (soil sealing) nel comune di Reggio Emilia ha superato la soglia critica del [12]% dell'intero territorio amministrativo, posizionando il distretto tra i nodi a maggiore densità di consumo di suolo della regione [18].

L'impiego di superfici artificiali impermeabili (calcestruzzo, asfalto, coperture industriali) annulla la capacità di ritenzione e infiltrazione naturale dei suoli, modificando il coefficiente di afflusso superficiale (ossia il rapporto tra il volume d'acqua meteorica che defluisce in superficie e il volume totale della precipitazione), che passa da valori prossimi a 0.10–0.15 in ambiente rurale o di prato stabile, fino a picchi di 0.85–0.90 nelle aree industriali e urbanizzate consolidate [18].

Le conseguenze dal punto di vista idrologico di questa trasformazione si manifestano attraverso l'annullamento del tempo di corrivazione, ovvero l'intervallo temporale che intercorre tra l'inizio della precipitazione e il picco di massima portata nel canale recettore [18]. Le acque piovane cadute sui distretti industriali (come la zona nord e il Villaggio Crostolo) vengono istantaneamente convogliate nelle reti di drenaggio e scoli fognari urbani all'interno del reticolo idraulico secondario, generando picchi di piena repenti e parossistici (flash floods) che investono i canali pensili storici ed il cavo Cava, privandoli di qualsiasi possibilità di laminazione naturale diffusa e mettendo in crisi le strutture difensive di sponda [10, 18].

Estremizzazione degli eventi meteorici

Il quadro diagnostico trova la sua chiusura distruttiva nell'estremizzazione degli eventi meteorici, causata dalle dinamiche climatiche globali, i quali agiscono come un moltiplicatore delle criticità sopra esposte [16]. Come analizzato precedentemente, il nuovo regime pluviometrico si caratterizza per una spiccata concentrazione temporale dei volumi d'acqua, dove quantità equivalenti a diversi mesi di pioggia si scaricano sul territorio reggiano in poche ore[16].

Quando queste precipitazioni concentrate si abbattono su un suolo agricolo reggiano, caratterizzato da una progressiva semplificazione ecologica — dove la rimozione sistematica di siepi, fossi interpoderali e la compattazione edafica dovuta alla meccanizzazione agricola pesante hanno già ridotto la rugosità superficiale del terreno — la risposta idrologica del suolo è immediata [18].

La criticità maggiore si manifesta durante gli eventi autunnali in serie, in cui i suoli agricoli raggiungono precocemente la condizione di saturazione idrica [16]. Con i terreni completamente saturi d'acqua, la capacità di infiltrazione si azzera anche nei suoli non urbanizzati, trasformando l'intera zona di analisi in una superficie riflettente dal punto di vista idraulico [16].

In questo stadio critico, l'effetto combinato di questi elementi si concentra: la subsidenza ha ridotto i margini di franchi arginali nei canali terminali, il soil sealing urbano immette portate repentine a valle e la saturazione rurale annulla la ritenzione idrica dei campi, provocando il collasso idraulico sistemico per sormonto o rotta delle arginature pensili, come tragicamente testimoniato dagli eventi alluvionali recenti [10, 16].

Individuazione dei nodi idraulici più critici

L'inquadramento normativo e tecnico della pericolosità da alluvione all'interno del bacino del Crostolo e del reticolo connesso del cavo Cava è definito in modo vincolante dal Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) dell'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po, in recepimento della Direttiva Comunitaria 2007/60/CE [7]. Il PGRA definisce le mappe di pericolosità e rischio attraverso tre scenari di probabilità:

- Scenario P^3 (Elevata Probabilità): Alluvioni frequenti con tempo di ritorno (TR) compreso tra 20 e 50 anni [7].
- Scenario P^2 (Media Probabilità): Alluvioni poco frequenti con TR tra 100 e 200 anni [7].
- Scenario P^1 (Scarsa Probabilità): Alluvioni rare o eventi estremi con TR fino a 500 anni [7].

Il limite dei presidi di monte: la cassa di Rivalta

Il principale presidio difensivo a monte della città di Reggio Emilia è costituito dalla cassa di espansione del torrente Crostolo a Rivalta, un'infrastruttura catalogata come "Grande Diga" e dimensionata per trattenere temporaneamente fino a 15 milioni di metri cubi di volume di piena, abbattendo la portata di picco fino alla soglia di transito sicuro nel tratto urbano del capoluogo (270 m^3/s) [8, 20]. Tuttavia, l'analisi diagnostica evidenzia come l'efficacia di questo dispositivo sia severamente limitata dal paradosso idrologico dell'interbacino a valle [16, 21].

La cassa di espansione, per sua natura puntuale e stazionaria, è in grado di esercitare un'azione di laminazione esclusivamente sulle portate idriche formate nel bacino montano e collinare situato a monte dello sbarramento [21]. Essa risulta del tutto inerte rispetto ai flussi meteorici che si concentrano nella pianura a valle della diga [21].

Durante gli eventi meteorologici stazionari e intensi, l'esteso interbacino pedemontano e urbano genera un ruscellamento superficiale immediato che si riversa direttamente nel Crostolo e nel cavo Cava tramite gli scaricatori fognari e i torrenti minori (Modolena e Rodano), aggirando la laminazione di monte [10, 21]. Di conseguenza, le massime criticità idrauliche e i sormonti arginali non si verificano all'ingresso della città, ma nel settore settentrionale periurbano [16, 21].

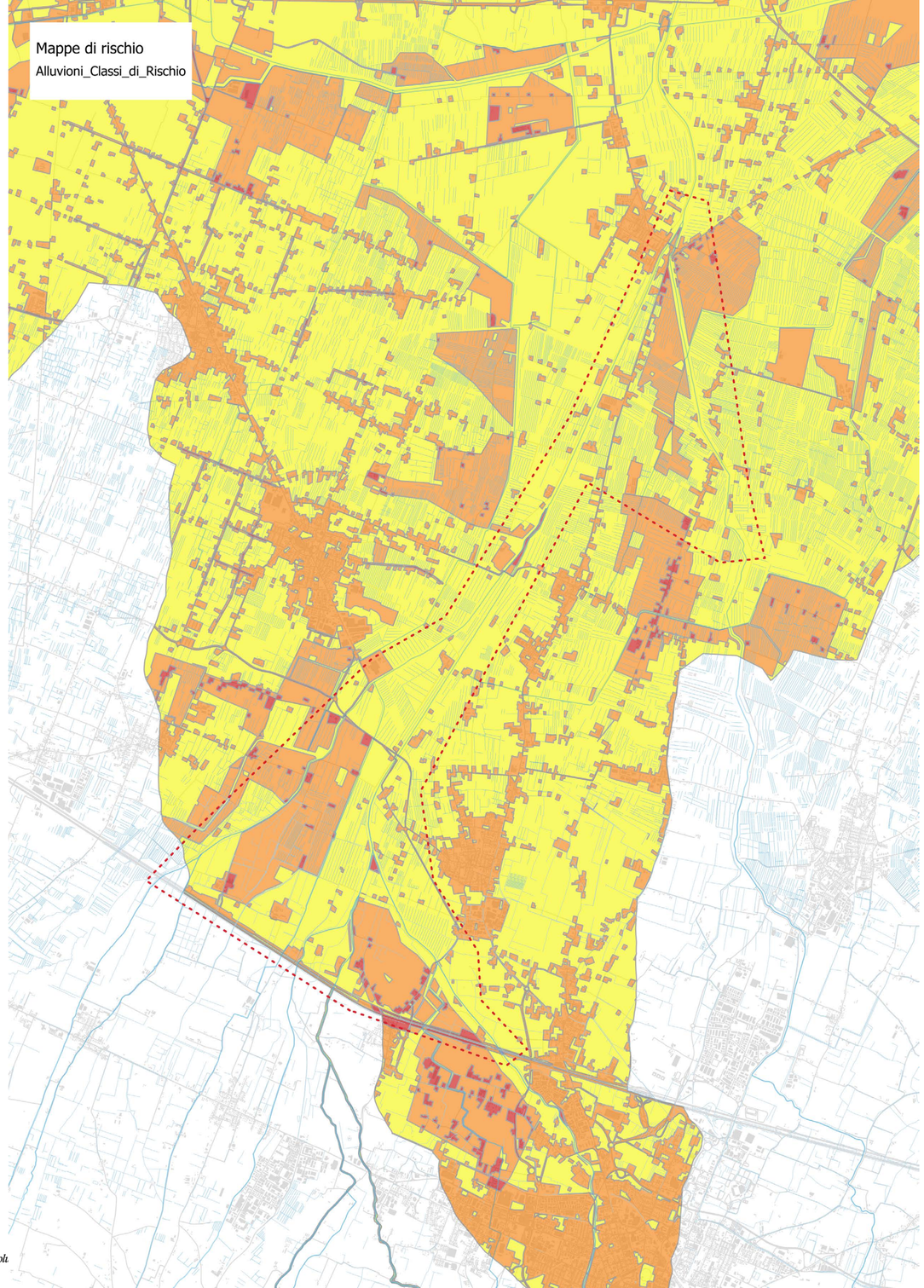
Vulnerabilità del reticolo pensile ed i nodi critici

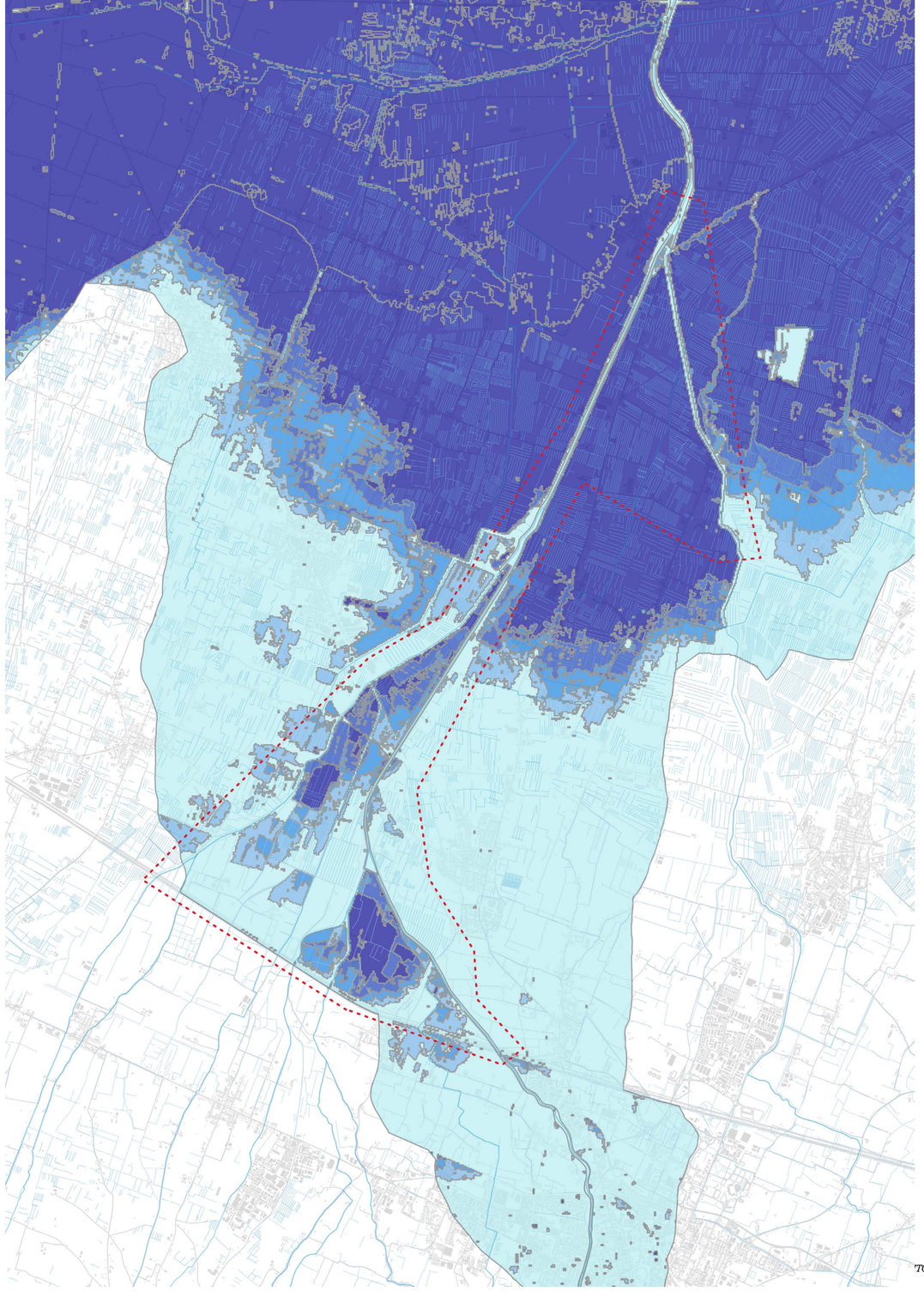
La pericolosità degli apporti non laminati di valle è amplificata dalla condizione di spiccata pensilità che il torrente Crostolo e il cavo Cava assumono nel loro sviluppo verso il fiume Po [8, 10]. Costretti entro sistemi arginali continui che viaggiano a quote altimetriche superiori rispetto al piano di campagna circostante, i canali principali non possono agire come drenanti naturali per il territorio rurale laterale, ma dipendono costantemente dagli impianti di sollevamento meccanico dei consorzi di bonifica [10].

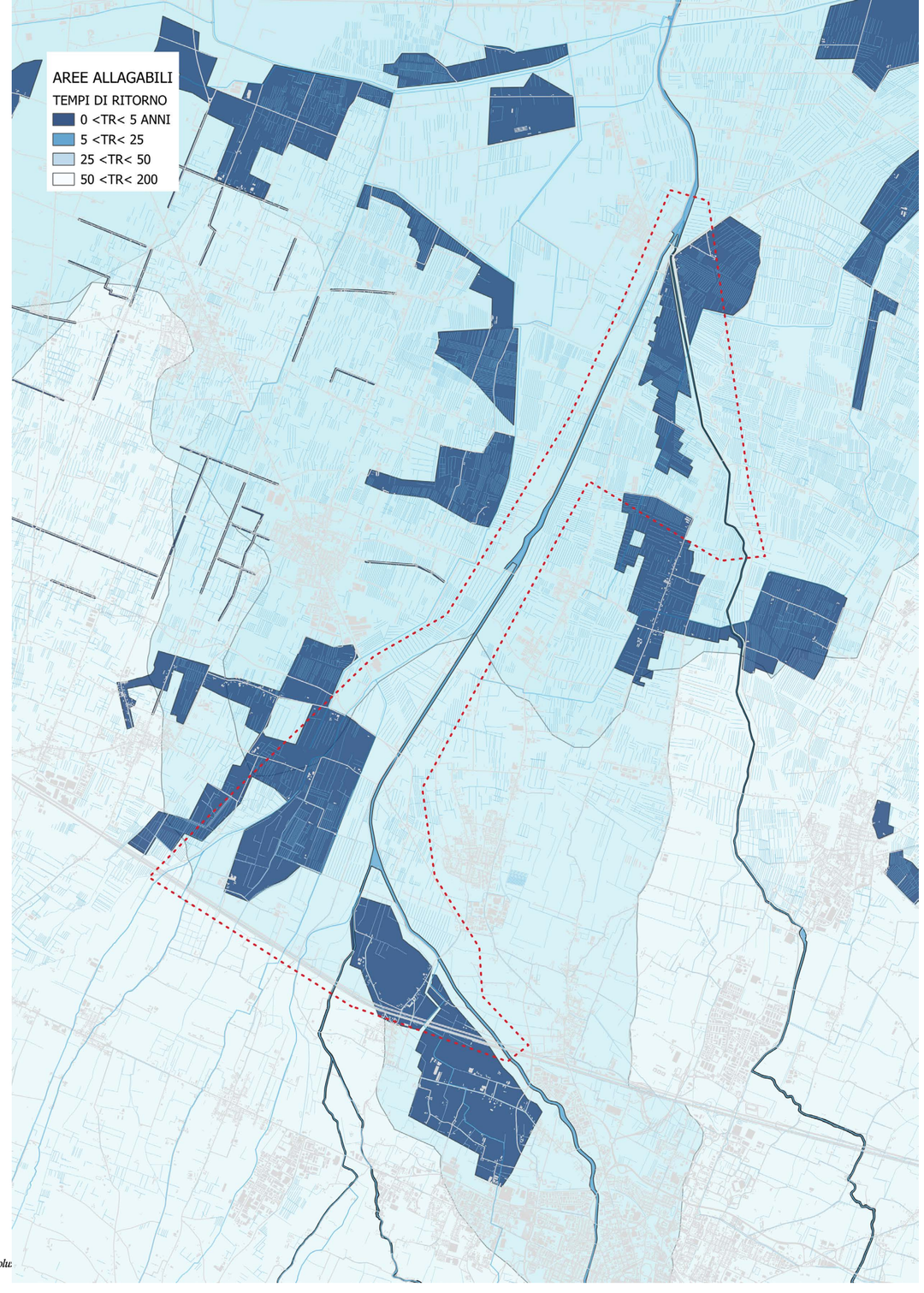
Questa differenza altimetrica crea delle situazioni spaziali particolarmente soggette a criticità in condizioni di piena:

- Il Nodo di Confluenza Cava-Crostolo: punto critico in cui il cavo Cava immette le proprie portate in sinistra idraulica del Crostolo [10]. I livelli idrometrici elevati dell'asta principale generano frequenti fenomeni di rigurgito verso l'emissario minore, imponendo il serraglio delle paratoie di scarico; tale interclusione blocca istantaneamente il deflusso delle acque basse a monte, provocando l'espansione dei flussi e l'allagamento per rigurgito dei suoli agricoli circostanti [10].
- L'Attraversamento delle grandi reti viarie (Autostrada A^1 e Linea TAV): i viadotti e i ponti delle infrastrutture viarie agiscono come barriere morfologiche rigide nel letto dei corsi d'acqua [8, 20]. La presenza delle pile in alveo e le restrizioni geometriche delle sezioni riducono il franco idraulico durante le piene eccezionali, innescando rigurgiti locali verso monte e repentine accelerazioni erosive dei flussi a valle che scalzano il piede delle arginature pensili [8].
- Il Villaggio Crostolo e la Chiavica Guazzatoio: nodo di transizione in cui lo scolo misto del distretto produttivo nord converge nel reticolo di bonifica [10]. L'impermeabilizzazione spinta del sistema industriale satura le reti di drenaggio urbano in pochi minuti dall'inizio di una precipitazione estrema [18]. La chiavica Guazzatoio si trova così in una condizione di stress idraulico cronico, dovendo gestire la coincidenza temporale tra i picchi di runoff urbano immediato e le onde di piena già formate del torrente Crostolo, configurandosi come uno dei punti a massima vulnerabilità nello scenario HPH [7, 10].
- Nodo di Santa Vittoria: qui il canalazzo Tassone, che riceve gli scoli della città di Reggio Emilia e i reflui di Mancasale, si immette nel Crostolo a Santa Vittoria.[10] Questo è uno dei punti più fragili dell'asta terminale: la concomitanza di piene genera un rigurgito idraulico che ha causato ripetute rotte arginali, come quelle documentate nell'ottobre 2024. L'inadeguatezza in quota degli argini in questo tratto rappresenta uno squilibrio strutturale non risolto.

Mappe di rischio






AREE ALLAGABILI
TEMPI DI RITORNO
0 <TR< 5 ANNI
5 <TR< 25
25 <TR< 50
50 <TR< 200

Gli eventi estremi di Ottobre 2024

La configurazione dell'alluvione

Nell'autunno del 2024, nella provincia reggiana si è registrato un evento alluvionale incredibilmente violento: nell'arco temporale di sole 48 ore, le stazioni pluviometriche del bacino del Crostolo hanno registrato cumulate comprese tra i 150 mm della fascia planiziale e i 180 mm del settore collinare e pedemontano [21].

La straordinaria magnitudo distruttiva dell'evento è stata tuttavia determinata dall'antecedente idrologico di saturazione del suolo [21]: il territorio reggiano proveniva infatti da un mese di settembre eccezionalmente piovoso, che aveva già portato terreni agricoli alla massima capacità di saturazione.

Con un indice di saturazione edafica prossimo al 100%, l'insieme del territorio reggiano ha azzerato la propria conducibilità idraulica verticale e la capacità di infiltrazione naturale [15, 21]. Ogni singolo millimetro di pioggia caduto a valle della cassa di Rivalta si è trasformato istantaneamente in runoff superficiale, riversando nel reticolo di scolo secondario e nell'asta principale del Crostolo la totalità delle portate meteoriche [19, 21].

Mentre a monte la diga di regolazione di Rivalta tratteneva i colmi provenienti dall'alto appennino, nel tratto fluviale periurbano e settentrionale si concentravano gli apporti idrici del bacino di scolo e delle reti fognarie urbane della zona industriale nord [18, 21]. Presso l'idrometro di Reggio Emilia, il torrente Crostolo raggiunse il colmo storico assoluto, superando la soglia di 3,80 metri sopra lo zero idrografico, ben al di sopra della soglia di allarme [21].

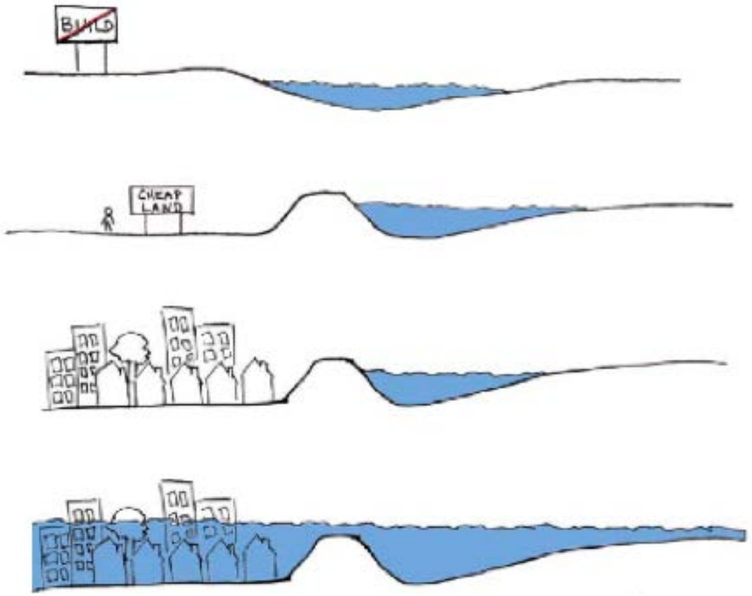
L'elevato livello idrometrico del Crostolo ha innescato un massiccio rigurgito verso il reticolo di bonifica minore e in particolare verso il canale Tassone e il cavo Cava, costringendo alla chiusura ermetica delle paratie di scarico per impedire il rigurgito del torrente nei campi [10, 21].

Con le chiaviche intercluse e l'impossibilità di sgrondo a gravità, le acque basse locali si sono accumulate rapidamente a monte delle arginature pensili. Il fallimento dell'intero sistema si è avvenuto nella notte tra il 19 e il 20 ottobre, quando la pressione idraulica ha provocato molteplici sormonti e successive rotte arginali lungo il Canale Tassone e il Cavo Cava, associate a trafilamenti e fontanazzi alla base degli argini del Crostolo [21].

Milioni di metri cubi d'acqua sono precipitati per gravità dai letti pensili verso le depressioni topografiche circostanti, invadendo i comparti agricoli ed i nuclei insediativi storici di Cadelbosco Sopra, Cadelbosco Sotto e Santa Maria [21]. L'acqua, intrappolata nelle conche del terreno, ha ristagnato per giorni con tiranti superiori a 1,5 metri, dimostrando i limiti delle idrovore consortili di fronte al collasso dei confini idraulici artificiali [6, 10].

L'alluvione dell'ottobre 2024 evidenzia i limiti di un sistema difensivo rigido[16], dimostrando:

- L'insufficienza delle opere puntuali di monte: la presenza della cassa di Rivalta, pur funzionando secondo i parametri nominali, non ha potuto impedire il disastro a valle, poiché l'estremizzazione climatica genera portate meteoriche estreme direttamente nel bacino planiziale non laminato [21].
- La vulnerabilità dell'irrigidimento degli alvei: la rettificazione dei canali e la pulizia della vegetazione spondale, operate nell'illusione di velocizzare il deflusso, hanno unicamente accelerato i tempi di corrivazione, concentrando l'energia cinetica dell'acqua nei colli di bottiglia infrastrutturali e accelerando il collasso delle sponde [19].
- Il paradosso della falsa sicurezza: l'innalzamento continuo dei muri arginali ha procrastinato la percezione del rischio, incentivando il soil sealing periurbano e l'insediamento di infrastrutture fragili in zone morfologicamente depresse, trasformando un'alluvione agricola gestibile in un disastro economico e sociale [18].





Stato ecologico e biodiversità

Semplificazione ecologica ed evoluzione dell'uso del suolo agricolo

Il paesaggio di Reggio Emilia ha subito una delle trasformazioni più radicali della Pianura Padana, evolvendo da un sistema di coltura promiscua e aree umide a una matrice agricola altamente specializzata e omogenea.[1] Questo processo di semplificazione ecologica opera su più livelli. A scala aziendale, l'eliminazione di elementi lineari come siepi e piccoli boschetti ha ridotto drasticamente la diversità degli habitat naturali e seminaturali, portando all'allontanamento di specie esigenti dal punto di vista ecologico.[1] Il distretto padano è oggi considerato un "esempio iconico" di sovra-semplificazione, dove l'agroecosistema è mantenuto in uno stadio successionale iniziale che richiede continui input esterni per rimanere funzionale.[1]

Nel caso reggiano, il PSC e il PTCP leggono questa semplificazione come riduzione degli ecotoni, impoverimento delle fasce riparie e perdita di continuità tra i pochi nuclei naturali rimasti. In altre parole, il problema non è soltanto "*quanta natura resta*", ma come è distribuita: residui molto frammentati, scollegati e compressi dentro una matrice produttiva intensiva.

Dinamiche delle colture e impatto della meccanizzazione

L'attuale ordinamento colturale riflette la dominanza delle foraggere, funzionali all'allevamento bovino, e dei cereali. Tuttavia, la scomparsa della storica "piantata padana" (vigne maritate ad alberi di supporto) ha eliminato un elemento di complessità paesaggistica che forniva rifugio a numerose specie di uccelli e insetti.[1] La meccanizzazione delle pratiche colturali ha spinto verso l'accorpamento dei fondi e la regolarizzazione dei fossi, riducendo la vegetazione ripariale a sottili bordure igro-mesofile costantemente contenute dall'invadenza delle colture circostanti.[1]

Al centro del sistema economico e paesaggistico reggiano si colloca la produzione del Parmigiano Reggiano DOP. Questa filiera non è soltanto una realtà industriale, ma un pilastro per la conservazione di habitat unici: i prati stabili polifiti.[1] Il legame tra il prodotto finale e la biodiversità del pascolo è sancito dal disciplinare di produzione, che proibisce l'uso di alimenti fermentati (insilati) per le bovine, costringendo gli allevatori a fare affidamento sul fieno fresco e secco prodotto localmente.[1]

Valenza ecologica e servizi ecosistemici dei prati stabili

I prati stabili rappresentano degli autentici "hot-spot" di biodiversità vegetale. In un solo ettaro di prato irriguo sono state censite oltre 60 specie botaniche diverse.[1] Questi ambienti non vengono arati, mantenendo integra la microflora del suolo e una struttura vegetale complessa che varia con le stagioni: dal trifoglio dominante in estate al Galium e Festuca nei tagli primaverili.[8]
Oltre alla biodiversità, i prati stabili offrono servizi ecosistemici critici per la stabilità del territorio di pianura:

- **Stoccaggio del Carbonio:** Un prato stabile è in grado di sequestrare circa il 25% di carbonio in più rispetto a un seminativo tradizionale, agendo come un efficace "carbon sink" e contribuendo alla mitigazione dei gas serra.[1]
- **Qualità delle Acque**: La cotica erbosa permanente funge da filtro naturale, riducendo l'impatto dei nitrati derivanti dagli effluenti zootecnici (letame e liquame) che vengono sparsi sui terreni come fertilizzante organico.[5]
- **Supporto alla Fauna**: Forniscono rifugio e cibo per micromammiferi, che a loro volta sostengono popolazioni di rapaci diurni e notturni lungo le siepi di confine.[1]

Tuttavia, la sopravvivenza di questi habitat è minacciata dalla "sete d'acqua" della pianura. L'abbassamento della falda freatica e la riduzione delle portate estive del torrente Enza mettono in crisi l'irrigazione a scorrimento, l'unica tecnica in grado di mantenere la complessità floristica dei prati.[1] In particolare, nel 2017, la forte siccità ha causato il deperimento di salici e pioppi che fungono da sentinelle ecologiche del reticolo idraulico.[1]

Stato ecologico e chimico delle acque

La qualità ambientale dei corsi d'acqua dell'area di studio è definita ai sensi della Direttiva 2000/60/CE attraverso la valutazione dello Stato Ecologico e dello Stato Chimico.[1] Le analisi condotte da Arpae nel triennio 2020-2022 evidenziano una situazione critica per il torrente Crostolo e i suoi affluenti di pianura, dove le pressioni antropiche superano spesso la capacità di autodepurazione dei corpi idrici.[3]
Lo Stato Ecologico viene determinato integrando indicatori biologici (diatomee, macrofite, macroinvertebrati, fauna ittica), chimici (indice LIMeco) e idromorfologici (IQM e IARI).[1] Per il Crostolo e il Cavo Cava, i risultati riflettono un ambiente fortemente alterato:

- Torrente Crostolo: In chiusura di bacino, la qualità delle acque degrada drasticamente fino a uno Stato Ambientale pessimo (Classe 5), a causa dei reflui dei depuratori di Roncocesi e Mancasale e del dreno agricolo veicolato dal Cavo Cava e dal Canalazzo Tassone.[1] La stazione di Cavazzoli ha mostrato nel 2020-2022 uno Stato Ecologico "Sufficiente" ma condizionato da inquinanti specifici.[10]
- Cavo Cava: Presso il Ponte della Bastiglia, il corpo idrico è classificato in Stato Ecologico "Scarso", con superamenti degli standard per il Nichel e per i pesticidi totali.[10]
- Canalazzo Tassone: Presenta uno Stato Ecologico "Cattivo", con valori di LIMeco estremamente bassi (0.14) e superamenti sistematici per Glifosate e AMPA.[1]

Diffusione dei fitofarmaci e microinquinanti

L'uso intensivo di diserbanti in agricoltura e per la pulizia delle scarpate infrastrutturali ha portato a una contaminazione diffusa da Glifosate e dal suo metabolita AMPA.[1] In quasi tutto il territorio di pianura a valle delle conoidi, l'AMPA risulta costantemente superiore allo Standard di Qualità Ambientale di .[1] Inoltre, sono state rilevate tracce di sostanze perfluoroalchiliche (PFOS) nel Crostolo, che determinano un mancato conseguimento dello Stato Chimico Buono.[10]

Classificazione dei corpi idrici (direttiva 2000/60/CE)

La valutazione dello stato di salute biologico e chimico del sistema idrografico Crostolo-Cava risente inevitabilmente dei secolari processi di antropizzazione e ingegneria che hanno plasmato il territorio. Ai sensi della Direttiva Quadro sulle Acque (2000/60/CE - WFD), la quasi totalità dei vettori pianeggianti del comprensorio reggiano viene formalmente classificata all'interno dei registri istituzionali come "Corpo Idrico Fortemente Modificato" (CIFM) o come "Corpo Idrico Artificiale" [22, 23]. Questa etichettatura giuridico-ambientale certifica che le alterazioni morfologiche profonde impediscono il raggiungimento dello stato ecologico "Buono" inteso in senso naturale, imponendo come obiettivo di riferimento il conseguimento del "Buon Potenziale Ecologico" [22].

I monitoraggi condotti dalle reti di rilevamento regionali evidenziano che lo stato ecologico attuale del torrente Crostolo e del cavo Cava oscilla stabilmente tra le classi di qualità "Scarso" e "Sufficiente" [10, 23].

Il problema principale risiede nella drastica degradazione degli indici biotici legati alle comunità macrobentoniche (Indice MacrOper) e alla fauna ittica [23]. Il sistematico abbassamento dei letti stanziali, l'irrigidimento delle sponde tramite scogliere in massi ciclopici o rivestimenti in calcestruzzo, e le periodiche operazioni di spurgo fanghi "all'ingrosso" operate per mantenere l'efficienza idraulica hanno eradicato i micro-habitat essenziali (zone di benthos, ghiaieti di frega, buche di rifugio), riducendo la rete a un sistema di canalizzazioni biologiche semplificate e degradate [1, 24].

Eutrofizzazione ed eradicazione degli ecosistemi dei fontanili

La vulnerabilità chimico-fisica delle acque è strettamente correlata ai carichi diffusi di nutrienti (azoto totale e fosforo) convogliati dal ruscellamento agricolo (colture intensive) e dagli scarichi civili depurati [1, 10]. Durante la stagione estiva, quando la promiscuità infrastrutturale porta i canali a ospitare le acque di adduzione del Po caratterizzate da elevate temperature stazionarie, l'eccesso di nutrienti innesca diffusi fenomeni di iper-eutrofizzazione [1, 19].

La proliferazione incontrollata di macroalghe filamentose e la conseguente respirazione notturna vegetale abbattono i livelli di ossigeno disciolto, inducendo periodiche crisi di anossia che decimano le comunità di macroinvertebrati sensibili alla qualità dell'acqua [22, 24].

Questo degrado ecosistemico ha quasi totalmente cancellato una delle componenti naturali più preziose della media pianura reggiana: il sistema risorgivo dei fontanili e delle risorgive storiche[1]. Un tempo distribuiti lungo la linea di transizione ecologica tra l'alta e la bassa conoide del Crostolo, i fontanili garantivano la permanenza di corridoi di acqua fresca, limpida e a temperatura costante (circa 10–14°C), ideali per la sopravvivenza di cenosi vegetali igrofile rare e di molluschi bivalvi autoctoni protetti come Unio elongatulus e Potomida littoralis [1].

Oggi, l'abbassamento della falda freatica indotto dai pompaggi industriali e la banalizzazione agraria hanno ridotto i fontanili a biotopi relitti e isolati (come i Fontanili di Corte Valle Re), minacciati dal costante afflusso di acque superficiali inquinate e chimicamente alterate [1, 10].

La Pressione delle Specie Invasive: La Componente Faunistica

In questa matrice ecologica profondamente disturbata e semplificata, i nodi ecologici naturali si azzerano, offrendo le condizioni ideali per la colonizzazione aggressiva da parte di Specie Aliene Invasive [6, 24]. Dal punto di vista della vulnerabilità idraulica e della stabilità del paesaggio, l'azione di due specifici organismi alloctoni configura una minaccia strutturale diretta:

Il Gambero Rosso della Louisiana (Procambarus clarkii): Questo crostaceo d'acqua dolce, caratterizzato da un'eccezionale tolleranza all'anossia e all'inquinamento organico, ha saturato l'intero reticolo dei canali secondari reggiani [24]. La criticità maggiore risiede nella sua spiccata attitudine fossoria: Procambarus clarkii scava fitte reti di gallerie orizzontali all'interno delle sponde in terra dei canali, penetrando fino a 1,5–2 metri di profondità [24]. Questa micro-perforazione capillare e continua distrugge la coesione meccanica del terreno, accelerando i fenomeni di erosione spondale, provocando micro-frane interne e incrementando esponenzialmente il rischio di piping idraulico (sifonamento) e rotta arginale improvvisa durante i colmi di piena estivi o autunnali [24].

La Nutria (Myocastor coypus): grande roditore alloctono la cui proliferazione ha raggiunto densità critiche nella zona Crostolo-Cava [1, 24]. Specie spiccatamente erbivora, pascola sulla vegetazione eliofita autoctona (come Phragmites australis e Typha latifolia), impedendo il consolidamento biologico spondale naturale [24]. Inoltre, lo scavo di tane ipogee all'interno dei corpi arginali pensili destabilizza la sicurezza delle difese idrauliche, creando corridoi di infiltrazione preferenziali che accelerano il collasso strutturale delle arginature sotto carico idrostatico di piena [10, 24].

La Pressione delle Specie Invasive: La Componente Floristica

Il bilancio ecologico evidenzia una forte banalizzazione della flora ripariale. I boschi ripariali puri e le fasce ecotonali descritte nell'evoluzione storica (le antiche associazioni a olmo, salice bianco e ontano nero) sono oggi aggredite e sostituite da comunità pioniere alloctone infestanti, dominate dalla Robinia (Robinia pseudoacacia) e dall'Indaco bastardo (Amorpha fruticosa) [1, 24].

L'Amorpha fruticosa, in particolare, colonizza in modo esclusivo i depositi di sponda e le golene del Crostolo e dei canali di bonifica maggiori, formando densi cespuglieti monospecifici che tendono a monopolizzare lo spazio [24]. Dal punto di vista idraulico, queste invasioni floristiche alterano la rugosità d'alveo in modo incontrollato, riducendo la sezione utile di deflusso e ostacolando il transito delle portate di picco.

Dal punto di vista ecologico, la sostituzione della flora autoctona con cenosi alloctone interrompe la continuità della rete ecologica locale, degradando i servizi ecosistemici di fitodepurazione naturale e stabilizzazione radicale sponda [1, 19, 24].

→ SCENARI DI *ADATTAMENTO*

Di fronte all'impossibilità di calcolare con esattezza gli estremi meteorologici che verranno, la ricerca rinuncia alla pretesa di prevedere per assumere quella di immaginare. Costruire scenari è uno strumento strategico: contrapporre due traiettorie alternative — l'inerzia che consolida le fragilità del presente e la resilienza che le trasforma in opportunità — permette di rendere visibili le conseguenze delle scelte che compiamo oggi.

Quale sarà il futuro del territorio reggiano?

Studio degli scenari futuri

Prima di procedere con la progettazione e la proposta di soluzioni ai problemi individuati, credo sia giusto cercare di comprendere come questo paesaggio possa evolversi in futuro, e quali siano gli effetti di eventuali interventi (o non interventi) da parte dell'uomo.
Le proiezioni climatiche per il 2050 indicano infatti che la regione Emilia-Romagna si troverà in una zona di convergenza di rischi climatici significativi. Il Distretto Idrografico del Po, che comprende l'area di Reggio Emilia, è stato identificato come un "caso speciale" dalla Strategia Nazionale di Adattamento Climatico (SNAC) a causa della sua estrema vulnerabilità alle variazioni del ciclo dell'acqua.
Strutturare degli scenari futuri ci aiuterà a comprendere e orientare quali sono le scelte che possiamo prendere oggi, al fine di progettare nel miglior modo per un domani ancora incerto.
Il territorio viene così immaginato in modo strategico, modellato attraverso la contrapposizione di due futuri alternativi e divergenti, proiettati sull'orizzonte temporale critico del 2050.

Scenario I: inerziale

Consolidamento delle infrastrutture rigide

Lo scenario I descrive l'evoluzione del territorio compreso tra Crostolo e Cava nell'ipotesi in cui le politiche di gestione del rischio idraulico e di pianificazione territoriale continuino a seguire una logica puramente inerziale. In questo scenario, la governance del territorio rimane ferma al consolidamento del sistema ingegneristico tradizionale "rigido", basato sulla difesa passiva, sulla compartimentazione idraulica e sulla continua rincorsa all'innalzamento e al rinforzo strutturale delle arginature esistenti [7, 10].

Il principale motore psicologico e urbanistico di questo scenario è descritto nella letteratura della pianificazione come il paradosso dell'effetto argine (levee effect) [16]. L'edificazione di barriere visive e strutturali sempre più imponenti a protezione dei canali e del torrente genera nella popolazione e negli attori economici una falsa percezione di sicurezza assoluta, azzerando la percezione del rischio intrinseco [16, 18].

Questa miopia percettiva si traduce, dal punto di vista urbanistico, in una persistente pressione antropica sulle aree periurbane e rurali marginali: pur in presenza di normative di salvaguardia, lo scenario inerziale vede la continuazione del consumo di suolo e, quindi di conseguenza, del soil sealing attraverso interventi di costruzione industriale, logistica e infrastrutturale [18]. L'impermeabilizzazione di nuovi lotti aggrava ulteriormente il bilancio idraulico locale, riducendo ulteriormente il tempo di corrivazione verso un reticolo già saturo e strutturalmente incapace a ricevere nuove portate d'acqua [10, 18].

Costi di manutenzione e sifonamento

Dal punto di vista economico e ingegneristico, lo scenarioinerziale innesca una spirale difficilmente sostenibile di costi gestionali e manutentivi a carico dei consorzi di bonifica e degli enti regionali 6, 24. Per contrastare il progressivo abbassamento dei letti stanziali e l'accumulo alluvionale all'interno dei canali pensili, si rende necessario un programma perenne e invasivo di spurgo meccanico, dragaggio dei sedimenti e ringrosso delle sponde 6, 24. Questo approccio emergenziale assorbe ingenti risorse finanziarie pubbliche, che vengono sottratte alla pianificazione strutturale a lungo termine e destinate unicamente alla cura dei sintomi della fragilità territoriale 16.

Parallelamente, la stabilità meccanica delle arginature pensili del Crostolo e del cavo Cava subisce un decadimento progressivo indotto dalla combinazione tra invecchiamento delle strutture costruite e pressione biologica delle specie invasive 10, 24. Senza interventi di riconfigurazione ecologica delle sponde, le fitte reti di gallerie scavate dalle nutrie e dal gambero rosso della Louisiana penetrano nel cuore degli argini, compromettendone la stabilità 24. Sotto l'azione delle ondate di piena generate dalla deriva climatica attesa per il 2030-2050, questa perforazione capillare accelera i fenomeni di piping idraulico (sifonamento) 24. L'acqua scava la base della struttura arginale, provocando collassi improvvisi e rotte arginali catastrofiche a ridosso dei centri abitati, con dinamiche di propagazione dell'allagamento ancora più violente e distruttive rispetto a quelle registrate nell'ottobre 2024 7, 21.

Azzeramento ecologico del reticolo idrico

L'impatto più severo dello scenario inerziale si compie tuttavia a scapito del paesaggio rurale e del sistema agronomico identitario del territorio reggiano. La necessità di massimizzare la velocità di deflusso delle portate d'acqua per proteggere i nodi industriali e urbani spinge la gestione consorziale verso una radicale ingegnerizzazione e cementificazione del reticolo artificiale secondario 19, 24. I canali in terra vengono progressivamente sostituiti da condotte scatolari chiuse o da profili trapezoidali rivestiti in calcestruzzo, azzerando totalmente la rugosità spondale e provocando l'eliminazione definitiva della flora ripariale e delle zone ecotonali superstiti 19, 24.

Questa radicale sterilizzazione idraulica rompe il legame tra la rete idrografica superficiale e la filiera dei prati stabili polifiti 195, 19. La pressione delle prolungate siccità estive previste dalle proiezioni climatiche, rende impossibile l'alimentazione del sistema irriguo di soccorso per scorrimento tradizionale 17.

Privati dell'apporto idrico estivo e strozzati dall'abbassamento della falda freatica, i prati stabili vanno incontro a un processo di degradazione biologica irreversibile, perdendo la propria ricchezza floristica spontanea 15. Le aziende zootecniche della filiera del Parmigiano Reggiano D.O.P., non potendo più garantire l'approvvigionamento interno di fieno polifito di alta qualità, si trovano costrette a convertire i terreni agricoli verso monocolture intensive asciutte e tolleranti allo stress idrico (mais transgenico o soia), determinando la frammentazione finale e l'azzeramento paesaggistico del mosaico rurale storico reggiano 15, 19.

Scenario II: resilienza e adattamento

Il Paradigma dello "Sponge Planet" e la riconnessione ecologica

Lo scenario II delinea l'evoluzione del comprensorio reggiano nell'ipotesi di una transizione verso la filosofia dello Sponge Planet e dell'utilizzo delle Nature-based Solutions (NbS), assumendo l'acqua non come una minaccia da contrastare, ma come la matrice che andrà a generare il progetto di paesaggio [16], [19]. Questo scenario va a rompere quella logica di separazione della componente idraulica, sostituendola con un modello di connessione programmata e flessibile tra il reticolo idrico del torrente Crostolo ed il piano di campagna agrario delle acque basse [10], [21].
Questo cambio di paradigma richiede innanzitutto la comprensione e l'accettazione della fallibilità delle infrastrutture rigide attuali, e anzichè continuare ad investire nella costruzione di argini sempre più alti e sempre più grandi, ridisegnare lo spazio e progettare l'uso del suolo per accogliere l'acqua nei momenti critici [7], [16].
Il reticolo idrografico consortile non lavorerà più sulla velocità di deflusso, ma anzi sulla ritenzione diffusa e sul rallentamento delle portate meteoriche, cercando di ricreare quelle capacità di laminazione andate perse a causa della semplificazione agraria e del soil sealing[18], [19].

La matrice agraria come infrastruttura diffusa di laminazione

Nel contesto dello scenario resiliente e adattivo, il paesaggio agrario si trasforma da spazio passivo vulnerabile a infrastruttura verde-blu multifunzionale [15], [19]. La struttura del reticolo idrografico viene rispettata, senza alterare il normale funzionamento orientato ad est delle acque basse del comprensorio Cava-Crostolo, ma conferisce ai campi coltivati la flessibilità e la resilienza necessaria ad accogliere il collasso eventuale del Crostolo durante gli eventi estremi[10], [21]. Questa stessa capacità di laminazione delle acque concorrerà a conferire resilienza a questi spazi anche durante i periodi siccitosi (es. bacini semi-permanenti), rispecchiando la promiscuità infrastrutturale della rete consortile.
L'intervento si articola attraverso l'attribuzione di nuovi significati e funzioni agli spazi del territorio:

- Ecotonizzazione dei margini fluviali: la fascia agricola direttamente adiacente agli argini viene convertita in un sistema di fasce tampone boscate ripariali e zone umide permanenti [19], [24]. In caso di sormonto controllato tramite sfioratori ecologici di progetto, la foresta planiziale abbatte l'energia cinetica del flusso esondato, favorendo la sedimentazione dei limi fertili (la storica "crusta") e impedendo la propagazione violenta delle acque verso i campi coltivati e gli insediamenti [14], [21].
- Riattivazione dei Paleoalvei Storici: Le tracce geomorfologiche del Crustulus Magnus medievale vengono morfologicamente modellate per agire come vasi comunicanti sussidiari [14]. Queste depressioni topografiche, integrate nella trama dei campi, diventano canali-spugna capaci di accogliere capillarmente le portate di rigurgito, accumulando l'acqua temporaneamente e favorendone l'infiltrazione profonda per il rimpinguamento controllato della falda freatica ipodermica [10], [19].

Sostenibilità agronomica e valorizzazione della Filiera D.O.P.

La riqualificazione delle capacità di infiltrazione e laminazione edafiche della pianura sono la chiave per permettere la sopravvivenza economica e biologica della filiera del Parmigiano Reggiano D.O.P. [15]. L'introduzione delle NbS e del sistema di ritenzione diffuso garantisce la resilienza idrica dei prati stabili polifiti anche di fronte alle proiezioni siccitose più severe del 2050 [16], [17]. La presenza di una rete di canali in terra rinaturalizzati, caratterizzati da sponde dolci e invasi diffusi, permette di stoccare l'acqua durante i surplus primaverili, mettendola a disposizione delle formazioni prative polifite nei mesi di massima evapotraspirazione estiva [19], [24].
Inoltre, il ripristino della complessità ecologica — tramite la reintroduzione di siepi polifite, filari e boschetti campestri — innalza drasticamente la rugosità superficiale del suolo rurale, riducendo la percolazione dei nitrati verso gli acquiferi sotterranei grazie all'azione di assorbimento radicale delle specie arboree autoctone [10], [19]. L'agricoltore cessa così di essere un produttore passivo, assumendo invece un ruolo essenziale nella regolamentazione delle acque e nella cura del paesaggio [15].
Questo scenario prevede l'attivazione di schemi di pagamento per i servizi ecosistemici (PES) finanziati dal Piano di Sviluppo Rurale (PSR), remunerando le aziende zootecniche per la loro disponibilità ad accogliere la servitù idraulica temporanea, dimostrando che la protezione della città si compie attraverso la valorizzazione ecologica della campagna [15], [19].

IL PROGETTO

Se l'analisi ha rivelato le fragilità e gli scenari ne hanno prefigurato gli esiti divergenti, è ora il progetto a tradurre la visione della resilienza in una strategia progettuale. La proposta non si configura come un disegno formale calato sul territorio, ma come un sistema di dispositivi coordinati che agiscono simultaneamente su scale diverse, riconoscendo nell'infrastruttura di bonifica esistente e nelle persistenze storiche l'ossatura su cui innestare la nuova rete verde e blu, progettando una difesa non più rigida e puntuale, ma diffusa, adattiva e multifunzionale.

Un sistema idraulico diffuso

Il gradiente di infiltrazione

La strategia progettuale d'area vasta organizza il territorio rurale e periurbano compreso tra la via Emilia, il torrente Crostolo ed il cavo Cava attraverso la definizione di un sistema diffuso disegnato seguendo il concept dell'infiltrazione [16], [19]. L'infiltrazione non viene intesa solo come un processo pedologico passivo, ma sarà utilizzata proprio come matrice di disegno del masterplan, strutturandolo secondo un ritmo spaziale a gradiente [19].
Questo gradiente si origina e si irradia a partire dai due grandi assi idrografici del comprensorio di progetto — il corridoio del torrente Crostolo a ovest e il sistema collettore del cavo Cava a est — per poi diramarsi capillarmente lungo la trama agraria, sfruttando la rete dei canali consortili secondari come ossatura portante del progetto [10], [24].

La rifunzionalizzazione del reticolo consortile come ossatura del progetto

Il primo passo in questo progetto va ad agire direttamente sul reticolo idraulico consortile che negli ultimi secoli ha modellato il paesaggio reggiano. La fitta trama dei canali secondari di bonifica viene interamente riqualificata in modo da fungere anche da dispositivo di rallentamento idraulico e accumulo diffuso [19], [24]. Il progetto prevede la de-strutturazione delle vecchie sezioni trapezoidali rigide, sostituite da geometrie asimmetriche a sponde dolci e banchine allagabili terrazzate, capaci di espandere la superficie bagnata utile al crescere dei tiranti idrici [24].
Il reticolo cessa così di essere un sistema di condotte di scolo accelerate per convertirsi in un'infrastruttura porosa lineare, capace di assorbire i picchi di runoff locale e di distribuire capillarmente le portate nel suolo agricolo prima che queste raggiungano i collettori terminali [10], [19].

Sovrapposizione delle trame storiche: i segni della centuriazione ed i paleoalvei

Questo sistema diffuso che stiamo andando a costruire va ad installarsi, oltre che sul già ben visibile reticolo di bonifica, anche su quei segni e quelle persistenze storiche che ancora oggi solcano il sito: la griglia ortogonale della centuriazione romana e l'andamento sinuoso dei paleoalvei storici del Crostolo [14]. Questa sovrapposizione di layer ci permette anche di creare una gerarchia di segni grafici attraverso la concentrazione e la coincidenza di questi elementi.
I segni della Centuriazione come buffer lineari: la regolarità geometrica della griglia romana viene ricalcata attraverso l'introduzione sistematica di filari alberati e siepi campestri polifite, talvolta integrate parallelamente ai canali vegetati interpoderali [15]. Questa trama vegetale agisce come un sistema diffuso di fasce tampone che innalza la rugosità superficiale dei campi, spezza il ruscellamento del suolo e contrasta l'erosione superficiale, nonchè creando una fitta rete di connessione per la biodiversità.

Le radici profonde delle specie autoctone (farnie, olmi, carpini) intercettano i flussi idrici sotterranei, massimizzando l'infiltrazione e attuando una fitodepurazione radicale dei nitrati derivanti dall'allevamento zootecnico [10], [19].
I paleoalvei come core areas ecologiche: In netta contrapposizione con la griglia centuriata, le tracce sinuose del Crustulus Magnus medievale e delle storiche avulsioni fluviali vengono modellate e ricalcate per fungere da zone di riforestazione a sostegno dell'avifauna, di insetti pronubi ma anche per la selvicoltura [14]. Sconnessi altimetricamente rispetto alle monocolture tramite leggeri ribassamenti topografici, i paleoalvei accolgono l'acqua meteorica, guidandola e trattenendola in modo sicuro, trasformando le depressioni morfologiche in un grande alveo golenale diffuso ad alta capacità di ritenzione [7], [21].

Riforestazione dei paleoalvei

La riforestazione dei paleoalvei della media-alta pianura reggiana, nel settore a sud della via Emilia, costituisce un intervento strategico per il ripristino della funzione di ricarica diffusa dell'acquifero superficiale e, di conseguenza, per la riattivazione della fascia dei fontanili che storicamente segna la transizione verso la bassa pianura. I paleoalvei — riconoscibili da analisi DTM ad alta risoluzione, dalle ortofoto storiche GAI 1954–55 e dalla cartografia del catasto napoleonico come tracce morfologiche meandriformi e ventagli di rotta — sono corpi sedimentari a tessitura grossolana (ghiaie e sabbie) incassati nella matrice limoso-argillosa circostante, classificabili come HSG A/B in contrasto con la matrice HSG C/D dominante. Costituiscono pertanto corridoi preferenziali di infiltrazione, con conducibilità idraulica satura di uno o due ordini di grandezza superiore a quella dei terreni circostanti, lungo i quali il deflusso superficiale e l'acqua di precipitazione possono percolare rapidamente fino alla falda freatica. La loro funzione idrogeologica originaria è stata progressivamente compromessa dal riordino fondiario post-bellico, dall'omogeneizzazione delle lavorazioni agricole, dalla compattazione superficiale e dall'impermeabilizzazione localizzata, che hanno ridotto la capacità di assorbimento del sistema e contribuito — insieme al sovrasfruttamento per uso irriguo e idropotabile — al declino della portata e al disseccamento di numerose teste di fontanile lungo la linea Cavriago–Reggio Emilia–San Martino in Rio.
L'intervento di riforestazione su questi corpi sedimentari risponde a una logica idrogeologica precisa: la copertura arborea permanente — preferibilmente con specie mesofile autoctone della serie del Querco-carpineto planiziale (Quercus robur, Carpinus betulus, Fraxinus angustifolia, Ulmus minor, con strato arbustivo di Cornus sanguinea, Crataegus monogyna, Prunus spinosa) — incrementa la capacità di infiltrazione attraverso più meccanismi convergenti: lo sviluppo di macroporosità biogenica lungo i canali radicali profondi (>^{2} m per le querce mature), l'accumulo di sostanza organica nei primi orizzonti del suolo con miglioramento della struttura e dell'aggregazione, la soppressione della crosta superficiale da impatto della pioggia grazie all'intercezione della chioma e alla lettiera, e la riduzione del runoff durante eventi di intensità medio-alta, che vengono così reindirizzati all'infiltrazione anziché al deflusso superficiale. A differenza di quanto avviene sulla matrice HSG D della bassa pianura — dove il meccanismo dominante delle NbS resta la detenzione superficiale — sui paleoalvei dell'alta pianura l'infiltrazione profonda è effettivamente il processo idrologico dominante, e la riforestazione agisce direttamente sul tasso di ricarica dell'acquifero. La continuità idraulica tra paleoalvei riforestati e fascia dei fontanili è documentata da

analisi piezometriche e isotopiche regionali (ARPAE, Servizio Geologico RER): il volume di ricarica aggiuntivo prodotto da una rete di paleoalvei riforestati per uno spessore di 50–200 m lungo le tracce identificate può raggiungere, su scala pluri-decennale, valori dell'ordine di 1–3 Mm^3/anno per ogni 100 ha di paleoalveo restaurato, sufficienti a innalzare il livello freatico locale di 20–80 cm e a riattivare la pressione idrostatica che alimenta le polle.
In questa chiave, il paleoalveo riforestato non è un mero elemento di rinaturalizzazione paesaggistica, ma un dispositivo idrogeologico di ricarica diffusa che chiude il ciclo idrologico territoriale: ciò che il sistema dei prati stabili e della rete capillare trattiene e lamina nella bassa pianura, la riforestazione dei paleoalvei dell'alta pianura lo restituisce all'acquifero, ricostituendo la connessione funzionale fra precipitazione, suolo, falda e fontanili che la pianura ha storicamente perduto nell'ultimo secolo.

I prati stabili

I prati stabili polifiti funzionano come dispositivo idraulico distribuito attraverso due meccanismi complementari. Il primo è la detenzione superficiale: la fitta copertura erbacea permanente, caratterizzata da elevata densità di steli e da una microtopografia irregolare alla scala centimetrica, oppone una rugosità idraulica significativamente superiore a quella dei seminativi (coefficienti di Manning n indicativamente pari a 0,15–0,30 contro 0,03–0,06), rallentando il deflusso superficiale e consentendo l'invaso temporaneo di lame d'acqua dell'ordine di 20–25 cm. Sulla scala del corridoio del Crostolo, la superficie target individuata mediante analisi multicriteriale ammonta a 2.256 ha, pari al 25% dell'area di studio (9.023 ha), tutti localizzati entro 200 m dalla rete di scolo per garantire la connessione idraulica funzionale con il reticolo di bonifica. Il volume di laminazione potenziale risulta dell'ordine di 4,5 milioni di m^3 a h=20 cm e 5,6 milioni di m^3 a h=25 cm, estendibile per eventi di tempo di ritorno elevato (TR=500) incrementando la quota di sommersione tollerata fino a ~6,8 Mm^3 a h=30 cm. Il secondo meccanismo è la regolazione della risposta idrologica di versante: la copertura permanente, l'apparato radicale profondo e continuo, e l'assenza di lavorazioni preservano la struttura del suolo, riducono la formazione di crosta superficiale e mantengono una porosità funzionale, abbattendo il coefficiente di deflusso effettivo rispetto al seminativo. Va precisato — coerentemente con il quadro pedologico HSG D del bacino — che il contributo dominante resta la detenzione superficiale e non l'infiltrazione profonda, strutturalmente limitata sui suoli argillosi della pianura reggiana. Il prato stabile non è dunque un elemento agronomico con co-benefici idraulici, ma un vero e proprio dispositivo di laminazione diffusa, complementare e additivo rispetto all'invaso concentrato del bacino di espansione e alla capacità statica della rete capillare di bonifica.

Connessione ecologica e nodi di confluenza

Il tema ecologico va a sovrapporsi e ad insediarsi proprio su quella trama che stiamo costruendo, attraverso la rifunzionalizzazione del reticolo di bonifica ed il ripristino dei segni storici, creando una rete ecologica più fitta e soprattutto interconnessa, in grado di risanare lo stato ecologico "scarso" imposto dalle vecchie canalizzazioni artificiali [22], [23]. I canali e le fasce boscate adiacenti cessano di essere corridoi isolati all'interno di una matrice fortemente antropizzata, ma viene configurato un nuovo un sistema ecotonale continuo che si dirama dagli assi idrici primari (Crostolo e Cava) verso il cuore della pianura agricola [19], [24].
La struttura di questa rete prevede la localizzazione di zone di concentrazione e accumulo in corrispondenza dei nodi di confluenza idraulica [10]. Nei punti critici in cui i canali consortili minori innestano le proprie portate nel Cavo Cava o nei collettori principali, il disegno di progetto infatti dilata lo spazio fluviale, modellando ampi bacini anfibi e zone umide permanenti [24].
L'obiettivo di questi nodi di confluenza è cercare di limitare il fenomeno di collo di bottiglia (queste zone infatti sono particolarmente soggette a rigurgito idraulico) convertendosi in preziosi hotspot ecologici: aree allagabili (alcune delle quali fruibili) dove l'acqua rallenta la sua corsa, sedimenta le frazioni limose e subisce un processo intensivo di fitodepurazione biologica ad opera di macrofite ed elofite autoctone (Typha latifolia, Iris pseudacorus) [1], [19]. Viene così assolta sia la componente di mitigazione del rischio idraulico che quella di valorizzazione ecologica.
Dal punto di vista faunistico, la concentrazione di habitat umidi complessi e diversificati interrompe l'omogeneità semplificata del distretto padano, favorendo la ricolonizzazione da parte di anfibi e avifauna migratoria, e riducendo inoltre gli spazi vitali idonei alla proliferazione delle specie invasive alloctone [1], [24].

Il Contratto di Fiume del Crostolo come strumento di governance del progetto

La natura diffusa, multifunzionale e frammentata sotto il profilo proprietario del sistema progettuale — che distribuisce i dispositivi di laminazione e rigenerazione su una molteplicità di appezzamenti privati, di competenze consortili e di giurisdizioni amministrative — impone l'adozione di uno strumento di governance capace di ricomporre attorno a una visione condivisa i numerosi attori del territorio. A tale esigenza risponde la proposta di attivazione di un Contratto di Fiume per il corridoio del torrente Crostolo, inteso non come sovrastruttura burocratica, ma come cornice negoziale entro cui tradurre operativamente la strategia di adattamento delineata dallo Scenario II.
I Contratti di Fiume costituiscono strumenti volontari di programmazione strategica e negoziata, riconosciuti dall'ordinamento nazionale dall'art. 68-bis del D.Lgs. 152/2006 (Testo Unico Ambientale), introdotto dall'art. 59 della Legge 221/2015[30]. Essi perseguono la tutela e la corretta gestione delle risorse idriche, la valorizzazione dei territori fluviali e la salvaguardia dal rischio idraulico, concorrendo al contempo al conseguimento degli obiettivi dei Piani di Gestione del distretto idrografico — in attuazione della Direttiva Quadro sulle Acque (2000/60/CE) [22] — e dei Piani di Gestione del Rischio di Alluvioni (Direttiva 2007/60/CE), di cui il PGRA del bacino del Po rappresenta il recepimento [7]. Il Contratto di Fiume si configura pertanto come lo strumento di raccordo che consente di coordinare, entro un unico processo condiviso, competenze oggi strutturalmente disgiunte: la giurisdizione dell'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po e di AIPO sull'asta principale del Crostolo, quella del Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale sul reticolo secondario, le prerogative urbanistiche dei Comuni e, non da ultimo, la disponibilità dei conduttori agricoli privati[30], [31].
Sul piano operativo, l'attivazione del Contratto di Fiume permette di superare il limite intrinseco di ogni approccio calato dall'alto, fornendo la cornice giuridica e procedurale entro cui rendere effettivi i meccanismi di adozione volontaria e di remunerazione delineati dal progetto. È attraverso questo strumento che la servitù idraulica temporanea richiesta alle aree agricole — l'accettazione programmata della sommersione controllata delle fasce di espansione — può essere negoziata e compensata mediante schemi di pagamento per i servizi ecosistemici (PES), ancorati agli interventi agro-climatico-ambientali del CSR FEASR 2023_2027[25], [26], [28]. Il Contratto di Fiume trasforma così la mitigazione del rischio da imposizione nor-

mativa in patto territoriale condiviso, in continuità metodologica con le esperienze di riqualificazione partecipata già sperimentate nel comprensorio, come il progetto LIFE RINASCE [24] , e restituisce all'agricoltore quel ruolo attivo di custode idraulico ed ecologico del paesaggio che costituisce il presupposto stesso della resilienza del sistema [15, 19]

lo sfalcio gentile come dispositivo di progetto

I dispositivi vegetazionali che strutturano il masterplan — i prati stabili polifiti, le fasce tampone erbacee, le sponde rinaturalizzate, i cinturi elofitici delle zone umide e i margini boscati — non sono elementi statici, ma sistemi biologici la cui prestazione idraulica ed ecologica dipende in modo diretto dal regime di manutenzione adottato. Una gestione intensiva e indifferenziata, fondata sulla trinciatura ripetuta e sul taglio raso a calendario fisso, sterilizza progressivamente questi apparati, azzerandone la biodiversità, impoverendone la struttura e vanificando la stessa funzione di laminazione e fitodepurazione per cui sono stati concepiti. Il progetto assume pertanto come principio gestionale trasversale la pratica dello sfalcio gentile (wildlife-friendly mowing), intesa non come mera riduzione della frequenza degli interventi, ma come sistema articolato di accorgimenti agronomici e temporali volti a coniugare il controllo della vegetazione con la sua valorizzazione ecologica [11, 24] .
Sul piano operativo, lo sfalcio gentile si declina attraverso una molteplicità di tecniche convergenti: la calibrazione fenologica del taglio, posticipato a fioritura e disseminazione avvenute per garantire la ricostituzione della banca semi e la protezione della fauna nidificante al suolo; lo sfalcio a mosaico e in rotazione, che preserva a ogni intervento fasce rifugio non tagliate ove insetti pronubi, anfibi e micro-fauna trovino continuità di habitat; l'innalzamento dell'altezza di taglio (indicativamente non inferiore ai [10–12] cm), a tutela del colletto delle essenze e della fauna epigea; l'impiego di barre falcianti in luogo di trinciatrici a coltelli, associato a direzioni di taglio centrifughe e a barre d'involo, per ridurre la mortalità diretta della fauna; e infine l'asporto sistematico della biomassa sfalciata, che sottrae nutrienti al sistema, contiene le specie nitrofile e competitive e favorisce le cenosi oligotrofiche ad alta diversità floristica. Tali accorgimenti trovano applicazione differenziata secondo la funzione dei diversi ambiti: pieno dispiegamento sugli elementi non produttivi — fasce tampone, scarpate, margini e nodi ecologici — e adattamento sui prati stabili produttivi, dove il regime di sfalcio, pur vincolato alle esigenze foraggere del disciplinare del Parmigiano Reggiano D.O.P. [15], resta compatibile con il mantenimento di fasce rifugio a rotazione e con l'asporto del fieno, intrinseco alla pratica stessa. Sulle sponde dei canali e sui corpi arginali, la gestione della vegetazione segue invece gli indirizzi regionali per la manutenzione dei boschi ripariali e della vegetazione di sponda [11], contemperando il contenimento selettivo con la ritenzione dell'apparato radicale a fini di stabilizzazione bio-tecnica e con il controllo mirato delle specie alloctone invasive (Amorpha fruticosa, Robinia pseudoacacia) [24] .
Questa modalità gestionale produce un duplice dividendo, idraulico ed ecologico. Sotto il profilo idraulico, il mantenimento di una copertura erbacea densa e permanente preserva la rugosità superficiale — e dunque il coefficiente di Manning — su cui si fonda la capacità di rallentamento e detenzione diffusa, evitando al contempo il denudamento del suolo e il contenimento delle infestanti che, proliferando incontrollate, occluderebbero la sezione utile di deflusso [19, 24] . Sotto il profilo ecologico, la gestione a bassa intensità restituisce ai margini agrari il ruolo di corridoi di connessione e di refugia per l'entomofauna impollinatrice e l'avifauna, contrastando la banalizzazione biologica documentata nel quadro diagnostico. Sul piano economico, infine, tali pratiche non rappresentano un onere aggiuntivo per il conduttore, ma trovano riconoscimento diretto negli impegni dell'intervento SRA[08] – ACA[8] del CSR FEASR [2023–2027], che remunera l'adozione di sfalci flessibili e la rinuncia al diserbo chimico, convertendo il vincolo ecologico in strumento di sostenibilità economica aziendale [26, 28]

Spazi anfibi

Ad una scala più particolare, ma non ancora di dettaglio, ci andremo a concentrare sulla definizione delle logiche di gestione e controllo dell'allagamento, andando a concepire gli eventi meteorologici estremi non come eventi caotici e indistinti, ma come opportunità progettuali, modellando la morfologia del suolo per accogliere l'acqua. Questo ci consente di progettare due tipologie di dispositivi anfibi multifunzionali [19, 24]: i parchi anfibi periurbani (sulle linee di contatto con la città cementificata) e le fasce di esondazione agricole (innestate nella matrice agricola)[15, 18].
L'allagamento è peró solo una faccia della stessa medaglia, motivo per cui questa infrastruttura che si andrà a progettare servirà non solo per rallentare le acque meteoriche e di sgrondo, ma anche per convogliarla in bacini di stoccaggio permanenti, così da permettere una maggiore autonomia idrica nei periodi di siccità.

I parchi anfibi periurbani

La prima tipologia di dispositivo si inserisce nella zona in cui il tessuto industriale e residenziale di Reggio Emilia nord (Villaggio Crostolo e Roncocesi) collide con il sistema delle acque basse rurali [10, 18]. Questi parchi sono configurati come zone di buffer idraulico destinate a ricevere e trattare le portate meteoriche amplificate dal soil sealing urbano, accogliendo, stoccando e rallentando l'acqua [7, 10].
Lo spazio pubblico entra così in rapporto diretto con l'acqua: passerelle pedonali sospese, dossi e conche permettono la fruizione ordinaria, trasformando l'infrastruttura di laminazione in un parco urbano identitario e didattico, ricollegando funzionalmente e visivamente la città con la dimensione idraulica del territorio [6, 15].

- [1].Fase Idrologica Ordinaria (Regime di Asciutto):Frequenza:.
- [90]% dell'anno">
- In assenza di eventi meteorici estremi, il parco funziona come uno spazio pubblico attrezzato e un corridoio ecologico urbano. La morfologia del suolo si articola in una serie di depressioni dolci piantumate oppure libere, percorsi cicopedonali rialzati su passerelle ed elementi per la sosta. [1, 15].
- [2].Fase di Intercettazione e Ritenzione:Frequenza: Piogge ordinarie / Eventi impulsivi.
- Al manifestarsi di precipitazioni intense sull'area industriale nord, i collettori urbani scaricano le portate di primo lavaggio direttamente nei bacini di testa del parco. Le prime conche (rain gardens) intercettano i flussi carichi di inquinanti macroscopici e idrocarburi. Gli strati del terreno, appositamente miscelato con sabbie e sostanza organica, attiva un processo immediato di bio-filtrazione e ritenzione edafica, impedendo la contaminazione chimica del reticolo rurale a valle [10,19].
- [3].Fase di Invaso Anfibio e Laminazione Ecologica:Frequenza: Scenario PGRA [P2] - Tr [100] anni.
- Durante gli eventi più critici (simili all'ottobre [2024]), il parco subisce una totale trasformazione dei suoi spazi: l'acqua raccolta dai tetti e dalle strade della città invade progressivamente i bacini di espansione modellati nel parco. I percorsi pedonali inferiori vengono sommersi in modo programmato, mentre la viabilità di sicurezza sulle arginature di progetto rimane asciutta. La foresta ripariale interna azzera l'energia cinetica della piena, stoccando temporaneamente fino a [300.000] metri cubi d'acqua e abbattendo i picchi di colmo diretti al Crostolo [7, 21].
- [4].Fase di Svuotamento Rallentato e Infiltrazione Profonda:Frequenza: Post-evento ([48-72] ore). Cessata l'emergenza meteorica, il parco attiva la sua funzione di spugna. Grazie a manufatti di regolazione a scarico strozzato, l'acqua accumulata non viene rigettata bruscamente nel reticolo secondario, ma rilasciata con portate inferiori alla capacità critica di sgrondo dei canali. Una quota volumetrica significativa permane sul fondo delle conche umide permanenti (posizionate ai margini più lontani della città), favorendo la ricarica lenta per gravità dell'acquifero freatico superficiale e mantenendo l'umidità edafica necessaria alla flora igrofila durante la successiva stagione secca [16, 19].

Nell'ambito più prettamente agricolo, invece, la logica della multifunzionalità che in città affiancava difesa idraulica e fruibilità, qui viene declinata attraverso un compromesso tra difesa idraulica e tutela della produzione agricola.
L'eccezionalità degli eventi meteorici ha portato alla definizione di diversi gradienti di controllo idraulico[19, 24], così da massimizzare le attitudini dei diversi spazi agricoli [15, 21], creando dinamiche di allagamento non lineari dove ciascun gradiente corrisponde ad tempo di ritorno specifico.

Fascia di esondazione primaria [TR=basso - frequente]

Costituisce la prima linea di attivazione e mitigazione idraulica del sito, disposta nei punti di maggior accumulo delle acque di sgrondo [12 21]. Essendo esposto a frequenze di attivazione elevate (bassi tempi di ritorno), questo gradiente è interamente modellato attraverso variazioni topografiche del suolo [24].
È un sistema di modellazione morfologica volto a valorizzare la naturalità dei corridoi ecologici fluviali senza compromettere la struttura rigida degli argini. Attraverso interventi di scavo irregolari vengono generate depressioni che agiscono come bacini di ritenzione temporanea e laminazione controllata dei deflussi idrici [24]. I volumi di terreno di risulta, riutilizzati in sito, definiscono rilievi micro-topografici (collinette) che, in alternanza con le zone umide, creano un gradiente ecologico funzionale: il rapporto tra aree depresse sature e dossi rilevati asciutti promuove nicchie ecologiche diverse. Questa tipologia di dispositivo favorisce inoltre i processi di denitrificazione naturale e la fitodepurazione.

Fascia di espansione controllata [TR= medio - stagionale]
Rappresenta forse il cuore del progetto, in quanto riutilizza e valorizza un elemento

Fasce di esondazione e dispositivi di controllo degli allagamenti

dall'enorme valore storico ed ecologico, caratteristico del paesaggio reggiano, e che si integra perfettamente nelle filiere produttive locali: i prati stabili polifiti. Questa fascia è progettata per sopportare sommersioni periodiche a bassa velocità, agendo come un grande bacino golenale diffuso [7], [21].
La chiave della resilienza economica risiede nella selezione botanica della coltre erbosa: il Masterplan prevede il reimpianto di specifiche essenze foraggere autoctone (quali Alopecurus pratensis, Festuca pratensis e Taraxacum officinale) caratterizzate da un'elevata tolleranza all'asfissia radicale temporanea e capaci di rigenerarsi rapidamente dopo il ritiro delle acque [1], [15].
Queste specie garantiscono il pieno rispetto del rigido disciplinare di produzione del Parmigiano Reggiano D.O.P. (che vieta l'uso di insilati e richiede fieno puro di alta qualità), dimostrando che la servitù idraulica temporanea del suolo può coesistere stabilmente con la redditività dell'azienda zootecnica tradizionale [15], [19].
La resilienza e la sostenibilità di questo dispositivo non si limitano alla sola dimensione vantaggioso per il conduttore agricolo, anche dopo una stima conservativa degli incentivi pubblici disponibili. Il margine lordo da produzione foraggera (755 €/ha/anno) è inferiore a quello delle colture intensive attuali (1.008 €/ha/anno), ma il differenziale viene compensato dal minor danno atteso da allagamento (8 €/ha/anno contro 95 €/ha/anno) e dal sostegno pubblico — stimato in un range di 410–530 €/ha/anno tra pagamento PAC di base e misura SRA08-ACA8 "Gestione sostenibile dei prati permanenti" del CSR FEASR 2023–2027. Su un orizzonte di 20 anni, il Valore annuale netto del prato stabile supera quello del baseline di 3.186–4.971 €/ha secondo lo scenario, con un break-even compreso tra 1,2 e 1,8 anni [25], [26], [27], [28].
aggiungere dimensionamenti prati stabili
Zone di riforestazione [TR= medio - alto]
Questa tipologia di dispositivo si suddivide in zone selvicolturali posizionate in coincidenza delle zone morfologicamente depresse dei paleoalvei, ed in fasce filtro agroforestali ad alta densità biologica [14], [19], corridoi arborei (con layer arbustivi ed erbacei), che separano i confini dei campi, creando connessioni ecologiche, proteggendo il suolo dall'erosione, ma soprattutto fungendo da luoghi di infiltrazione e fitodepurazione.
Vengono insediate specie arboree planiziali a rapido accrescimento e ad alto assorbimento idrico, quali il pioppo bianco (Populus alba), il frassino maggiore (Fraxinus excelsior) e l'olmo campestre (Ulmus minor) [1], [24].
La logica di difesa viene affiancata a quella produttiva: la densità radicale profonda di queste fasce boscate consolida il sottosuolo, creando spazi di laminazione controllati [19], [24]. Al contempo, la gestione forestale programmata (turni di taglio selettivo e arboricoltura da legno) garantisce alle aziende agricole un'integrazione di reddito derivante dalla filiera della biomassa e del legname di pregio [15].
Fascia agricola adattiva [TR= alto - catastrofico]
Rappresenta la porzione di territorio più distante dai corsi idrici primari (Crostolo e Cava) e altimetricamente posta alle quote superiori del piano di campagna, esposta esclusivamente a eventi alluvionali rari, catastrofici o di carattere eccezionale (corrispondenti allo scenario P¹ del PGRA) [7], [10]. Proprio per questa minore propensione al rischio, nel progetto qui si mantiene una produzione agricola di tipo intensivo, ma che comunque rispetti dei criteri di resistenza a sommersioni temporanee, rotazioni flessibili ed impiego di colture a ciclo breve [15].

Il mosaico agricolo però, seppur mantenendo una vocazione più spiccatamente produttiva, viene "puntellato" attraverso una fitta rete capillare di dispositivi NbS lineari, installati seguendo e prolungando i segni della centuriazione romana [14], [19]. I campi coltivati a mais, sorgo e soia — specie selezionate per la loro flessibilità agronomica e capacità di tollerare rari stress idrici temporanei — vengono perimetrati da canali di scolo interpoderali e capillari, affiancati da siepi campestri polifite e filari alberati continui [15], [24].
Questo reticolo diffuso assicura che, nell'eventualità remota di un sormonto generalizzato, il suolo agricolo intensivo non subisca fenomeni di erosione profonda del cappello pedogenetico (soil stripping), trattenendo l'acqua localmente all'interno dei singoli appezzamenti centuriati e favorendo un'infiltrazione lenta che evita il sovraccarico istantaneo della rete di scolo [10], [19].

I Bacini stabili di riserva

Ad integrazione di questo meccanismo di difesa contro gli allagamenti, viene progettato un sistema diffuso di bacini stabili di accumulo e compensazione idrica [19], [24]. Questi dispositivi non lavorano in modo intermittente come le aree di laminazione temporanee, ma mantengono un volume d'acqua costante durante tutto il corso dell'anno, configurandosi come veri e propri serbatoi di ricarica continua e controllata [24].
Il dimensionamento per ettaro è stato calibrato in parallelo ai volumi di laminazione previsti dalla copertura da progetto dei prati stabili, in modo da arrivare ad un TR=500 anni: ogni bacino permanente potrà occupare circa il 2,3% della superficie agricola contribuente (corrispondente a circa 500–600 m^2 per ettaro), con una profondità di scavo di circa 1,2 m, per un volume di accumulo di circa 600–720 m^3 per ettaro di superficie servita. Applicando questo criterio alle ~2.256 ha di prati stabili target (25% dell'area di studio) si ottiene un volume complessivo di circa 954.000 m^3 di accumulo idrico diffuso, distinto e complementare ai 451.200 m^3 di laminazione temporanea fornita dal velo d'acqua sui prati stabili stessi (0,20 m × 2.256 ha).
calcolare evotraspirazione e ricalcolare volumi necessari
Essi agiscono come corpi idrici intermedi capaci di accumulare i surplus idrici invernali e primaverili veicolati dal torrente Crostolo e dal reticolo consortile [10], [21].
L'introduzione di questa infrastruttura verde-blu assolve a un duplice obiettivo strategico, abbassando la dipendenza idraulica ed economica del distretto agricolo reggiano:
In regime di piena (funzione di buffer idraulico): i bacini stabili lavorano come dispositivi di laminazione [7]. Al sopraggiungere di un evento alluvionale, un sistema di paratoie e sfioratori permette l'innalzamento controllato fino al loro livello di massimo invaso, assorbendo quote significative di volume d'acqua esondata prima che questa investa i campi circostanti [21], [24].
In regime di siccità estiva (autonomia irrigua): durante la stagione estiva, caratterizzata dalle severe fluttuazioni pluviometriche imposte dalla deriva climatica, i bacini si convertono in riserve strategiche per la filiera dei prati stabili [15], [16]. Lo stoccaggio idrico accumulato durante i mesi umidi viene distribuito capillarmente alla campagna attraverso la rete consortile rifunzionalizzata, attivando micro-irrigazioni di soccorso per infiltrazione laterale o gravità [19].
Questo stoccaggio diffuso separa parzialmente il comprensorio Cava-Crostolo dai grandi impianti di sollevamento meccanico del Po di Boretto [10]. Di fronte alle crisi di magra del fiume Po — che mettono periodicamente a rischio la concessione di de-

rivazione irrigua — la disponibilità di riserve idriche stanziali e native nel sito assicura la continuità idrica indispensabile al mantenimento dei prati polifiti, tutelando la produzione di foraggio di alta qualità per il disciplinare del Parmigiano Reggiano D.O.P. senza incrementare i consumi energetici di pompaggio idraulico [15, 17].

Inoltre dal punto di vista ecologico, la permanenza di uno specchio d'acqua garantisce la stabilizzazione di microclimi umidi permanenti che fungono da corridoi di rifugio per la fauna autoctona e da stazioni di sosta per l'avifauna migratoria [1, 23]. Le sponde dei bacini stabili sono modellate con pendenze inferiori a [180] e interamente colonizzate da fasce fitodepuranti a macrofite (Typha latifolia, Phragmites australis), le quali garantiscono l'abbattimento costante del carico organico residuo e dei nutrienti in sospensione, restituendo al reticolo agrario un'acqua qualitativamente rigenerata e termicamente calibrata, in accordo con gli obiettivi comunitari della Direttiva [2000/60/CE] [22, 24].

Dispositivi di controllo locale

Andiamo adesso a scomporre il progetto nei singoli tasselli minimi che vanno a costituire il paesaggio: il singolo appezzamento centuriato, la scolina poderale, il fosso aziendale e i filari di margine [14], [19]. A questo livello di dettaglio, il progetto opera sui singoli elementi affinchè siano autosufficienti: ogni intervento deve essere non solo inseribile all'interno del sistema più ampio, come abbiamo descritto finora, ma deve poter anche mantenere la sua indipendenza e operatività a scala locale [19]. Questo assicura che la diffusione progettuale non sia solo una caratteristica spaziale, ma che sia applicabile anche a livello funzionale e operativo, così da consentire un'adozione dal basso (volontaria per il singolo privato) e non solo attraverso strumenti normativi calati dall'alto.

La riconfigurazione dei fossi poderali e delle scoline

Il primo intervento a scala locale di cui parleremo si configura più come un recupero di un sistema scolante capillare, storicamente utilizzato nel territorio reggiano. Questa vecchia maglia poderale a campi piccoli — tipica della piantata padana, con filari, siepi, fossi e capezzagne fitti — è stata progressivamente accorpata attraverso operazioni di ricomposizione fondiaria che hanno eliminato fisicamente gran parte della rete minuta per ottenere unità coltivabili più ampie ed ottimizzate per i macchinari sempre più potenti.
Con l'intensificazione e la specializzazione colturale (mais, soia, in misura minore grano), la pressione economica per massimizzare la superficie utile ha portato anche al tombinamento sistematico della rete scolante secondaria: il fosso non viene eliminato come funzione idraulica, ma interrato in tubazione, perdendo la capacità di laminazione diffusa, infiltrazione laterale e fitodepurazione che il fosso a cielo aperto garantiva.
Il progetto mira quindi a reintegrare e ripristinare questo sistema idraulico capillare, anche attraverso strumenti normativi volti ad incentivarne l'adozione (eco-schema [4], PSR, greening) reintroducendo un valore economico per le fasce tampone, i prati stabili e gli elementi naturali.

A questo ripristino della rete capillare si affianca la ri-profilatura sistematica delle scoline interpoderali, con alvei allargati a sezione svasata e asimmetrica, con pendenze delle sponde ridotte [24].
Questa riconfigurazione geometrica riduce la velocità di transito dell'acqua piovana e raddoppia la sezione utile di stoccaggio temporaneo durante i picchi meteorici ordinari [19].
Al disegno del suolo viene associata l'introduzione di fasce filtro erbacee permanenti (con larghezze comprese tra i [2] e i [5] metri) disposte lungo i cigli superiori di sponda [24]. Inerbite stabilmente con miscele di graminacee e leguminose autoctone ad alta densità radicale, queste strisce filtro bloccano meccanicamente il trasporto dei sedimenti sollevati dal ruscellamento dei campi, limitando la manutenzione del fosso [19], [24].
Dal punto di vista normativo e finanziario, l'insediamento e il mantenimento quinquennale di queste strutture porose lineari e dei prati stabili adiacenti trova copertura diretta nei finanziamenti dell'intervento SRA[08] – ACA[8] (Gestione prati e pascoli permanenti) del Complemento di Sviluppo Rurale della PAC [2023_2027] [25], [26]. I premi agro-climatico-ambientali previsti dal bando regionale compensano gli agricoltori per il mancato diserbo chimico e per l'adozione di sfalci flessibili, trasformando l'obbligo ecologico in uno strumento di sostenibilità economica aziendale [26], [28].

I manufatti di regolazione idraulica

Se alla scala territoriale e intermedia il progetto agisce modellando la morfologia del suolo e ridistribuendo gli usi, alla scala di dettaglio la strategia si materializza in una famiglia di manufatti di regolazione idraulica che governano puntualmente l'ingresso, la ritenzione e il rilascio dell'acqua all'interno dei dispositivi anfibi. La logica che ne informa la progettazione ribalta il paradigma dell'infrastruttura rigida analizzato nel quadro diagnostico: laddove il sistema di bonifica novecentesco affida la propria funzionalità a una manovra attiva, energivora e presidiata dall'uomo — con la conseguente vulnerabilità in caso di black-out o di ritardo operativo [10] —, i manufatti di progetto privilegiano il funzionamento passivo e per gravità, l'automatismo idraulico in luogo della manovra, e l'impiego di tecniche di ingegneria naturalistica al posto del calcestruzzo armato. Questa scelta non risponde soltanto a un criterio di sostenibilità gestionale, ma è il presupposto stesso dell'autosufficienza locale e dell'adozione dal basso richiesta a questa scala: ogni dispositivo deve poter operare in autonomia, senza dipendere da una regia centralizzata.
Sfioratori laterali passivi a soglia fissa. Costituiscono il dispositivo di alimentazione dei bacini di laminazione e delle aree di espansione configurate off-line. Il manufatto consiste in uno stramazzo laterale a coronamento fisso, tarato a una quota-soglia calibrata sul livello di transito ordinario del canale: al di sotto della soglia, l'intera portata prosegue nell'alveo senza alterazione del regime irriguo e di scolo consueto; al superamento della soglia, la sola portata eccedente sfiora lateralmente e per gravità nello spazio anfibio adiacente [7], [21]. L'assenza di parti mobili rende il dispositivo intrinsecamente fail-safe — attivo esattamente quando serve, senza intervento umano né apporto energetico. Il coronamento è dotato di un intaglio di magra (gaveta) che assicura la continuità del deflusso di base e la permeabilità ecologica longitudinale, evitando la formazione di una discontinuità idraulica e faunistica netta.
Manufatti di scarico a luce tarata. Regolano lo svuotamento rallentato dei volumi invasati, restituendo l'acqua al reticolo con portate inferiori alla capacità critica di sgrondo dei canali riceventi. La bocca di scarico è dimensionata in funzione del coefficiente udometrico di massima portata ammissibile assunto dal Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale (dell'ordine di [6] l·s□[1]·ha□[1]), così da garantire che il rilascio post-evento — dilazionato sulle [48_72] ore — non si trasformi a sua volta in un'onda di piena per i comparti di valle[19] . La taratura a luce fissa consente il funzionamento automatico, senza necessità di manovra, in continuità funzionale con lo sfioratore di monte.
Paratoie di guardia alle confluenze. In coerenza con il principio della pensilità idrauli-

ca — per cui, nel tratto pensile, ogni immissione laterale in un'asta a quota superiore è esposta al rigurgito dell'asta stessa —, ciascun nodo di confluenza tra il reticolo minore e i collettori principali (Cava, Crostolo) è presidiato da un manufatto di non-ritorno [10, 21]. Il progetto sostituisce le chiaviche a manovra manuale o meccanica con paratoie a clapet automatico (porte a battente), che si chiudono per semplice inversione del carico idraulico quando il livello del ricettore supera quello dell'emissario, impedendo il rigurgito senza alcun intervento. Poiché la chiusura del manufatto, pur necessaria, riproduce la condizione di interclusione che genera l'accumulo delle acque basse a monte, il dispositivo di guardia opera in sistema con l'invaso off-line di soccorso, il quale assorbe il volume prodotto localmente proprio nella finestra temporale in cui lo sgrondo a gravità è precluso.

Soglie di fondo e traverse di trattenuta in ingegneria naturalistica. Nei tratti di reticolo rinaturalizzato, il mantenimento del battente idraulico estivo indispensabile all'irrigazione di soccorso e il rallentamento dei deflussi ordinari sono affidati a soglie e traverse basse realizzate in pietrame, legname e massi, in luogo dei sostegni rigidi in calcestruzzo [24] . Configurate come rampe a bassa pendenza, esse assolvono simultaneamente alla funzione di regolazione del profilo di fondo, di innalzamento locale della falda ipodermica e di superabilità da parte della fauna ittica, ricomponendo la continuità biologica del corridoio che le opere trasversali tradizionali interrompono [11, 24] .

Manufatti di presa per l'irrigazione di soccorso. In corrispondenza dei prati stabili e delle formazioni foraggere, punti di presa e connessione consentono al livello innalzato del canale di alimentare per sfioramento, gravità o infiltrazione laterale gli appezzamenti adiacenti, preservando nella rete riconfigurata la logica promiscua storica — scolo invernale, adduzione estiva — su cui si regge la sopravvivenza dell'agro-ecosistema [10, 15] .

Attraversamenti ecologici a fondo naturale. Nei punti in cui la rete capillare interseca la viabilità poderale, tombini e ponticelli sono dimensionati con luce ampia e fondo naturale, così da non costituire strozzature idrauliche — evitando i fenomeni di collo di bottiglia e rigurgito locale documentati ai nodi critici [10] — e da garantire la permeabilità faunistica trasversale del sistema.

Nel loro insieme, questi manufatti definiscono un'infrastruttura di regolazione distribuita, passiva e a bassa manutenzione, il cui funzionamento non è affidato alla tempestività della manovra ma è inscritto nella geometria stessa dei dispositivi. È in questa passività intelligente che risiede la differenza sostanziale rispetto al modello inerziale: un sistema che non richiede presidio continuo, non collassa in caso di indisponibilità energetica e può essere adottato, mantenuto e replicato alla scala del singolo appezzamento, restituendo al territorio una resilienza idraulica diffusa e strutturale.

MANUTENZIONE → E *GESTIONE*

A differenza dell'opera rigida, che aspira a una stabilità definitiva e si degrada nel momento stesso in cui viene compiuta, l'infrastruttura verde e blu è un organismo vivo, la cui prestazione idraulica ed ecologica non è data una volta per tutte, ma va accompagnata, guidata e rinnovata nel tempo. Riconoscere questa natura dinamica non ne costituisce un limite, bensì il presupposto: la gestione non è l'epilogo gravoso dell'intervento, ma la condizione stessa della sua esistenza. Le linee guida che seguono delineano perciò un modello gestionale adattivo, capace di sostituire alla manutenzione difensiva ed emergenziale del sistema rigido una cura leggera, ciclica e a responsabilità condivisa, in cui il territorio impara progressivamente a governare le proprie acque.

Dalla crisi alla gestione adattiva

La sostenibilità nel tempo dell'infrastruttura verde e blu proposta non può essere data per acquisita al momento della sua realizzazione: essa dipende in modo diretto dal regime di gestione che ne accompagna il ciclo di vita. È necessario riconoscere, con onestà metodologica, che le soluzioni basate sulla natura non costituiscono dispositivi esenti da manutenzione, bensì sistemi biologici dinamici la cui prestazione idraulica ed ecologica va guidata e mantenuta. Ciò che il progetto modifica non è l'esistenza della manutenzione, ma la sua natura e la sua logica. Lo scenario inerziale, analizzato nel Capitolo [5], descrive una gestione condannata alla cura del sintomo: una spirale perpetua di spurghi meccanici, dragaggi e ringrossi arginali che assorbe risorse crescenti nel tentativo di contrastare, con energia sempre maggiore, le dinamiche naturali di sedimentazione e cedimento [6, 24]. Il modello resiliente ribalta questo paradigma, sostituendo alla manutenzione difensiva e a calendario fisso il principio della gestione adattiva (adaptive management): un processo ciclico e retroattivo — monitorare, valutare, correggere — che accompagna l'evoluzione del sistema anziché opporvisi [16, 19].

All'interno di questa cornice occorre distinguere due fasi gestionali dal profilo nettamente diverso. La fase di impianto (indicativamente i primi tre-cinque anni) richiede un impegno intensivo e attento: attecchimento delle essenze, sostituzione delle fallanze, contenimento delle specie pioniere competitive, consolidamento delle opere di ingegneria naturalistica. La successiva fase di regime, una volta raggiunta la maturità funzionale dei dispositivi, si caratterizza invece per interventi leggeri, dilazionati e a bassa intensità, il cui costo tende progressivamente a diminuire proprio in virtù dell'autoregolazione biologica del sistema. Questa curva decrescente dell'onere manutentivo è l'esatto opposto della spirale crescente dello scenario inerziale, e ne costituisce il principale argomento di sostenibilità.

Gestione della vegetazione e del reticolo

La gestione degli apparati vegetazionali si fonda sui principi dello sfalcio gentile già enunciati alla scala progettuale (§61), qui declinati in un protocollo operativo differenziato per ambito. Sugli elementi non produttivi — fasce tampone, scarpate, margini boscati e nodi ecologici — il regime prevede sfalci radi, calibrati sulla fenologia della flora e dell'entomofauna, condotti a mosaico e in rotazione con asporto della biomassa; sui prati stabili produttivi, il numero e la cadenza degli sfalci restano vincolati alle esigenze foraggere del disciplinare del Parmigiano Reggiano D.O.P., ferma restando la conservazione di fasce rifugio a rotazione [11, 15]. Il cronoprogramma dettagliato, l'individuazione delle direzioni di taglio e la scelta delle macchine operatrici (barre falcianti in luogo di trinciatrici) costituiscono oggetto delle prescrizioni gestionali di dettaglio, da concertare con i conduttori agricoli nell'ambito degli impegni agro-climatico-ambientali sottoscritti.
Un'attenzione specifica richiedono le opere di ingegneria naturalistica di sponda, la cui efficacia bio-tecnica non è statica ma dipende dalla vitalità dell'apparato vegetale. Le formazioni di salici arbustivi impiegate nelle fascinate e nelle viminate necessitano di ceduazione e capitozzatura periodiche, che ne mantengano la flessibilità, ne stimolino la ricacciata e ne rinnovino il vigore radicale, prevenendo l'evoluzione verso portamenti arborei rigidi e strutturalmente inadeguati sul corpo spondale[11, 24]. A ogni evento di piena significativo deve inoltre seguire un sopralluogo ispettivo delle sponde, delle soglie e delle banche golenali, volto a rilevare erosioni localizzate, scalzamenti al piede e depositi anomali, così da programmare interventi puntuali di ripristino prima che le criticità si aggravino. Il reticolo riconfigurato, infine, va preservato dalla ricostituzione delle sezioni rigide: la gestione ordinaria mantiene le geometrie svasate e le banchine allagabili, evitando la ri-artificializzazione che vanificherebbe la capacità di detenzione diffusa.

Il contenimento delle specie aliene invasive — individuate nel quadro diagnostico come minaccia strutturale alla stabilità arginale e alla funzionalità ecologica (capitolo 44) — costituisce la componente gestionale più critica, e va affrontato secondo una logica di gestione integrata che coniughi la prevenzione per disegno con il controllo attivo. Il presupposto è che la maggior parte delle contromisure sia già inscritta nella concezione stessa dei dispositivi, e non demandata alla sola manutenzione. Contro il Procambarus clarkii e il conseguente rischio di piping, la gestione dell'idroperiodo con oscillazioni e abbassamenti periodici del livello (drawdown) penalizza una specie che trova nell'acqua bassa, calda e stagnante il proprio optimum, mentre l'esclusione degli arborei a radicazione aggressiva dal prisma arginale e l'adozione di filtri rovesci al piede — secondo i criteri di Terzaghi — costituiscono la difesa geotecnica strutturale contro il sifonamento[24]. Contro la nutria, la strutturazione delle sponde con macrofite poco appetite e la complessità dell'habitat, che sostiene i predatori naturali, riducono l'idoneità ambientale alla proliferazione; il controllo demografico attivo, ove necessario, va condotto in forma coordinata e continuativa nell'ambito dei piani di gestione regionali e nazionali della specie[24].
Per la componente floristica, il contenimento di Amorpha fruticosa e Robinia pseudoacacia — entrambe eliofile e pioniere — è affidato in fase di regime alla chiusura di volta delle formazioni ripariali planiziali, che le sopprime per ombreggiamento progressivo, e in fase di impianto allo sfalcio e al taglio ripetuti dei ricacci [1, 24] . È in questo passaggio che risiede la risposta all'obiezione più insidiosa che il progetto possa ricevere: non è la zona umida a generare le invasive, bensì la matrice semplificata, disturbata e denudata a offrirne le condizioni ideali di colonizzazione. Ricostituendo complessità strutturale, dinamica idraulica e copertura arborea matura, il progetto rimuove le nicchie stesse su cui le alloctone prosperano, convertendo il controllo delle invasive da onere manutentivo perpetuo a esito della corretta configurazione ecologica del sistema.

La logica manutentiva tradizionale tratta il sedimento come rifiuto, rimuovendolo con operazioni di spurgo "all'ingrosso" che eradicano indiscriminatamente i micro-habitat dell'alveo (§44). Il progetto ne ribalta la concezione, assumendo il trasporto solido non come problema da smaltire ma come risorsa da governare. A tal fine, il disegno dei nodi di confluenza e delle aree di ricezione prevede la localizzazione di zone di sedimentazione dedicate (avanfosse e trappole di sedimento), configurate come porzioni sacrificali del sistema in cui la corrente, rallentando, decanta le frazioni fini prima di raggiungere i bacini e le core areas ecologiche, proteggendole dall'interrimento. Il sedimento così concentrato — il limo fertile che l'etimologia stessa del Crostolo definisce crusta (§25) — viene periodicamente prelevato secondo un programma pianificato e, previa verifica di qualità chimica, restituito ai suoli agricoli come ammendante organico. La manutenzione dell'invaso cessa così di essere un costo netto per convertirsi in un servizio a beneficio della fertilità agraria, chiudendo un ciclo di materia che il sistema rigido spezzava e disperdeva.

La gestione adattiva presuppone un apparato di monitoraggio che ne alimenti il ciclo di retroazione, articolato su tre dimensioni. Il monitoraggio idraulico verifica la prestazione dei dispositivi — volumi effettivamente invasati, attenuazione dei colmi, livelli freatici — avvalendosi delle reti piezometriche esistenti (FaldaNet del Consorzio CER) e di sensori di livello ai nodi critici [16, 21]. Il monitoraggio ecologico misura l'evoluzione della qualità biologica attraverso gli indici biotici già impiegati nel quadro diagnostico (macrobenthos, indice MacrOper, fauna ittica), i censimenti floristici e il rilievo dell'avifauna, valutando il conseguimento del "buon potenziale ecologico" richiesto dalla Direttiva [2000/60/CE][22, 23] . Il monitoraggio delle criticità sorveglia lo stato delle sponde, l'avanzamento delle invasive e i fenomeni di erosione e interrimento.
A tale apparato conoscitivo si associa una gestione anticipatoria dei manufatti: l'inte-

grazione dei dati di nowcasting meteo-idrologico di ARPAE consente di predisporre in via preventiva l'assetto dei dispositivi in vista degli eventi attesi, superando la logica reattiva della manovra d'emergenza[16, 21]. I valori-soglia definiti per ciascun indicatore attivano una risposta gestionale graduata, e — aspetto qualificante del modello adattivo — l'esito degli interventi rifluisce nella revisione delle stesse prescrizioni, configurando il sistema come un dispositivo che apprende dalla propria esperienza. Nell'ambito del Contratto di Fiume, infine, il monitoraggio può assumere una dimensione partecipata, coinvolgendo gli attori locali in attività di citizen science che ne rafforzano il radicamento territoriale.

Governance e sostenibilità economica

L'efficacia gestionale del sistema dipende dalla chiara ripartizione delle responsabilità tra i soggetti competenti, che il Contratto di Fiume del Crostolo ha il compito di coordinare entro un quadro unitario (§6.1). Alla scala dell'asta principale, la manutenzione delle arginature maestre e dell'alveo del Crostolo permane in capo all'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po e ad AIPO; il reticolo secondario, i manufatti di regolazione e gli impianti di sollevamento restano di competenza del Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale; i parchi anfibi periurbani e lo spazio pubblico afferiscono alle amministrazioni comunali; la gestione ordinaria dei prati stabili, delle fasce tampone e degli elementi vegetali diffusi spetta ai conduttori agricoli, remunerata attraverso gli impegni sottoscritti [10], [30].

È proprio su questo ultimo punto che si fonda la sostenibilità economica dell'intero apparato gestionale. Gli oneri ricorrenti della gestione vegetazionale trovano copertura diretta negli interventi agro-climatico-ambientali del CSR FEASR 2023_2027 — in particolare la misura SRA08-ACA8 — che trasformano la manutenzione ecologica da costo a impegno remunerato, mentre la servitù idraulica temporanea è compensata da schemi di pagamento per i servizi ecosistemici [26], [28] . Ne discende l'argomento economico decisivo: la gestione adattiva e distribuita, pur richiedendo un impegno costante e diffuso, sostituisce alla spesa in conto capitale crescente e concentrata dello scenario inerziale — dragaggi, ringrossi, ricostruzioni post-evento — un onere corrente contenuto, in parte a carico dei fondi agro-ambientali anziché dei bilanci per le opere pubbliche. Su un orizzonte pluri-decennale, il modello resiliente non è soltanto più sicuro ed ecologicamente più ricco, ma strutturalmente più economico del modello che intende sostituire. La manutenzione, in questa prospettiva, cessa di essere l'epilogo gravoso del progetto per divenirne la condizione stessa di possibilità: un sistema vivo che esiste solo in quanto gestito, ma gestito con leggerezza, intelligenza e responsabilità condivisa.

→ CONCLUSIONI

Ripercorrendo l'intero arco di questo lavoro emerge il ribaltamento che ne costituisce il senso di fondo: la conversione del rischio idraulico da minaccia da respingere a risorsa da governare. Non si tratta di una formula retorica, ma dell'esito di un metodo che ha assunto l'acqua come principio strutturante del paesaggio e come matrice generatrice del progetto.

Dal rischio alla risorsa: la sintesi di un ribaltamento

Il percorso di ricerca ha preso avvio da un atto di lettura: il riconoscimento del territorio reggiano compreso tra il Crostolo e il cavo Cava come palinsesto idro-paesaggistico, in cui l'acqua costituisce il principio strutturante della forma, dei processi e dell'identità dei luoghi. Da questa premessa, l'analisi ha progressivamente svelato il paradosso su cui si regge la pianura contemporanea: un equilibrio idraulico di straordinaria sofisticazione — ereditato da secoli di bonifica e fondato sulla separazione rigorosa tra acque alte e acque basse — divenuto tuttavia intrinsecamente fragile nel momento in cui il regime climatico che ne aveva giustificato la concezione è irrimediabilmente mutato. La diagnosi ha individuato con precisione il meccanismo di questa fragilità, dimostrando come la crisi non nasca tanto dall'entità delle portate meteoriche locali, quanto dalla condizione di pensilità e di interclusione idraulica che, negli eventi estremi, priva le acque basse di ogni recapito gravitazionale e conduce il sistema al collasso per sormonto e rotta — come tragicamente attestato dagli eventi dell'ottobre 2024.
A fronte di questa lettura, la proposta progettuale ha operato un ribaltamento concettuale che costituisce il nucleo stesso della tesi: l'acqua cessa di essere assunta come minaccia da respingere attraverso l'irrigidimento difensivo, per divenire la matrice generatrice del progetto di paesaggio. In questo rovesciamento risiede il significato del titolo di questo lavoro. Il rischio idraulico, governato anziché combattuto, si converte in una molteplicità di risorse: risorsa ecologica, attraverso la ricostituzione della rete di habitat e la rigenerazione dello stato dei corpi idrici; risorsa produttiva, mediante la tutela del sistema dei prati stabili polifiti e della filiera d'eccellenza del Parmigiano Reggiano D.O.P. che ne dipende; risorsa idrica, grazie allo stoccaggio diffuso che restituisce autonomia ai periodi di siccità; risorsa culturale e collettiva, attraverso la riappropriazione della memoria idraulica del territorio e la restituzione di spazi pubblici accessibili. È questa simultaneità di funzioni — idraulica, ecologica, agronomica e sociale — a definire la natura autenticamente multifunzionale dell'infrastruttura verde e blu proposta.

Il contributo di questo lavoro non risiede primariamente nella definizione di un assetto formale compiuto, bensì nella costruzione di una logica progettuale coerente e verificabile, capace di legare la diagnosi alla proposta senza soluzione di continuità. Tale logica si articola nella scomposizione del rischio in termini distinti, a ciascuno dei quali corrisponde un dispositivo specifico: il sistema diffuso della matrice agraria — prati stabili, rete capillare, scoline riconfigurate — agisce sulla produzione locale di deflusso attraverso la detenzione e la modulazione della risposta idrologica; gli arretramenti arginali e la geometria dell'alveo a due stadi intervengono sulla quota idrometrica dell'asta principale, riducendo a cascata l'interclusione ai nodi di confluenza; il sistema concentrato dell'invaso off-line, agganciato al cavo Cava, assorbe le acque basse proprio nella finestra temporale in cui lo sgrondo a gravità è precluso. La complementarità tra sistema distribuito e opere concentrate configura una difesa articolata, in cui nessun dispositivo pretende di risolvere da solo l'intero problema.
Da questa architettura discendono due qualità che ne costituiscono la solidità argomentativa. La prima è la continuità con la storia del territorio: il progetto non impone un ordine estraneo, ma recupera funzioni idrologiche documentate e perdute — la rete scolante capillare cancellata dal riordino fondiario, la sequenza ecologica dosso-ecotono-backswamp, i segni della centuriazione e dei paleoalvei — riconoscendo nelle persistenze storiche non reperti inerti, ma strutture ancora attive e materiale progettuale vivo. La seconda è la natura graduale e ridondante del sistema distribuito: a differenza dell'argine, dispositivo binario che o resiste o crolla catastroficamente, un'infrastruttura diffusa degrada in modo proporzionale, offre beneficio anche in condizioni di adozione parziale e non colpisce l'intero territorio con un unico modo di guasto. È questa resilienza strutturale, unita all'ancoraggio della sostenibilità economica agli strumenti della programmazione agro-ambientale e alla governance negoziata del Contratto di Fiume, a rendere la proposta non un auspicio, ma una strategia operativamente percorribile.

L'onestà metodologica impone di riconoscere con chiarezza i confini entro cui questo lavoro si colloca. La ricerca si sviluppa alla scala della strategia territoriale e del masterplan, e non a quella della progettazione esecutiva: i dimensionamenti proposti — i volumi di laminazione diffusa, la capacità dell'invaso concentrato, la geometria dei manufatti — hanno valore di pre-dimensionamento di fattibilità, e richiederebbero, per la loro validazione definitiva, l'implementazione di una modellazione idraulica bidimensionale accoppiata afflussi-deflussi, calibrata sugli eventi storici documentati. Analogamente, l'analisi idrologica sconta i limiti della base dati disponibile, in particolare la dipendenza da una copertura pluviometrica non capillare e la necessità di distinguere con rigore la scala del bacino montano da quella del corridoio di pianura. Sul piano attuativo, infine, l'efficacia dell'intera proposta è condizionata dall'adesione volontaria degli attori privati e dalla concreta attivazione degli strumenti di governance e di remunerazione, la cui disciplina di dettaglio — dai tassi degli impegni agro-climatico-ambientali alla formalizzazione del Contratto di Fiume — resta da consolidare

Un modello trasferibile per la Pianura Padana

si esaurisce nel proprio ambito. La condizione reggiana — la separazione tra acque alte e acque basse, il reticolo pensile, la dipendenza dal sollevamento meccanico, la pressione climatica su una matrice agricola specializzata e identitaria — non è un'anomalia locale, ma la declinazione paradigmatica di una fragilità che accomuna l'intera Pianura Padana, ambito riconosciuto come "caso speciale" dalla stessa Strategia Nazionale di Adattamento Climatico per la sua vulnerabilità al ciclo dell'acqua. Il valore trasferibile del progetto non risiede pertanto nella soluzione formale, necessariamente radicata nel proprio contesto, bensì nel metodo che la genera: assumere il rischio idraulico come matrice generatrice anziché come minaccia; riconoscere nelle stratificazioni storiche l'armatura del progetto anziché un vincolo da rimuovere; convertire l'infrastruttura di bonifica da apparato monofunzionale a sistema multifunzionale verde e blu; e ancorare la fattibilità dell'intervento alla governance negoziata e agli strumenti della programmazione rurale. È questa logica adattiva, replicabile e sensibile all'identità dei luoghi, a costituire il contributo che la ricerca offre ad altri territori della pianura.

In questa prospettiva conclusiva, il progetto si offre come un nuovo capitolo nel dialogo millenario che questo territorio intrattiene con la propria acqua. Dalla centuriazione romana alla macchina idraulica rinascimentale, dalla rivoluzione delle idrovore novecentesche alla crisi climatica presente, ogni epoca ha riscritto il proprio patto con il fiume. La proposta qui delineata non pretende di chiudere quella storia, ma di inaugurarne una fase consapevole della propria fallibilità: non più la guerra di trincea contro le acque che aveva condannato la bonifica a una manutenzione perpetua e crescente, bensì un'alleanza programmata con le loro dinamiche. Restituire alla pianura la capacità di accogliere l'acqua, invece di limitarsi a respingerla, significa infine riconoscere che la sicurezza di questi territori non si costruisce contro il paesaggio, ma attraverso la sua rigenerazione.

09 CONCLUSIONI

→ BIBLIOGRAFIA

- [1] Wu, W., et al. (2025). "Beyond the traditional paradigm of water resources management: scenario thinking to address deep uncertainty." Journal of Hydrology.
- [2] “Analisi dei dati storici e proiezioni al 2100”, Servizio Ambiente del Comune di Reggio Emilia in collaborazione con la struttura IdroMeteoClima di ARPAE
- [3] Provincia di Reggio Emilia (2010/2022). Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) - Quadro Conoscitivo Diagnostico.
- [4] Yu, K. (2025), "Sponge Planet: Nature-based Infrastructure for Climate Adaptation Beyond Concrete".
- [5] Comune di Reggio Emilia, PUG - "Strategia per la qualità urbana ed ecologico-ambientale".
- [6] Visentin, F. (2014). Canali artificiali, territorialità idraulica e paesaggio. Tesi di Dottorato, Università degli Studi di Padova.
- [7] Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po (2021). Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) — Secondo Ciclo: Mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni.
- [8] Autorità di Bacino del Fiume Po (2001). Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) — Linee generali di assetto idrogeologico e quadro degli interventi nel bacino del Crostolo.
- [9] MDPI Sustainability (2018). The Impact of Late Holocene Flood Management on the Central Po Plain (Northern Italy).
- [10] Comune di Reggio Emilia (2009). Quadro Conoscitivo del PSC — Volume AS-1: Indagine conoscitiva sul sistema delle acque superficiali.
- [11] Regione Emilia-Romagna (2019). Deliberazione della Giunta Regionale n. 1919/2019: Linee guida per la gestione dei boschi ripariali e della vegetazione di sponda.
- [12] Gabbi B. (2005). La bonifica Bentivoglio-Enza. Antologia documentaria sulle acque. Diabasis.
- [13] Terre di Po e dei Gonzaga (2026). L'Infrastruttura Idraulica della Bassa Reggiana: L'Impianto Idrovoro del Torrione e la Botte Bentivoglio. Portale istituzionale di coordinamento culturale e territoriale dei Comuni della Bassa Reggiana.
- [14] Università di Parma (2015). Il patrimonio della bonifica: storia, architettura e ingegneria delle idrovore e dei canali della pianura padana. Archivio istituzionale di ricerca scientifica.
- [15] Comune di Reggio Emilia (2021). Piano Urbanistico Generale (PUG) — Album degli Ambiti: Il Sistema del territorio agricolo e i prati stabili polifiti.
- [16] Arpae Emilia-Romagna (2024). Verso il nuovo PAIR 2030 — Quadro Conoscitivo Diagnostico: Analisi climatica regionale e trend storici. Relazione tecnica della Struttura IdroMeteoClima.
- [17] Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po (2024). Piano Speciale Preliminare per la gestione delle crisi idrologiche e la valutazione delle vulnerabilità dei distretti irrigui padani. Relazione di Sintesi
- [18] Comune di Reggio Emilia (2021). Piano Urbanistico Generale (PUG) — Quadro Conoscitivo: Diagnostica delle vulnerabilità territoriali, consumo di suolo e monitoraggio delle superfici impermeabilizzate.
- [19] Soana, E., et al. (2023). The capillary network of artificial canals in the Po River lowland: morphological evolution, ecological functions, and climate vulnerability under intensive agricultural management. Science of the Total Environment.
- [20] Prefettura di Reggio Emilia (2022). Approvazione del Piano di Emergenza Dighe (PED) della cassa di espansione del fiume Crostolo — Allegato D-L 15.
- [21] Arpae Emilia-Romagna (2024). Rapporto speditivo sugli eventi meteo-idrologici intensi dal 17 al 20 ottobre 2024 nel bacino del Crostolo ed Enza. Struttura Idro-Meteo-Clima.
- [22] Parlamento Europeo e Consiglio (2000). Direttiva 2000/60/CE dell'istituzione di un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque. Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee L 327.
- [23] Arpae Emilia-Romagna (2022). Monitoraggio delle acque superficiali interne della regione Emilia-Romagna — Report Bollettino Acque Fluviali 2020_2022.
- [24] Regione Emilia-Romagna (2016). Linee guida per la riqualificazione ambientale dei canali di bonifica in Emilia-Romagna — Progetto LIFE RINASCE (LIFE13 ENV/IT/000169).
- [25] Regione Emilia-Romagna, Assemblea Legislativa. Complemento di programmazione per lo sviluppo rurale del Programma strategico della PAC 2023_2027 della Regione Emilia-Romagna, Deliberazione n. 99 del 28 settembre 2022.
- [26] Regione Emilia-Romagna, Giunta Regionale. Delibera di Giunta regionale n. 2375 del 27 dicembre 2022: approvazione bandi SRA01, SRA03, SRA04, SRA07, SRA08, SRA13 [Allegato 6 – SRA08-ACA8, Gestione prati e pascoli permanenti].
- [27] Ministero dell'Agricoltura, della Sovranità Alimentare e delle Foreste (MASAF). Piano Strategico della PAC 2023_2027 (PSP) – Allegato 1, Interventi agro-climatico-ambientali, Decreto ministeriale n. 0341205 del 29 luglio 2024.
- [28] Rete Rurale Nazionale. SRA08 – ACA8 – Gestione prati e pascoli permanenti: confronto regionale degli importi e delle azioni attivate
- [29] Regione Emilia-Romagna / MASAF (2023). Linee guida tecniche ed agronomiche per la progettazione e l'insediamento di boschetti e siepi aziendali non produttive con finalità ambientale - Fondi CSR 2023_2027. Relazione tecnica
- [30] Repubblica Italiana. D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale", art. 68-bis (Contratti di fiume), introdotto dall'art. 59 della Legge 28 dicembre 2015, n. 221.
- [31] Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare / ISPRA — Tavolo Nazionale dei Contratti di Fiume (2015). Definizioni e requisiti qualitativi di base dei Contratti di Fiume.