

# **GESTIONE AVANZATA DELLE ACQUE SOTTERRANEE**

**Prof. Ing. Maurizio Giugni**

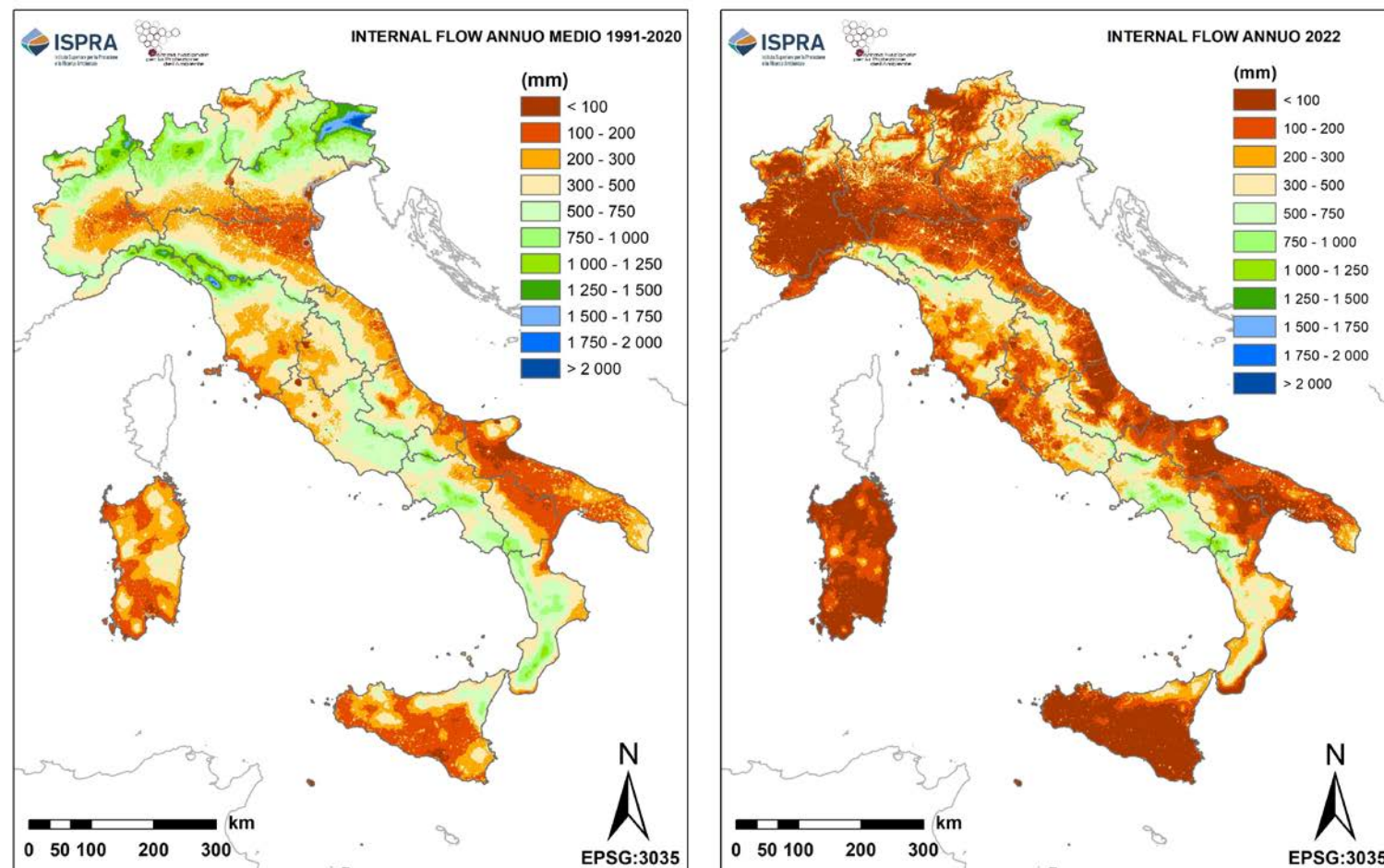
**26 Settembre 2024**



# Impatto del Climate Change sulla disponibilità delle risorse idriche

$$\text{Annual Internal Flow} = \text{Annual Precipitation} - \text{Average Annual Evapo-Transpiration}$$

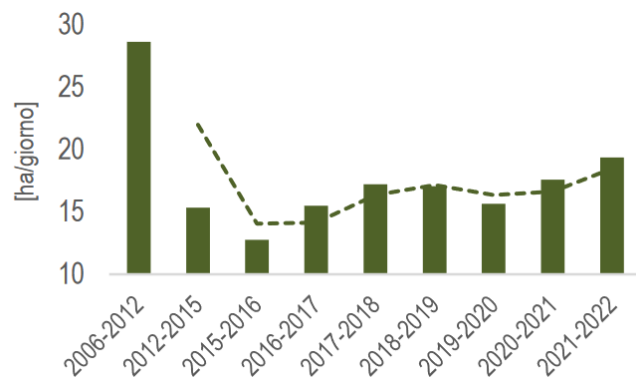
Il 2023 ha fatto registrare una riduzione della disponibilità idrica, a livello nazionale, di circa il 18% rispetto alla media annua del periodo 1951-2023, per l'effetto combinato di un deficit di precipitazioni (in particolare nei mesi di febbraio, marzo, settembre e dicembre) e di un incremento dei volumi idrici di evaporazione diretta dagli specchi d'acqua e dal suolo.



Disponibilità annua media per il periodo 1991-2020 vs Disponibilità di risorsa idrica rinnovabile per il 2022 (ISPRA, STIME BIGBANG 7.0)

# Urbanizzazione e Consumo di Suolo (Soil Sealing)

Consumo di suolo giornaliero netto (2006-22)



Consumo di suolo annuale 2022

76,8 km<sup>2</sup>

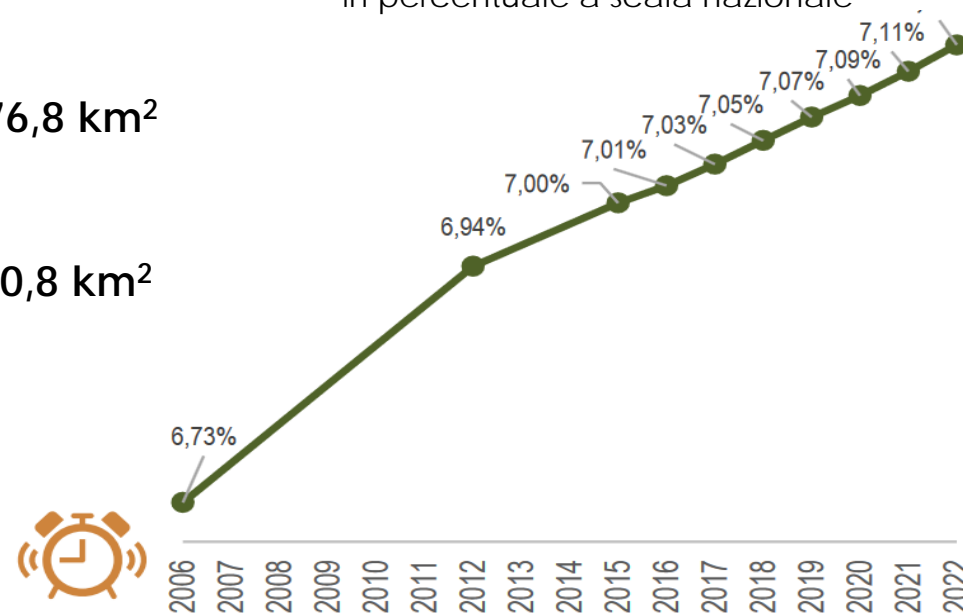


Consumo di suolo annuale netto 2022

70,8 km<sup>2</sup>

70,8 km<sup>2</sup> → 19,4 ha/giorno  
→ 2,24 m<sup>2</sup>/sec

Suolo consumato (2006-2022) in percentuale a scala nazionale



ISPRA (2023)

Conseguenze del consumo di suolo:

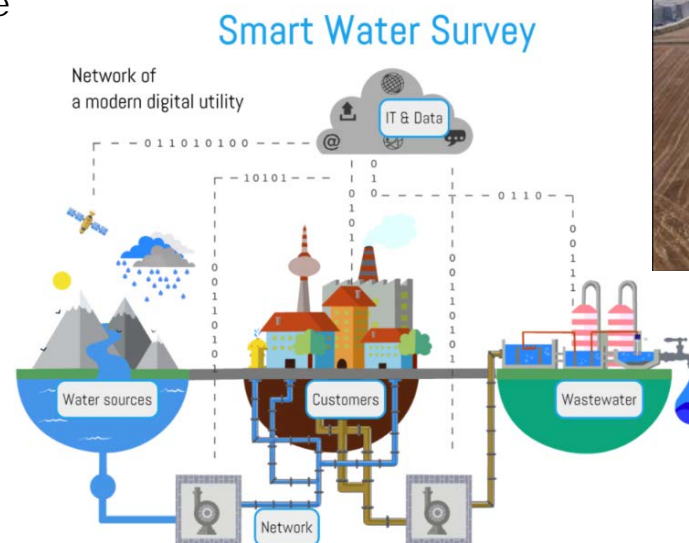
- **riduzione dell'infiltrazione:** incremento del deflusso superficiale e riduzione dei processi di ricarica delle falde
- **riduzione dell'evaporazione:** incremento delle heat waves e delle urban heat islands



## Gestione e salvaguardia della risorsa idrica

Al fine di salvaguardare la disponibilità della risorsa idrica e ridurre la pressione sui corpi idrici sotterranei, è fondamentale **accelerare la transizione circolare della filiera estesa dell'acqua**:

- Riduzione delle perdite idriche (sia nel settore idropotabile che in quello irriguo)
- Recupero delle acque meteoriche:
  - Regolazione dei deflussi (invasi artificiali)
  - Piccoli invasi multifunzionali (Progetto Laghetti)
- Riutilizzo irriguo dei reflui depurati (oggi solo il 4% delle acque reflue è effettivamente destinato al riutilizzo diretto in agricoltura, a fronte di un potenziale stimato del 23%). Tale riutilizzo è attivo solo per 4÷6 mesi all'anno
- Diversificazione delle fonti di approvvigionamento idrico (Dissalazione: ad oggi poco più di 657.000 m<sup>3</sup>/giorno da 340 impianti attivi sul territorio italiano)
- Riduzione della domanda e dell'utilizzo di acqua, in particolare nei settori più idrovori, e degli sprechi nelle diverse fasi della filiera
- **Ricarica controllata delle falde**
- **Gestione integrata e sostenibile delle risorse idriche superficiali e sotterranee**

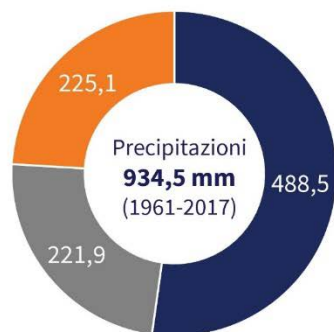


# Risorse idriche sotterranee

Ad oggi, solo il 23,7% delle precipitazioni contribuisce alla ricarica degli acquiferi

RACCOLTA

**Bilancio del ciclo idrogeologico italiano**  
(valori annui medi in mm), 1961-2017



■ Evapotraspirazione ■ Ricarica degli acquiferi  
■ Ruscellamento

TEHA

Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su dati ISPRA, 2024

- Secondo le stime ISPRA (ultimi dati disponibili), solo il **23,7% delle precipitazioni contribuisce alla ricarica degli acquiferi** del Paese
- La restante quota delle acque piovane finisce in:
  - Evapotraspirazione
  - Ruscellamento

**In un contesto di stress idrico, è necessario incrementare la quota di acque meteoriche in grado di ricaricare le fonti idriche del Paese**

**Stato Quantitativo delle Acque Sotterranee (SQUAS) «scarso» per superficie totale in UE-27+UK**

(valori %), 2016-2021 o ultima rilevazione disponibile

RICARICA FALDE

Attualmente è in stato di scarsità idrica il:

- 9,1% della superficie delle fonti sotterranee
- 30,2% dei corpi idrici sotterranei
- 9,1% della superficie delle fonti sotterranee
- 19,0% dei corpi idrici sotterranei



Legenda:

- 79,6% (Max, Malta)
- 0,0% (Min, Austria)

Il numero di corpi idrici in un buono stato quantitativo\* hanno raggiunto la quota del **79%** nel 2016-2021 (+18 p.p. vs. 2010-2015)

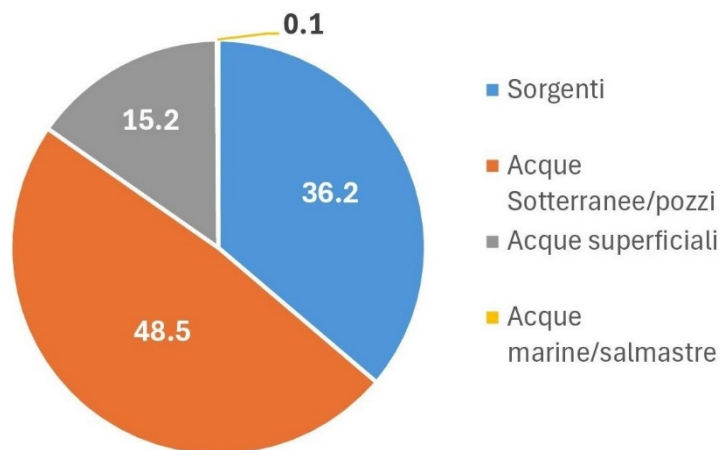
**9° Paese in UE-27+UK**

TEHA

(\*) Il delta tra i corpi idrici in buono stato e quelli in scarsità idrica rappresenta la quota ad oggi non censita.  
Fonte: elaborazione The European House - Ambrosetti su dati WISE e ISPRA, 2024

## Gestione sostenibile dei corpi idrici sotterranei: la ricarica controllata

ITALIA: % ACQUA PER UTILIZZI IDROPOTABILI



L'attuale frequente sovrasfruttamento dei corpi idrici sotterranei può causare impatti negativi in termini sia di quantità che di qualità.

Drusiani et al. (2024). Ricarica artificiale degli acquiferi sotterranei: possibilità e limiti, *Ingegneria dell'Ambiente*, 11(2)

La ricarica intenzionale e controllata di un acquifero è un processo per cui il volume di acqua ordinariamente immagazzinato nel sottosuolo è incrementato ad un tasso superiore alla ricarica naturale (**Managed Aquifer Recharge - MAR**).

La MAR è finalizzata ad una maggior fruizione della risorsa idrica sotterranea, tutelandone nel contempo l'integrità quali-quantitativa. È quindi una misura di adattamento al climate change, che assicura un insieme di *servizi ecosistemici*, tra cui, ad esempio:

- l'incremento della riserva idrica a scopo idropotabile, irriguo, industriale
- la mitigazione del deficit di bilancio idrico dovuto ad elevati consumi antropici
- il controllo dei fenomeni di subsidenza
- il contenimento dei fenomeni di intrusione salina
- la conservazione della biodiversità degli agro-ecosistemi e delle zone umide



# Managed Aquifer Recharge - MAR

La MAR è molto diffusa all'estero (anche se attualmente corrisponde soltanto a circa l'1% dell'estrazione su scala mondiale, attraverso 1136 impianti pilota e full scale in 60 nazioni), ed anche in Europa se ne registra un impiego progressivamente crescente.

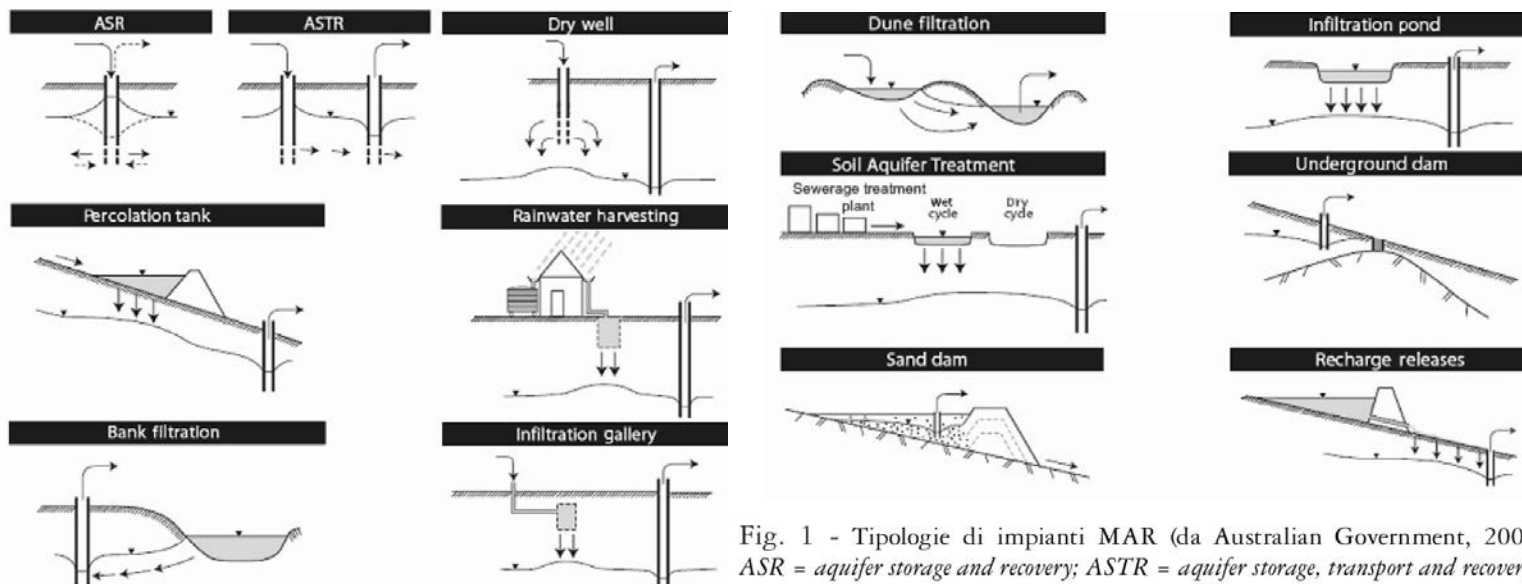


Fig. 1 - Tipologie di impianti MAR (da Australian Government, 2009).  
ASR = *aquifer storage and recovery*; ASTR = *aquifer storage, transport and recovery*.

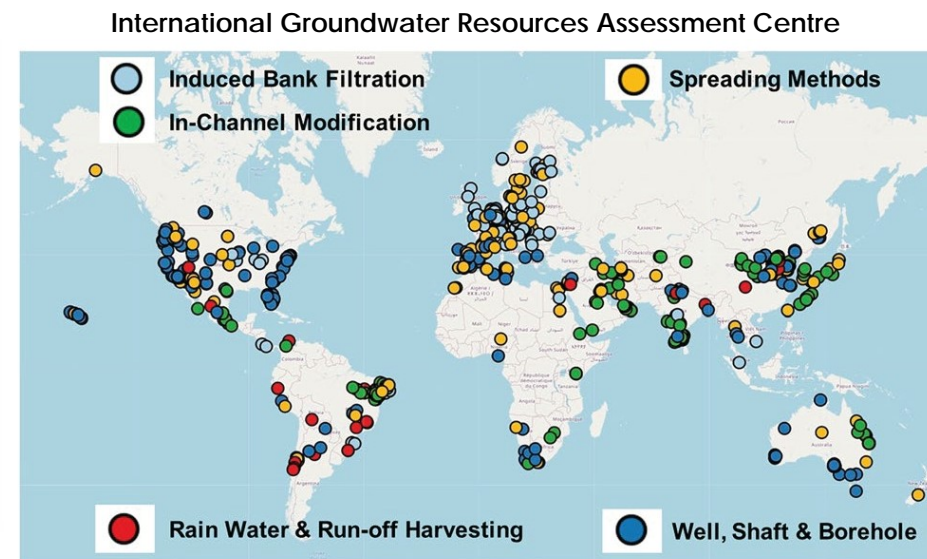


Fig. 2 Global inventory of MAR schemes presented as an online portal with the database being continuously updated (IGRAC 2022)

La ricarica controllata delle falde può essere effettuata mediante diverse tecniche (*bacini d'infiltrazione, aree forestali d'infiltrazione, infiltrazione spondale (bank infiltration), pozzi d'infiltrazione, aree umide, fossati, tubi forati, risaie sommerse...*) e utilizzando acque di diversa tipologia.

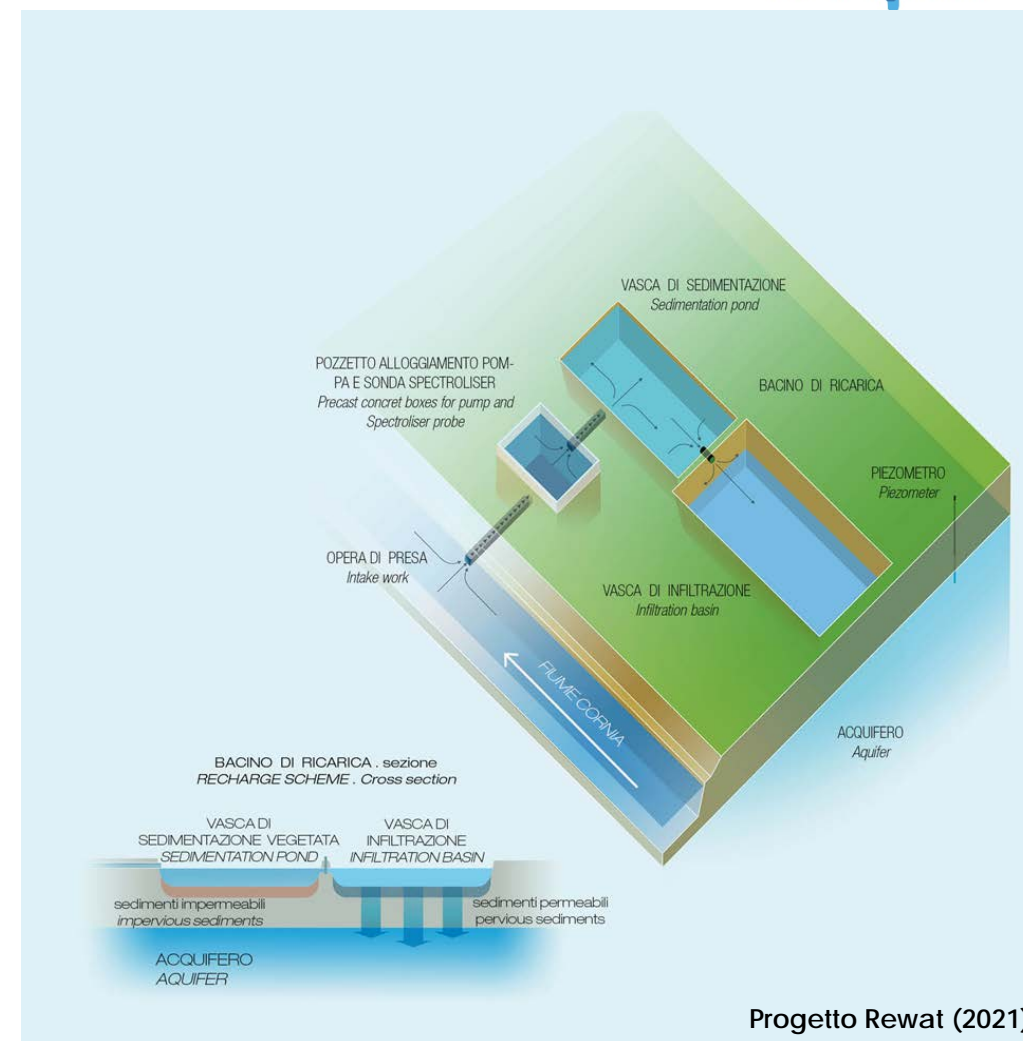
## Managed Aquifer Recharge - MAR

Impianto in sponda destra del fiume Cornia, comune di Suvereto (Livorno), località Forni (**Progetto LIFE REWAT**), utilizzando le acque di morbida e piena fluviale. L'opera di presa e l'impianto di sollevamento alimentano un bacino di circa 2400 m<sup>2</sup>, realizzato in un'area depressa oggetto in passato di escavazione, suddiviso mediante setti di separazione in una vasca di sedimentazione con fondo a bassa permeabilità, con il compito di intercettare e far sedimentare il carico solido in arrivo, e una di infiltrazione e ricarica, di circa 1600 m<sup>2</sup>, costituita in prevalenza da sedimenti ghiaiosi.

Il funzionamento del sistema è previsto nei mesi compresi tra ottobre e maggio, con l'obiettivo di derivare un volume variabile tra 300.000 e 1.300.000 m<sup>3</sup>/anno in funzione dell'andamento meteo climatico.

Il Piano di Monitoraggio e Controllo dell'impianto prevede l'utilizzo di:

- un **sensore per la determinazione del livello idrometrico fluviale**, per il rispetto della soglia per il mantenimento del minimo deflusso ecologico;
- una **sonda multi-parametrica per l'analisi delle variazioni della qualità chimica delle acque fluviali**, al fine di verificare l'eventuale superamento di soglie predefinite in accordo con gli enti competenti (ARPAT) e sospendere in tal caso il funzionamento dell'opera di presa (e quindi del sollevamento);
- **rete di piezometri a monte e a valle dell'impianto di ricarica** a diversa profondità per consentire il monitoraggio dell'andamento del livello e di una serie di variabili chimico-fisiche delle acque sotterranee;
- **sistema hardware, software e sistema di teletrasmissione** per l'acquisizione e l'analisi dei dati acquisiti dalla sonda per le acque superficiali e dai sensori per le acque sotterranee.

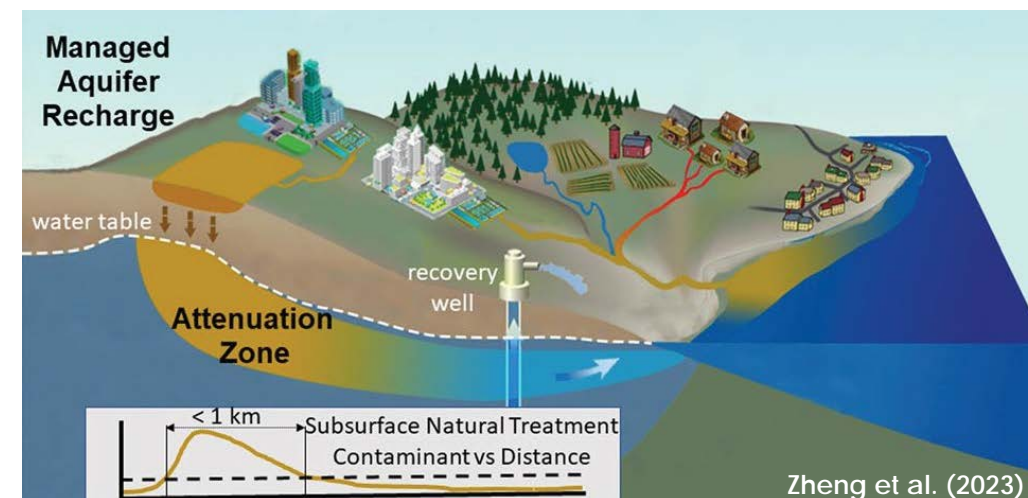


Progetto Rewat (2021)



## Tematiche da affrontare per realizzare un impianto MAR

- a) Caratterizzazione dell'acquifero (ad es. per la valutazione del volume di stoccaggio e di eventuali pericoli di intasamento): è indispensabile la mappatura del sottosuolo, con la messa a punto di un modello idrogeologico dell'acquifero, l'identificazione della sua vulnerabilità alla contaminazione antropica (urbanizzazione, industrializzazione, pratiche agricole e di allevamento intensive), lo studio dell'eventuale ingressione salina nel sottosuolo. Interessante la tecnologia di tracciamento elettromagnetico non invasivo **Airborne Electromagnetics Method (AEM)** per la ricostruzione di modelli geologici tridimensionali di elevato dettaglio dalla superficie sino a circa 400 m di profondità.
- b) Gestione dei rischi legati a contaminanti attuali ed emergenti: da segnalare una cornice normativa complessa e fortemente cautelativa riferita ai possibili rischi di natura ambientale, attualmente in fase di aggiornamento. Da segnalare in particolare il DM n. 100 del 13/6/2016, che stabilisce i criteri per il rilascio dell'autorizzazione al ravvenamento o all'accrescimento artificiale dei corpi idrici sotterranei e rappresenta il riferimento, anche ai sensi dell'analisi di VIA delle più recenti realizzazioni. Sarebbe opportuna l'emanazione di una direttiva risk-based specifica per gli impianti MAR. È ovviamente fondamentale l'integrazione del modello idrogeologico con un modello idrogeochimico.
- c) Eventuale ricorso a strategie innovative per ottimizzare la qualità dell'acqua:
  - pre-trattamenti avanzati
  - integrazione di diverse tipologie di MAR
  - incorporazione di barriere reattive
  - creazione di una "zona di attenuazione", ossia di una zona subsuperficiale di trattamento con un tempo finito di ritenzione idraulica.
- d) Definire attraverso quali strumenti i servizi ecosistemici collegati agli impianti MAR possano essere remunerati, in modo da garantirne sia la messa in opera che il funzionamento in condizioni di sicurezza e continua operatività, aprendo così un nuovo potenziale mercato nel settore idrico.



# GRAZIE PER L'ATTENZIONE

**Prof. Ing. Maurizio Giugni**  
***giugni@unina.it***

**26 Settembre 2024**

