



DIBATTITO PUBBLICO
La prevenzione del dissesto
idrogeologico nelle aree
urbane

Vincenzo Francani
4 giugno 2025

PREMESSA Attualmente la ricerca sulla difesa dal dissesto ambientale utilizza i dati idrici di tutto il territorio a livello **di bacino**, e tiene conto di tutti gli aspetti della progettazione urbana, Questa tecnica, detta anche WSUD (**Water Sensitive Urban Design**) i considera l'intero ciclo idrico urbano, la gestione e distribuzione nel sottosuolo delle acque piovane, sotterranee e reflue. Vi concorrono tutte le discipline ambientali, compresa l'idrogeologia . WSUD richiede:

- 1.raccolta dati su concentrazione inquinanti e stato idrochimico delle acque sotterranee e superficiali, loro temperature , rilevamento falde sospese e sorgenti, prelievi di acque sotterranee e superficiali, variazioni morfologiche dei corsi d'acqua , stato delle ripe perdite e variazioni di portata rete irrigua e canali.
- 2 **messa in sicurezza da esondazioni con vasche di laminazione** (es. quelle del Seveso) , e progetti mirati alla creazione di bacini (laghi artificiali) in cui si agevola l'infiltrazione,
- 3.Mediante calcolo e valutazioni anche con **modelli dedicati**, identificazione delle aree con necessità di intervento primario, loro classificazione in base all'urgenza, valutazione degli interventi e proposta di piano di recupero/protezione da calamità,
4. Interventi capillari per **ridurre l'ostruzione delle fognature come la deasfaltatura** , incentivazione della copertura vegetale dei tetti delle abitazioni (**tetti verdi**), e nell' impiego di sistemi di drenaggio (RAIN GARDEN) per le aree più vulnerabili al sollevamento della falda e al rigurgito delle fognature .
- 5.Indicazioni per la **revisione delle modalità costruttive**, di fondamentale interesse in un'area ormai quasi totalmente impermeabilizzata come il bacino del **Seveso**

Indice della presentazione

1. **Cause antropiche dei dissesti nelle aree urbanizzate:**

rete viaria
edilizia
gallerie e scavi profondi

2. Le **conseguenze del cambiamento climatico:**

variazioni nella temperatura
cambiamento del regime delle piogge

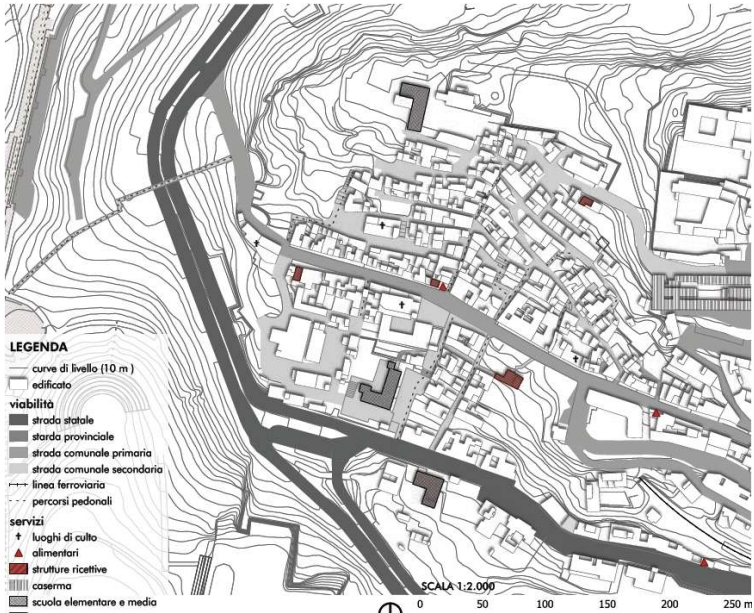
3. **Esempi dei dissesti dovuti al nuovo regime climatico:**

Alluvioni cittadine
Frane di edifici

4. La pianificazione degli interventi



Le strade costituiscono veri e propri canali che raccolgono le acque di pioggia e quelle provenienti dai versanti (nella figura quelle dell'alluvione dell'Emilia Romagna del 2024) e le convogliano a valle



Nel caso di Agrigento del 1966 le vie di circonvallazione raccolsero le acque della città antica che sorge sulla cresta del colle, e la riversarono verso una zona franosa attivando un grave dissesto

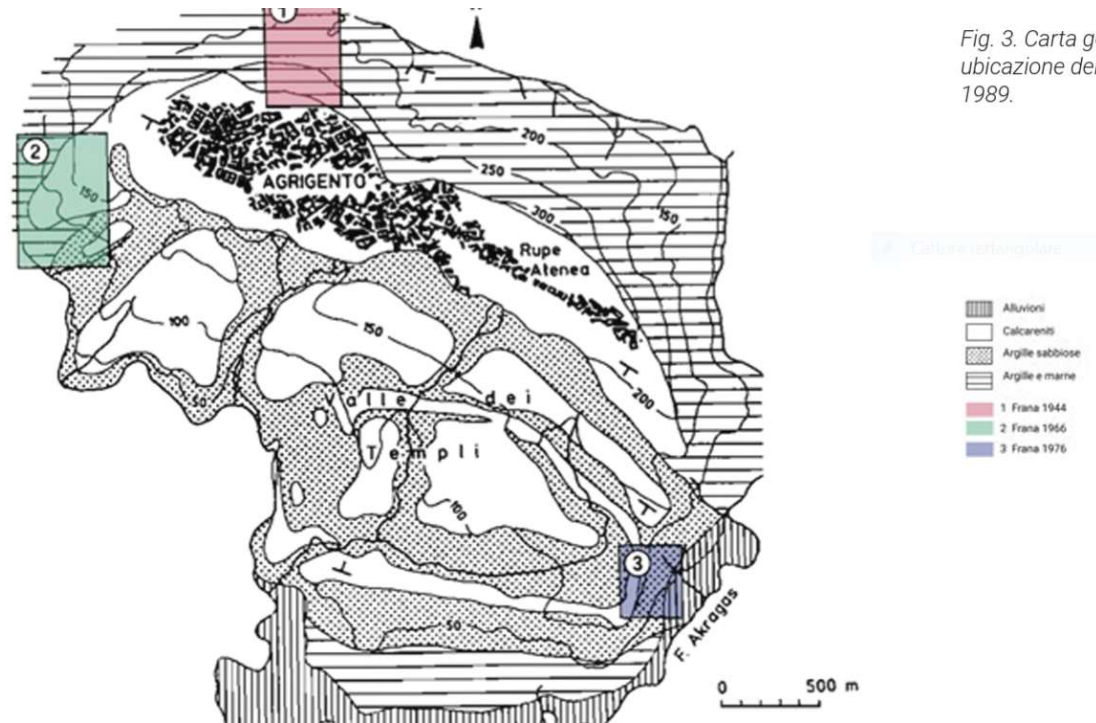
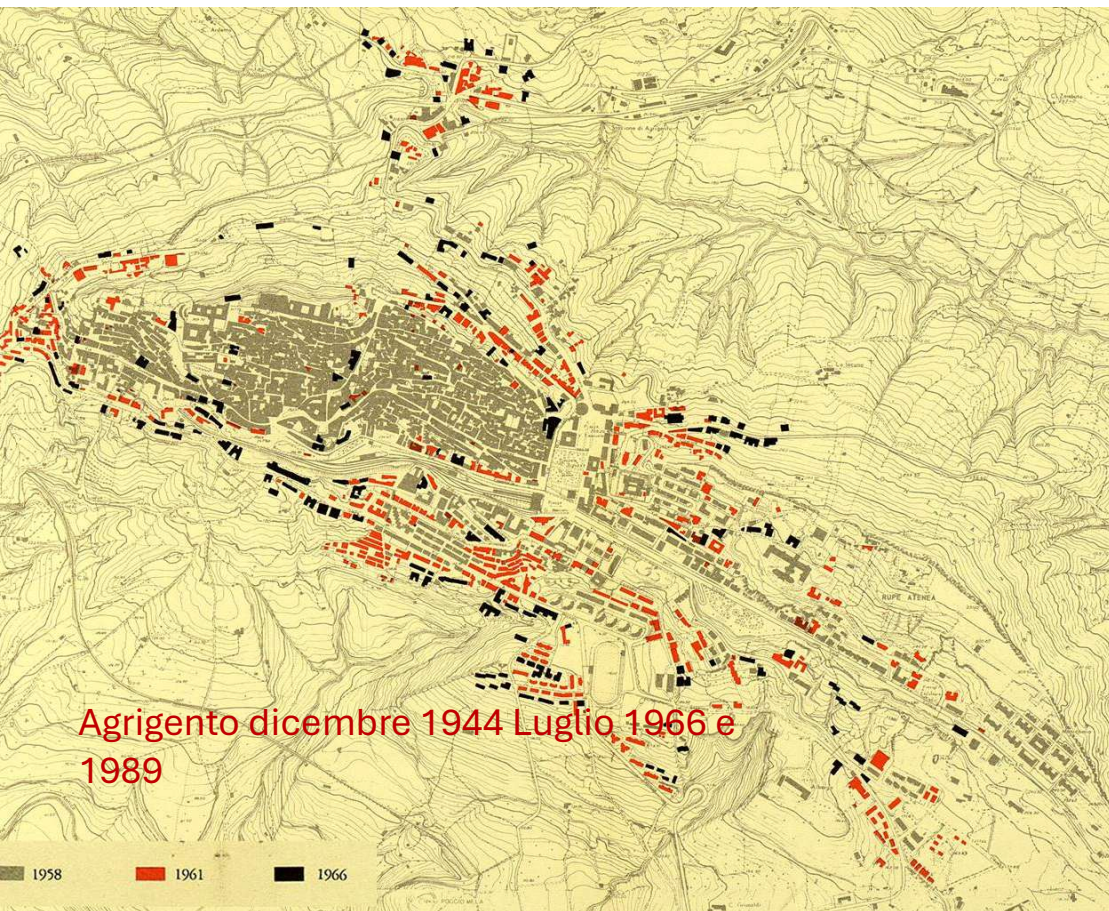
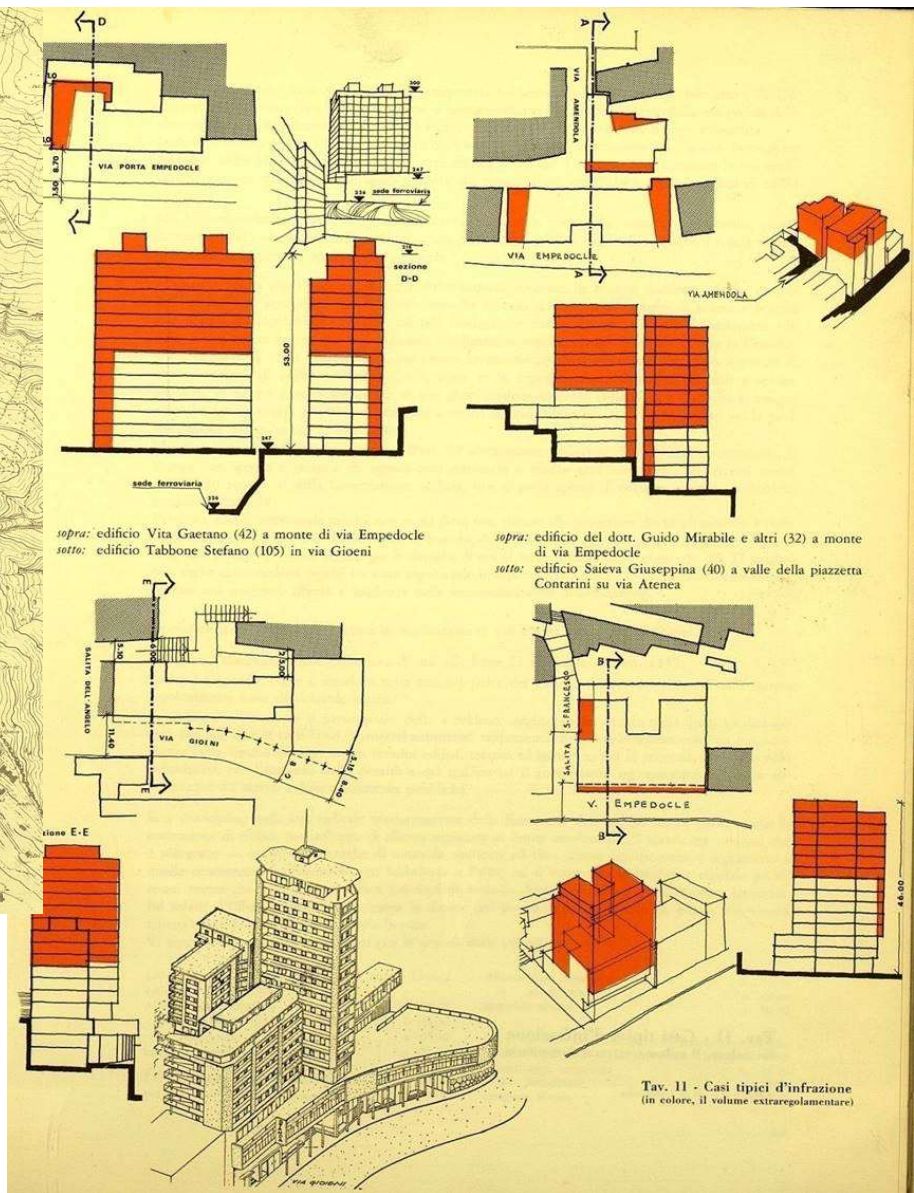


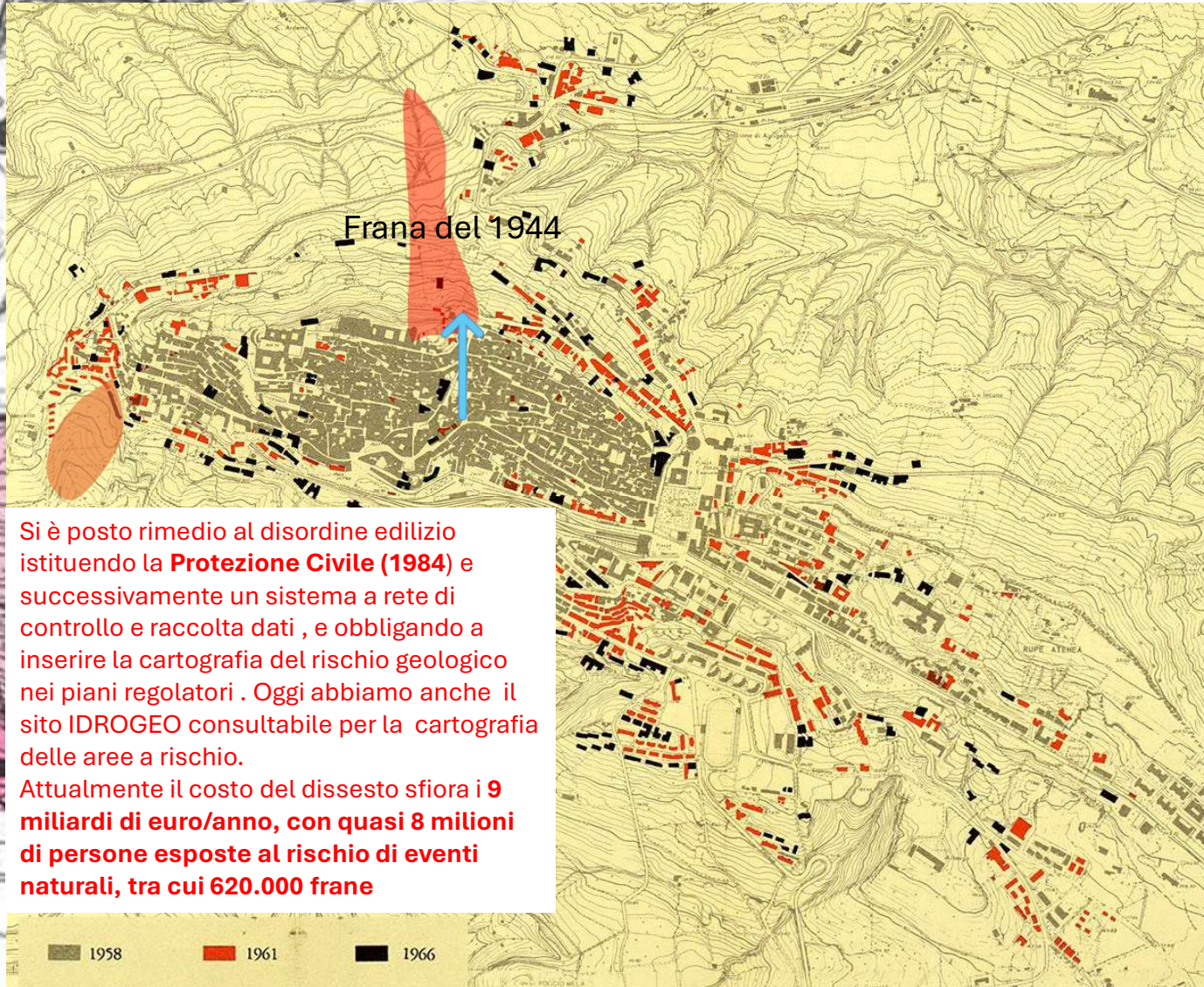
Fig. 3. Carta geologica delle fra 1989.



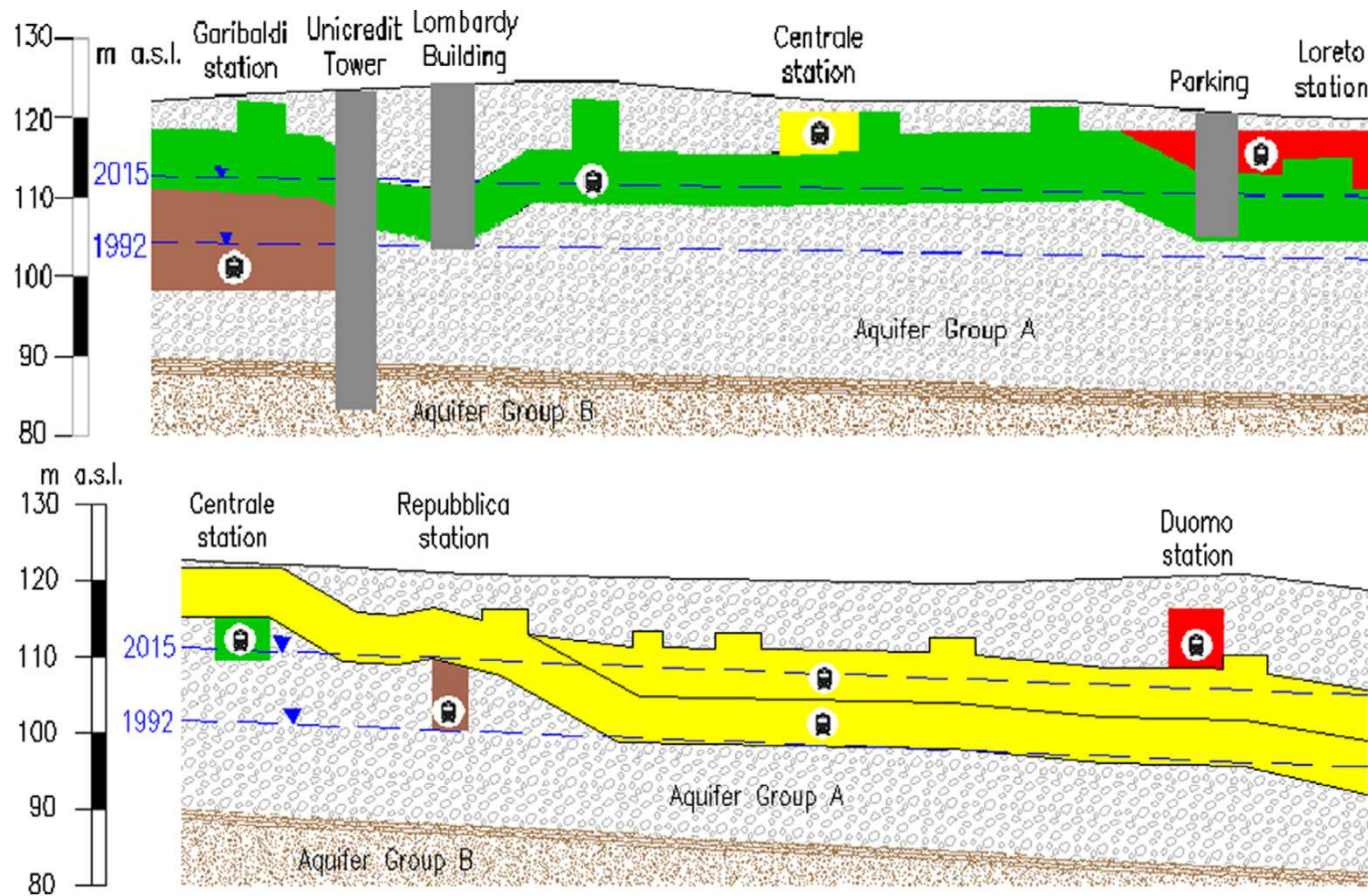
Agrigento dicembre 1944 Luglio 1966 e 1989

Si è rilevato, oltre all'indebita estensione delle aree abitative, il sovradimensionamento degli edifici oltre la capacità portante dei terreni



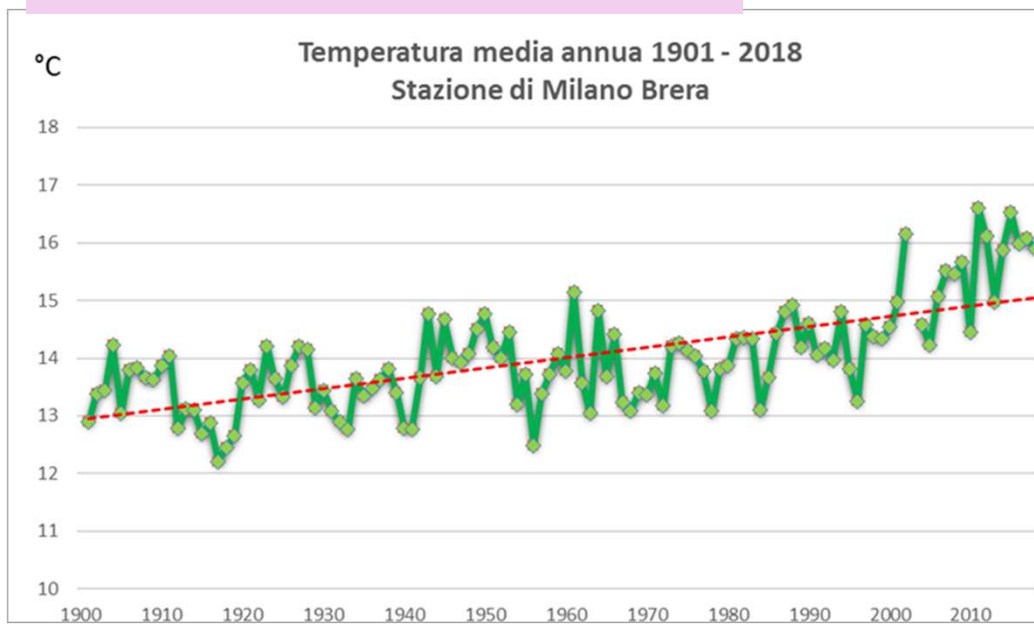


Si è posto rimedio al disordine edilizio istituendo la **Protezione Civile (1984)** e successivamente un sistema a rete di controllo e raccolta dati, e obbligando a inserire la cartografia del rischio geologico nei piani regolatori. Oggi abbiamo anche il sito IDROGEO consultabile per la cartografia delle aree a rischio. Attualmente il costo del dissesto sfiora i **9 miliardi di euro/anno, con quasi 8 milioni di persone esposte al rischio di eventi naturali, tra cui 620.000 frane**

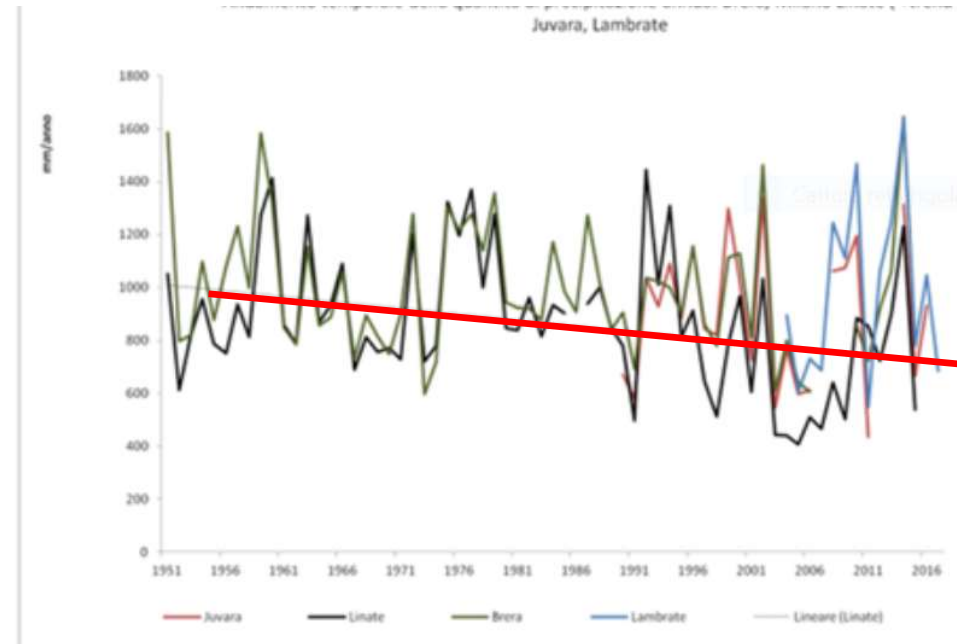


Nelle città i problemi di stabilità per gli edifici sono creati anche dagli scavi in sotterraneo, ad esempio con le gallerie della metropolitana, con le quali la falda interferisce (Marelli, Gattinoni e Scesi, 2016) anche perché è in via di sollevamento a Milano

Cambiamento climatico



Aumento in cento anni di 2 gradi della temperatura media annua



Andamento delle piogge in alcuni quartieri di Milano 1991-2014 . Punta nel 2024 totale annuo **1540mm**

Riduzione del 20% delle **medie** (da 1000 a 800 mm/anno)
Aumento dei massimi decennali
Aumento della frequenza e intensità delle variazioni
Aumento della lunghezza dei periodi sotto gli 800 mm anno

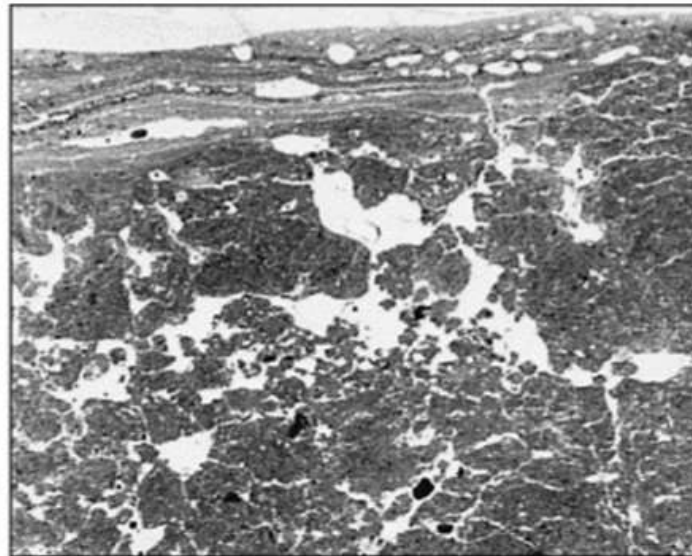
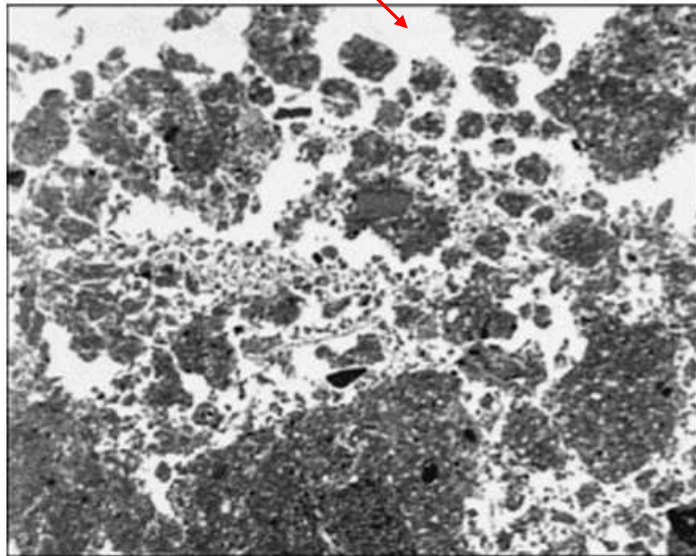


Nel video vediamo il tempo necessario a una tazza d'acqua per penetrare nel terreno in diverse condizioni di umidità. In un prato umido impiega 9 secondi mentre, in un terreno arido, 15 minuti.

La siccità produce la compattazione del terreno. Le particelle del suolo si avvicinano tra loro per la riduzione dell'umidità, e di conseguenza l'acqua di pioggia fatica a entrare nel suolo scorrendo preferenzialmente in superficie.

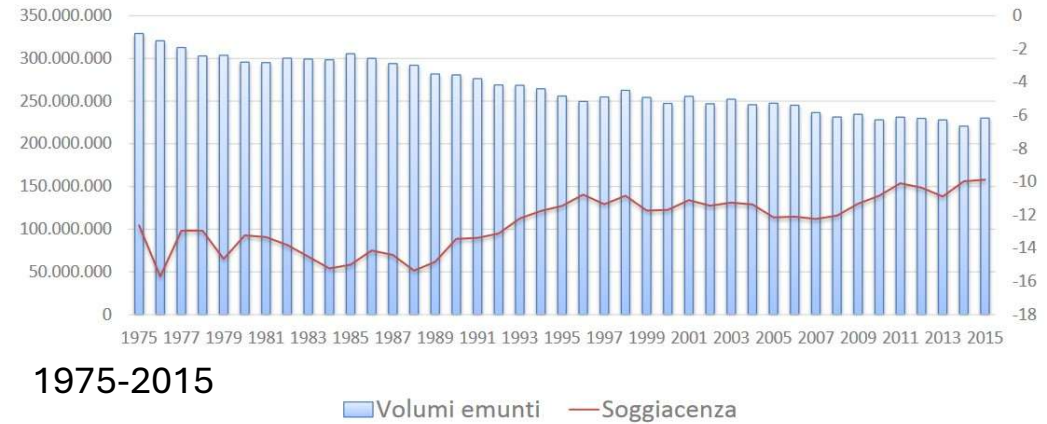
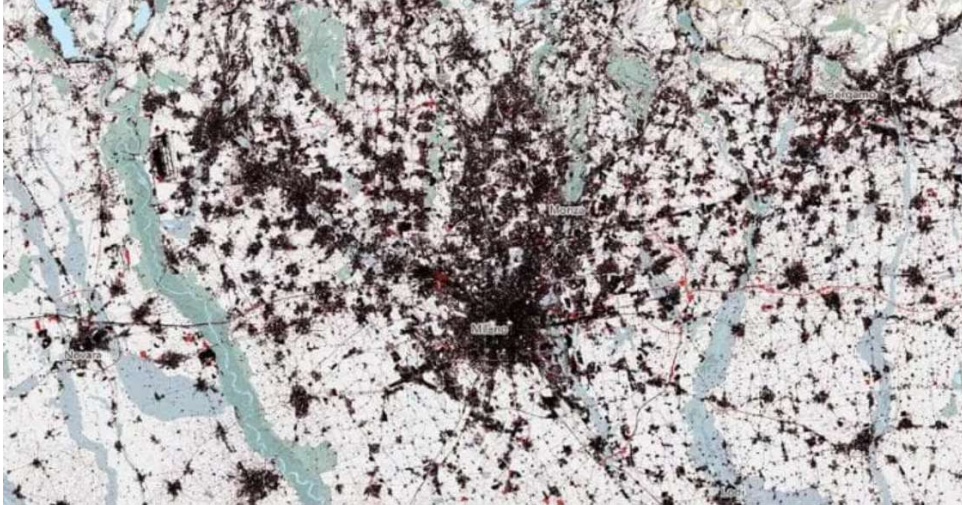
Le microfotografie dello stesso straterello di terreno superficiale mostrano l'evoluzione della permeabilità che da molto elevata, con grandi macropori (in bianco) tenuti aperti dall'acqua, dopo un periodo di siccità, si riducono di dimensioni per il venir meno della pressione dell'acqua. La permeabilità così diminuisce molto

MACROPORI > 10
micron

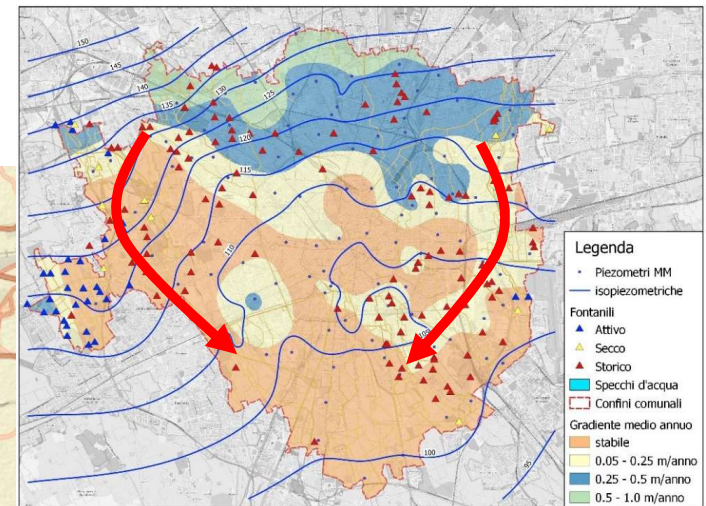
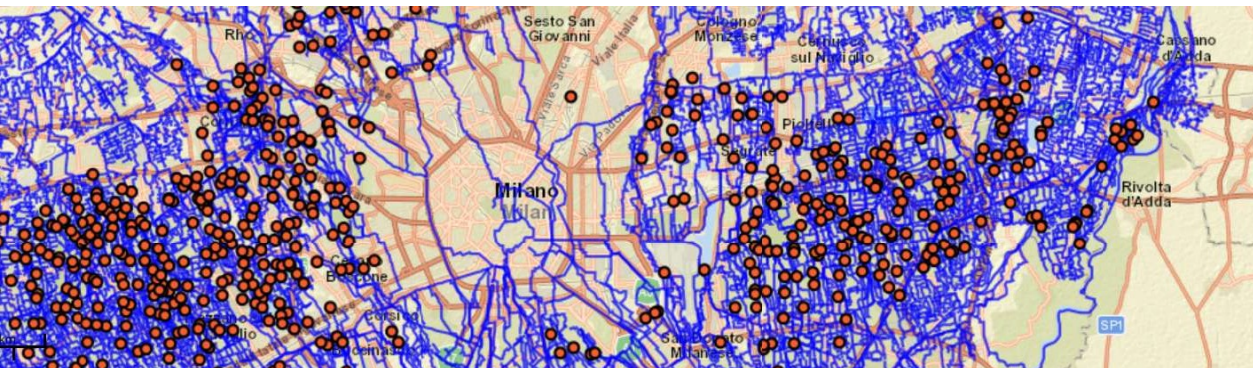


Strato superficiale (0-10 cm) di suolo arato

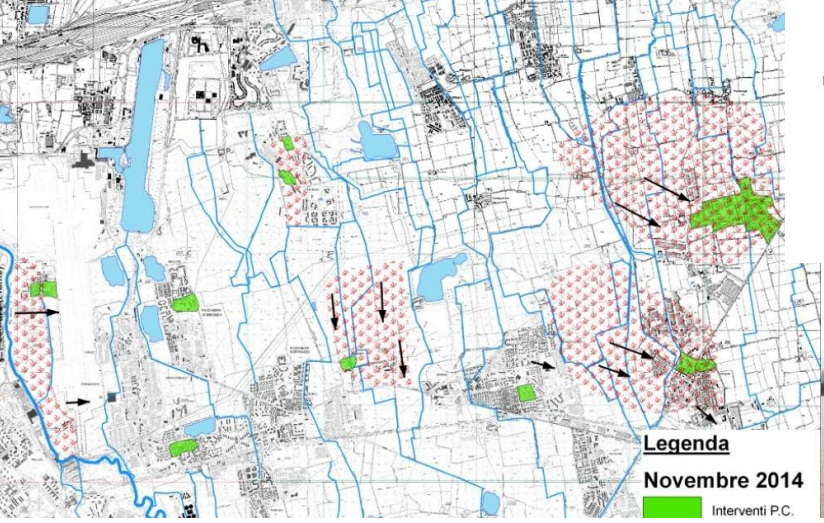
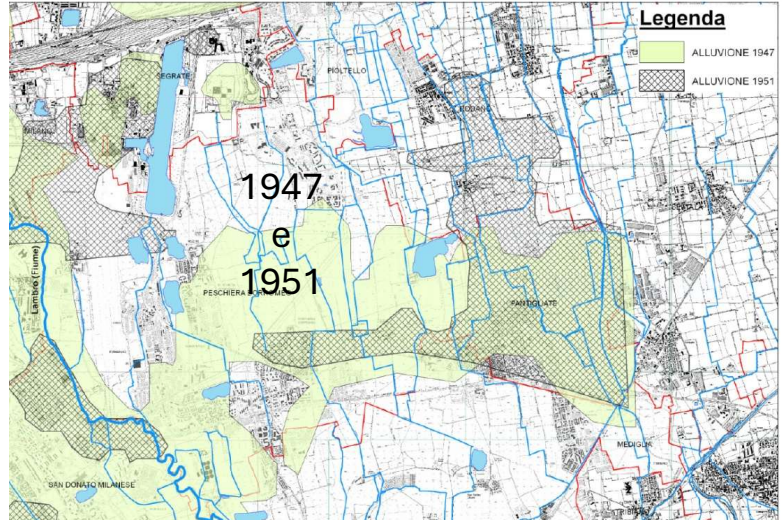
L'impermeabilizzazione dei terreni a N di Milano e gli scarichi urbani provocano la risalita dei livelli di falda in città, anche perché **i pozzi richiamano afflussi da una vasta zona in sollevamento**



di F. MARELLI & S. SCESI (2016). "L'acqua di Milano: falde e interferenza con le infrastrutture". 22 marzo 2016. Politecnico di Milano.



Carta delle aree allagate negli eventi alluvionali del **1947 in verde** e del **1951 puntinato** (fonte: Regione Lombardia modificata). In basso la carta delle esondazioni del **2014** nelle stesse aree



Si è analizzato il fenomeno, producendo (Protezione Civile) una carta del rischio di allagamento che tiene conto della falda

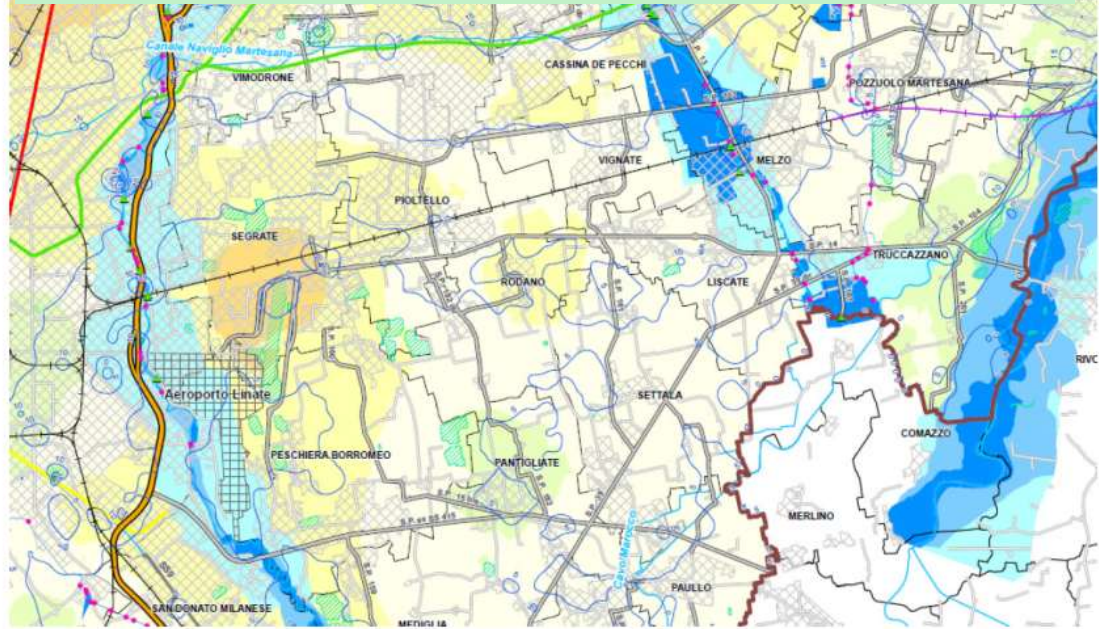


Figura 9 – Stralcio della carta della pericolosità idraulica e idrogeologica (Programma provinciale di previsione e prevenzione dei rischi –Settore Protezione Civile e C...



I diversi approcci al riequilibrio idrogeologico

Approccio **naturalistico**:

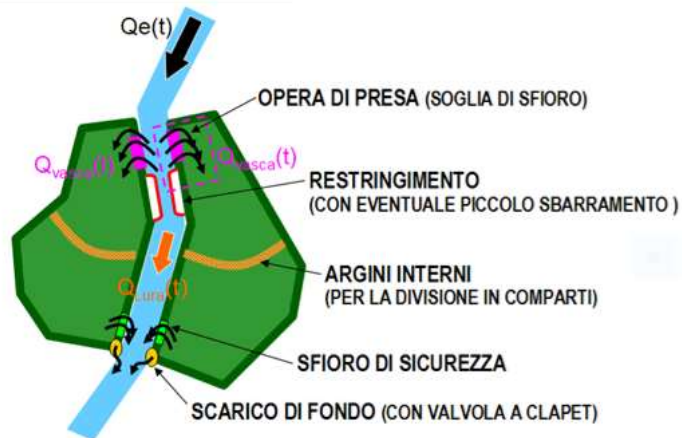
Argini non alti né rettilinei, niente scavi in alveo e sponda, nuovi canali per la deviazione controllata dei flussi, creazione di aree in cui il fiume è libero di esondare, gestione della vegetazione che viene lasciata crescere lungo le sponde per rafforzare le ripe.

Approccio **tecnico – naturalistico** :

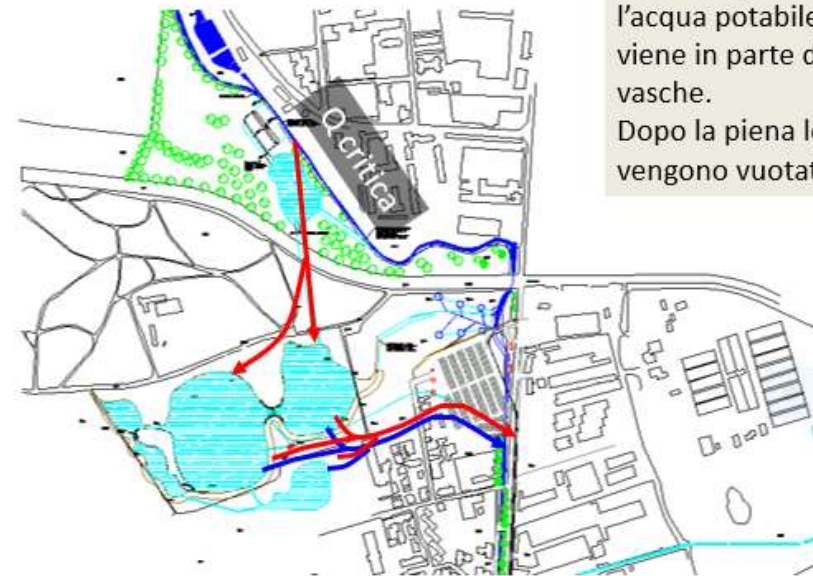
Correzioni della pendenza e della larghezza degli alvei, bacini di laminazione delle piene, canali con paratoie per la gestione dei flussi, eliminazione della vegetazione in alveo e nei punti sottoposti a erosione

La disponibilità di mezzi informatici molto sviluppati ha permesso di riunire i vantaggi delle tecniche consciute e di fonderli in modo armonico in modi da utilizzarli nel modo più conveniente (**approccio integrato o WSUD**)

Approccio **integrato** : A differenza degli altri metodi, la progettazione urbana integrata (**WSUD**) utilizza i dati idrici di tutto il territorio a livello di bacino, e tiene conto di tutti gli aspetti della pianificazione e della progettazione urbana. **WSUD(Water Sensitive Urban Design) quindi considera l'intero ciclo idrico urbano, compresa la gestione delle acque piovane, sotterranee e reflue, con l'obiettivo di ridurre al minimo il degrado ambientale e migliorare l'estetica urbana.** Si può così creare una città meglio attrezzata per gestire problemi come **l'eccedenza di acque sotterranee.** Ciò comporta che abbiano un ruolo primario gli interventi di messa in sicurezza dai dissesti più gravi , che consistono nell'attuazione di **vasche di laminazione (es. quelle del Seveso) , di progetti mirati a ridurre le aree paludose o con drenaggio insufficiente, alla creazione di bacini (laghi artificiali) in cui si agevola l'infiltrazione, e di difesa dalle frane .** **A questi si fanno seguire interventi capillari per ridurre l'ostruzione delle fognature come la deasfaltatura , l' incentivazione della copertura vegetale dei tetti delle abitazioni (tetti verdi), e nell' impiego di sistemi di drenaggio opportunamente progettati per le aree più vulnerabili al sollevamento della falda. Di seguito vediamo alcuni esempi di approccio integrato**



Applicazione dell'approccio integrato prima fase: opere di laminazione e contenimento delle piene a monte delle aree urbane in pianura



In caso di piena, si fa uscire l'acqua potabile e il torrente viene in parte deviato nelle vasche. Dopo la piena le vasche vengono vuotate e pulite



Figura 42 - Esempi di casse di espansione: sono quelle di Renai in provincia di Firenze, e quelle sul F. Secchia e sul F. Panaro in Emilia Romagna

Invaso fuori linea nel **progetto preliminare delle vasche del F. Seveso**

Cattura rettangola

Approccio integrato fase 1 :Sistemazione della rete idrica di superficie Area prealpina Bergamo è un esempio di città prealpina esposta al dissesto



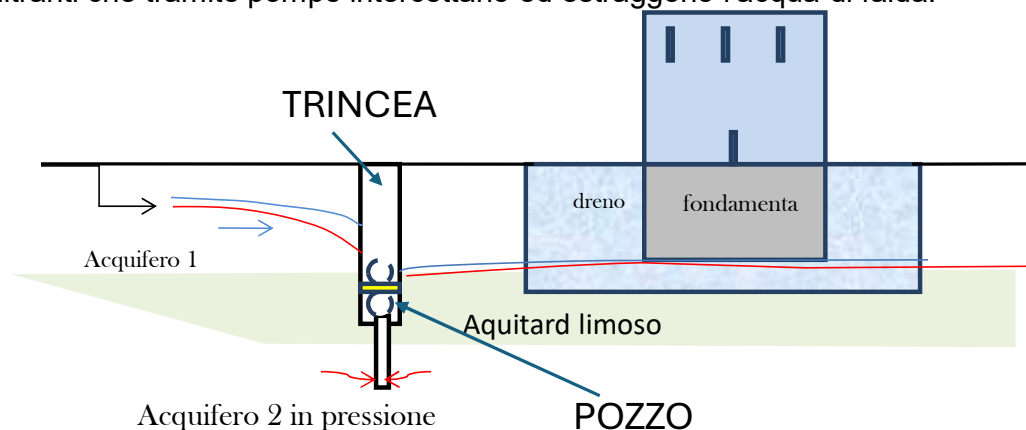
Una fitta rete di canaletti smaltisce le acque in eccesso quando tracimano dagli alvei principali : ma, per manutenzione difettosa, questa rete è ostruita da vegetazione e detriti e l'approccio integrato ne implica la sistemazione



Ai piedi dei colli si estende una vasta zona di antiche paludi .Il materiale franato dai colli (2016 e 2024) ostruisce gli alvei delle rogge che traboccano. Conseguo l'esondatazione (area in giallo). Il problema è comune con molta aree urbano (Genova per esempio)



Quando le fondamenta sono invase dalle acque di falda; il progettista ha posto un dreno di ghiaia e sabbia intorno alle fondamenta e circondato l'area con una trincea molto profonda, nella quale pone un sistema di tubazioni filtranti che tramite pompe intercettano ed estraggono l'acqua di falda.

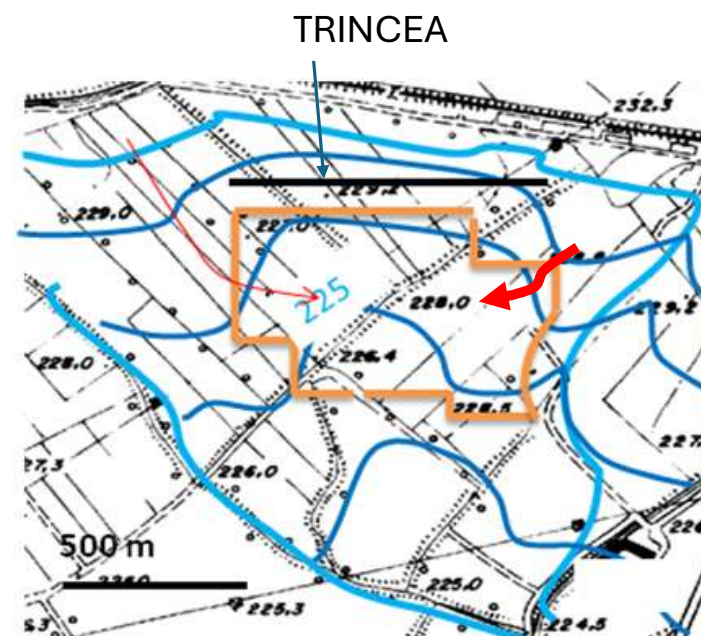


La **trincea drenante** può essere rinforzata con pozzi che drenano la falda profonda se questa si solleva eccessivamente

In altri punti del sistema paludoso ai piedi dei colli di Bergamo si sono riscontrati problemi derivanti dall'insufficiente capacità di smaltimento del sistema delle rogge, anch'essi risolti con interventi tecnici

Approccio integrato fase 1 Interventi locali per la messa in sicurezza

le linee isopiezometriche (in blu), mostrano che l'edificio posto al centro della cartina non è protetto dalla trincea (segmento nero) rettilineo, e che è necessario circondare completamente l'edificio con il dreno.



Approccio integrato seconda fase: tramite modelli matematici si valutano gli squilibri dei bilanci idrici in funzione dello sviluppo urbano e si propongono le soluzioni per evitarli

Dopo aver sistemato gli impianti per il controllo di piene e frane, nell'approccio integrato è possibile programmare gestire il rischio idrogeologico. Si procede raccogliendo dati tramite sensori, piezometri, punti di monitoraggio delle temperature, delle portate dei corsi d'acqua e degli impianti di drenaggio e smaltimento, per fornire un quadro in tempo reale dei livelli delle acque sotterranee, della qualità dell'acqua e delle prestazioni delle infrastrutture. Il monitoraggio continuo consente di adottare, tramite simulazione degli eventi in atto con modelli matematici, strategie di gestione adattative e l'individuazione precoce di potenziali problemi, e permette interventi tempestivi per prevenire o mitigare problemi come il surplus di acque sotterranee nel sud della città di Milano.

Quindi è possibile con queste tecniche valutare la consistenza delle riserve idriche e la loro origine e qualità e decidere provvedimenti che tengano conto di tutte le componenti del problema

Ad esempio uno studio del Politecnico (L.Alberti, P.Mazzon e al. (2024) stima il bilancio idrico del 2018 di Milano per gli acquiferi principali.

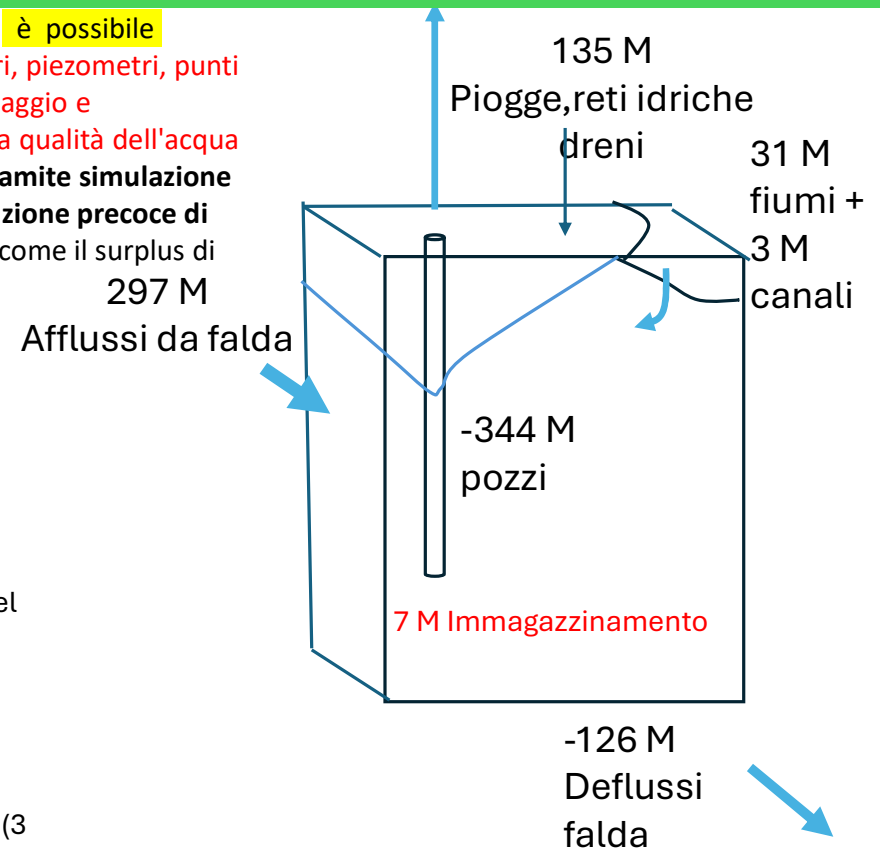
ingresso da monte pari a **circa 297** milioni di m^3 , corrispondente a circa **il 61%** del volume totale in ingresso durante l'anno.

ricarica verticale derivante da precipitazione, perdite dalle reti tecnologiche, con un contributo pari a **135 milioni** di m^3 (**28%** del volume di acqua in ingresso).

scambi fiume-falda 31 milioni di m^3 , 6% del totale perdite dirette da canali irrigui (3 milioni di m^3 , 1% del totale).

Uscita dagli acquiferi verso valle **126 milioni di m^3** , corrispondente **al 26%** del volume totale in uscita.

prelievo dei pozzi, **circa 344 milioni di m^3** (**71% del totale**).



Schema dell'acquifero milanese

Un provvedimento essenziale a livello provinciale e la necessità di un progetto che permetta di tenere sotto controllo il sollevamento dei livelli di falda



Rain garden lungo il bordo delle vie



Le simulazioni degli scenari di risalita della falda permettono di visualizzare dove porre sistemi di drenaggio idonei a tenerla a livelli non pericolosi, le portate da estrarre e le opere più idonee.

Tetti verdi



Conclusioni

L'approccio integrato, che comporta uno sviluppo urbano attento agli aspetti idrogeologici del territorio, è quello attualmente impiegato nelle grandi città per prevenire e controllare i dissesti idrogeologici e il cambiamento climatico.

Questo metodo, basato essenzialmente su una capillare e continua raccolta di dati, su una bibliografia tecnico scientifica aggiornata delle aree urbane ed altri elementi di studio, elaborati con modelli matematici, consente un aggiornamento dei piani di sviluppo urbano adeguandoli alle variazioni imposte dal clima e dalla natura idrogeologica del territorio.

Le attuali disponibilità consentono l'adozione di Piani Urbani Integrati, ad esempio il Progetto Spugna finanziato con 50 milioni di euro dal PNRR



Esempi di aree urbane in cui è in atto un'estesa sperimentazione :
WuHan (nella foto) Singapore Shanghai
Rotterdam
Melbourne Philadelphia Ginevra
In Italia **Milano, Modena , Torino** e altre

Questi piani devono essere estesi **a scala di bacino e devono comprendere interventi di messa in sicurezza (vasche di laminazione, soluzioni di drenaggio e consolidamento) per risolvere i problemi**

locali. Ad esempio per l'area milanese è necessario provvedere ad attenuare la convergenza di acque superficiali verso la zona di pianura. Per Milano sarà necessario intervenire per far fronte **all'eccesso di afflusso idrico dalle aree urbanizzate poste a monte.** Ad esempio si parla di riprendere in considerazione la revisione della rete irrigua, e ampliare e modificare la funzione di molti canali, fra i quali l'antico progetto mai portato a termine di un canale Milano.Cremona che avrebbe una rilevante funzione regolatrice dei livelli di falda.

