

Acque sotterranee: risentono delle variazioni climatiche?

Tullia Bonomi

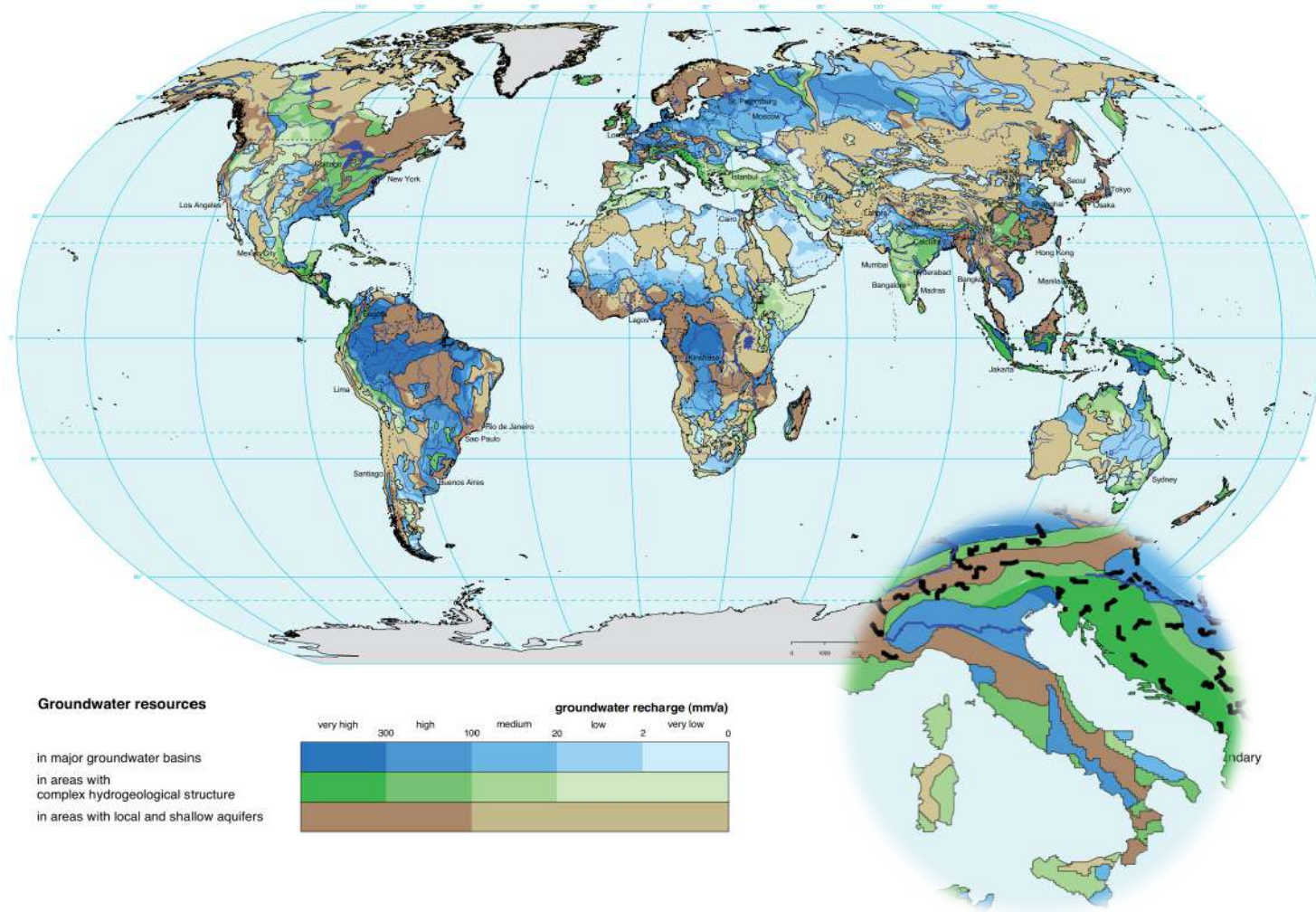
Responsabile del Gruppo di Idrogeologia ambientale del DISAT

Collaboratori: Fumagalli L, Rotiroti M, Zanotti C, Caschetto M, Sartirana D, Bruno S, Redaelli A

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA



Risorse idriche sotterranee



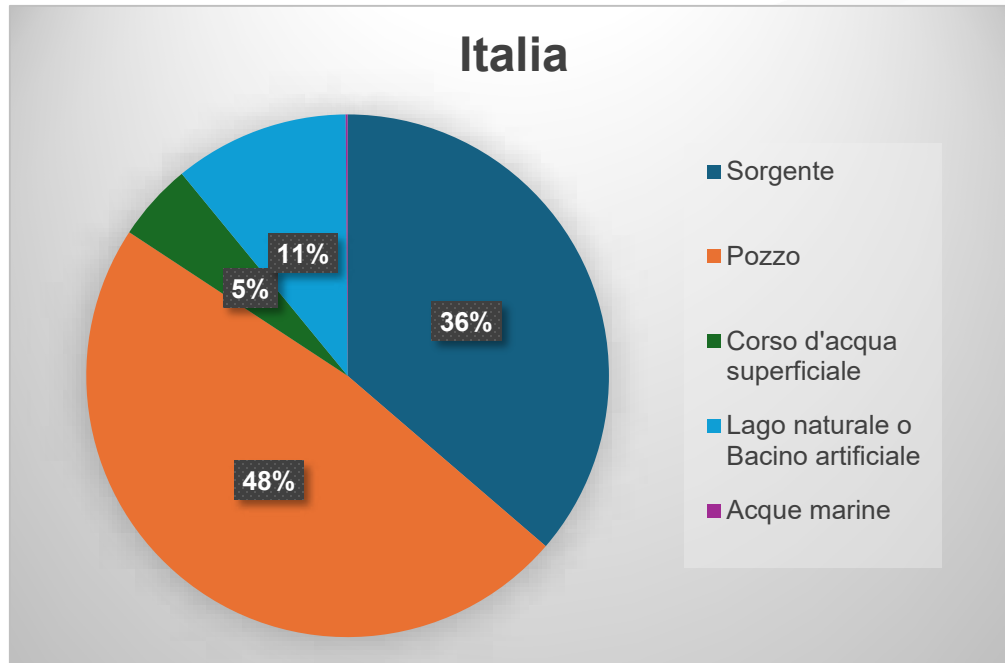
Dove si trovano le principali risorse idriche sotterranee?

- **36%** nei principali serbatoi idrici sotterranei del mondo (in azzurro)
- **18%** nei serbatoi meno continui e più piccoli, in aree con strutture idrogeologiche complesse (in verde)
- **46%** in acquiferi locali e superficiali (in marrone)

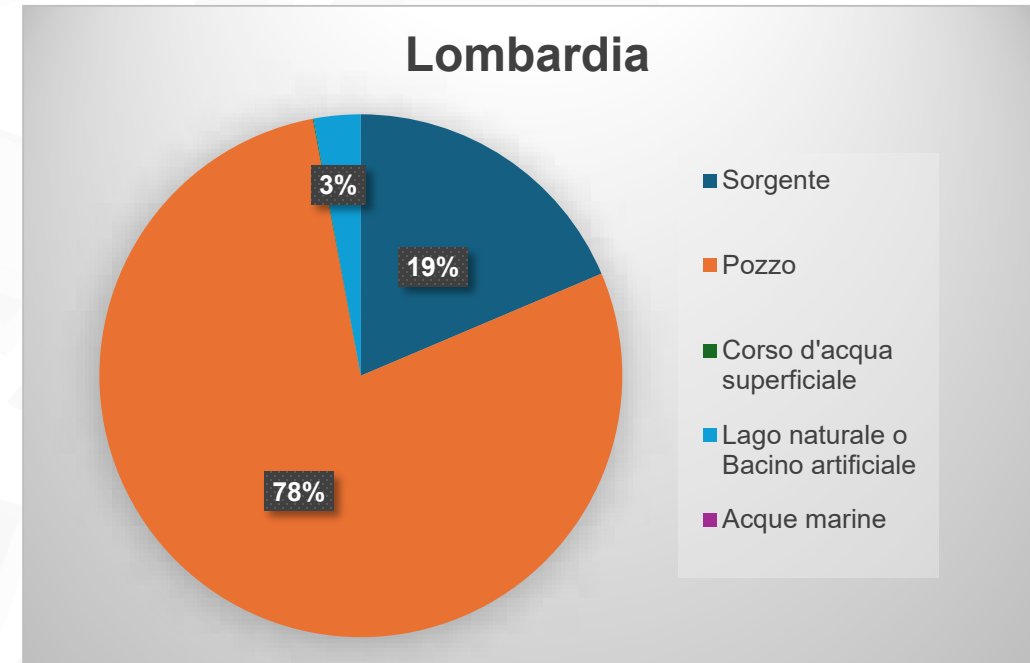
Solo i serbatoi di falda più consistenti consentono di superare periodi di siccità brevi, stagionali o pluriennali senza il rischio di improvvise carenze idriche impreviste.

Prelievi ad uso potabile in Italia

Rapporto ISTAT del 2019 - Prelievi di acqua per uso domestico



*Acque Sotterranee: 84%
(8 miliardi di m³ /anno)*

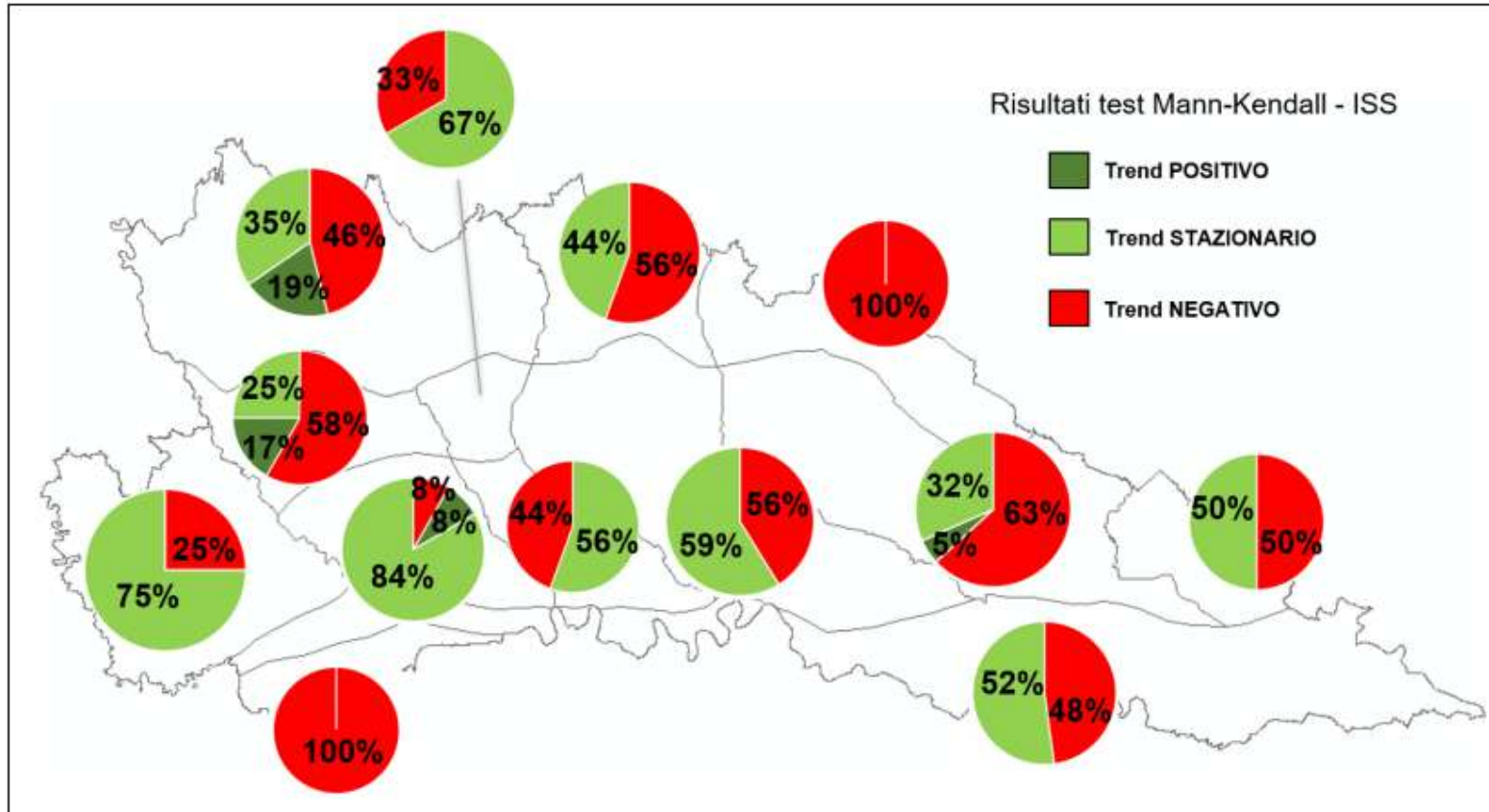


*Acque Sotterranee: 97%
(1.4 miliardi di m³ /anno)*

E' sostenibile questo prelievo di falda dagli acquiferi?

Prelievo di 1.4 miliardi di m³/anno in Lombardia è sostenibile?

Tutto sommato, possiamo dire che, negli ultimi decenni, è stato sostenibile, salvo alcune eccezioni.



da «Valutazione dello stato quantitativo dei corpi idrici sotterranei della regione Lombardia», 2022

Sarà sostenibile in futuro con un clima che cambia?

Come cambia il clima?

Aumento temperature

Diminuzione precipitazioni, con situazioni di siccità

Aumento consumi d'acqua

Figure 5 Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5) multi-model mean projections

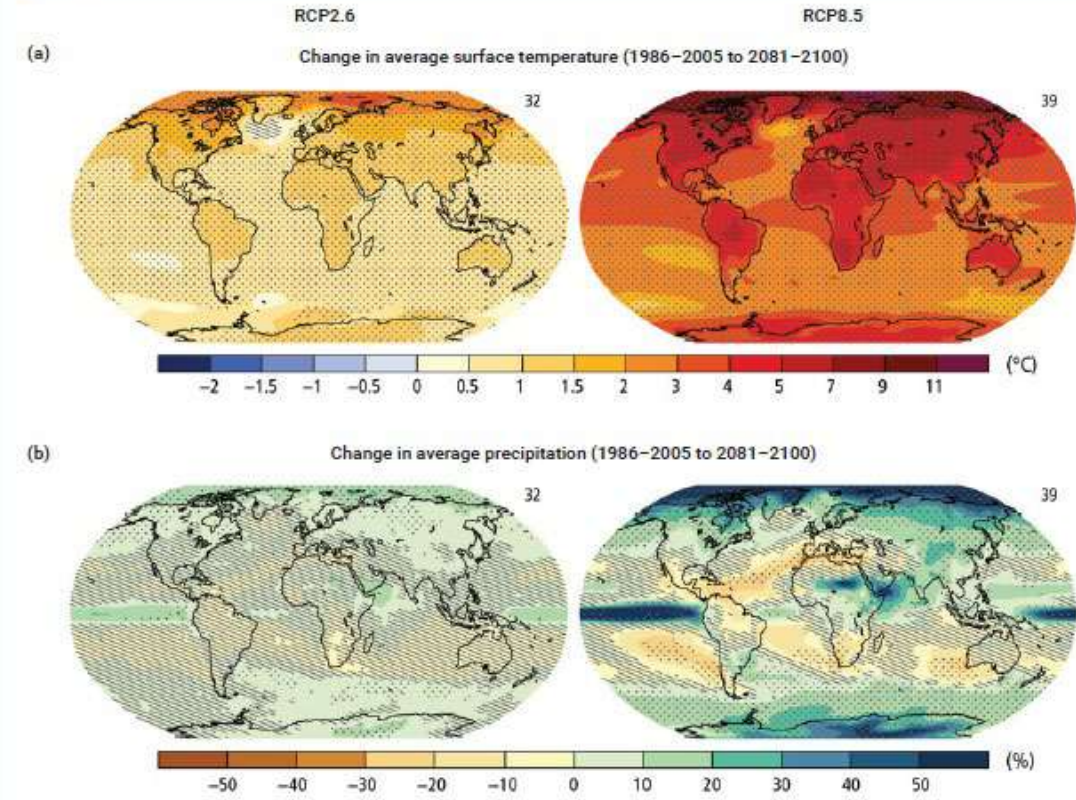
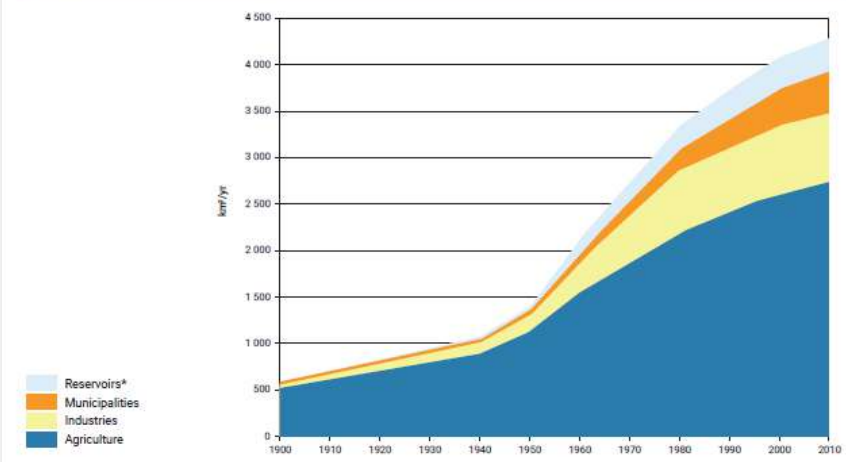


Figure 14 Global water withdrawals throughout the previous century



da UNESCO, 2020 (World Water Development Report)

Come cambia il clima?

Aumento frequenza ed intensità eventi estremi

Figure 6 CMIP5 multi-model ensemble average mean change in frequency of dry days (days/year) by 2050 relative to the historical period 1960–1989, using the RCP8.5 forcing scenario

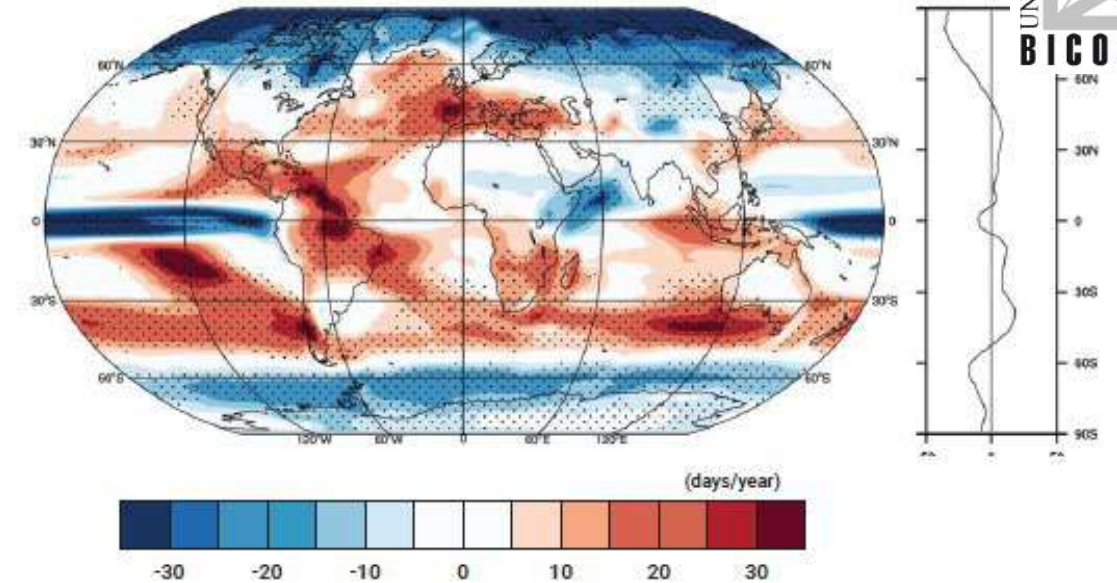
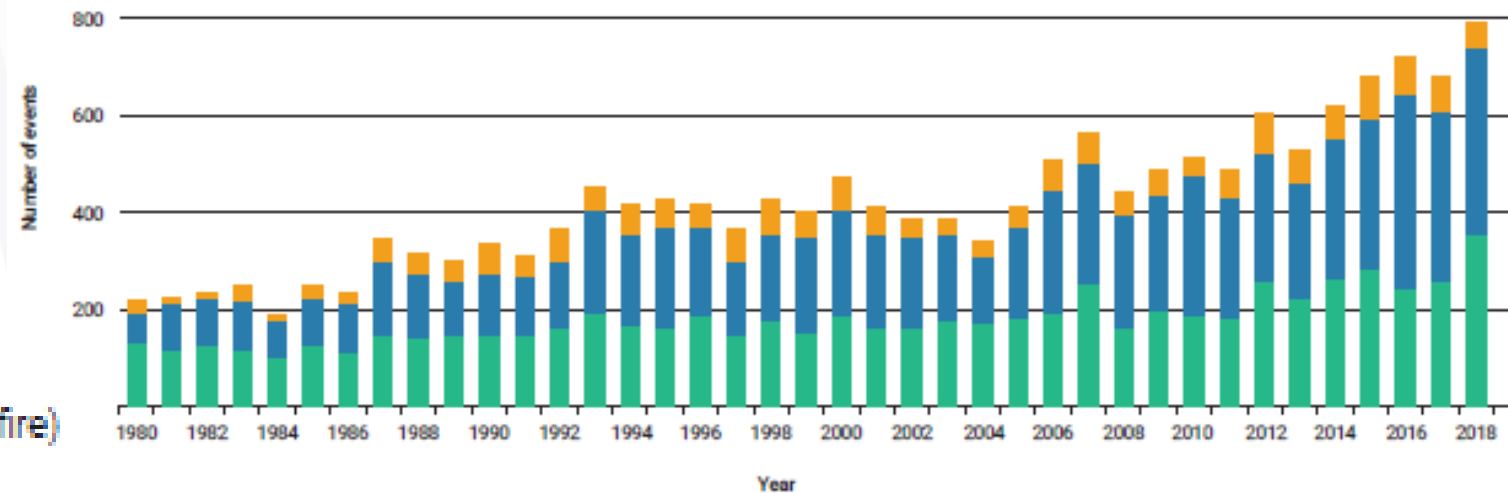


Figure 15 World weather-related natural catastrophes by peril, 1980–2018

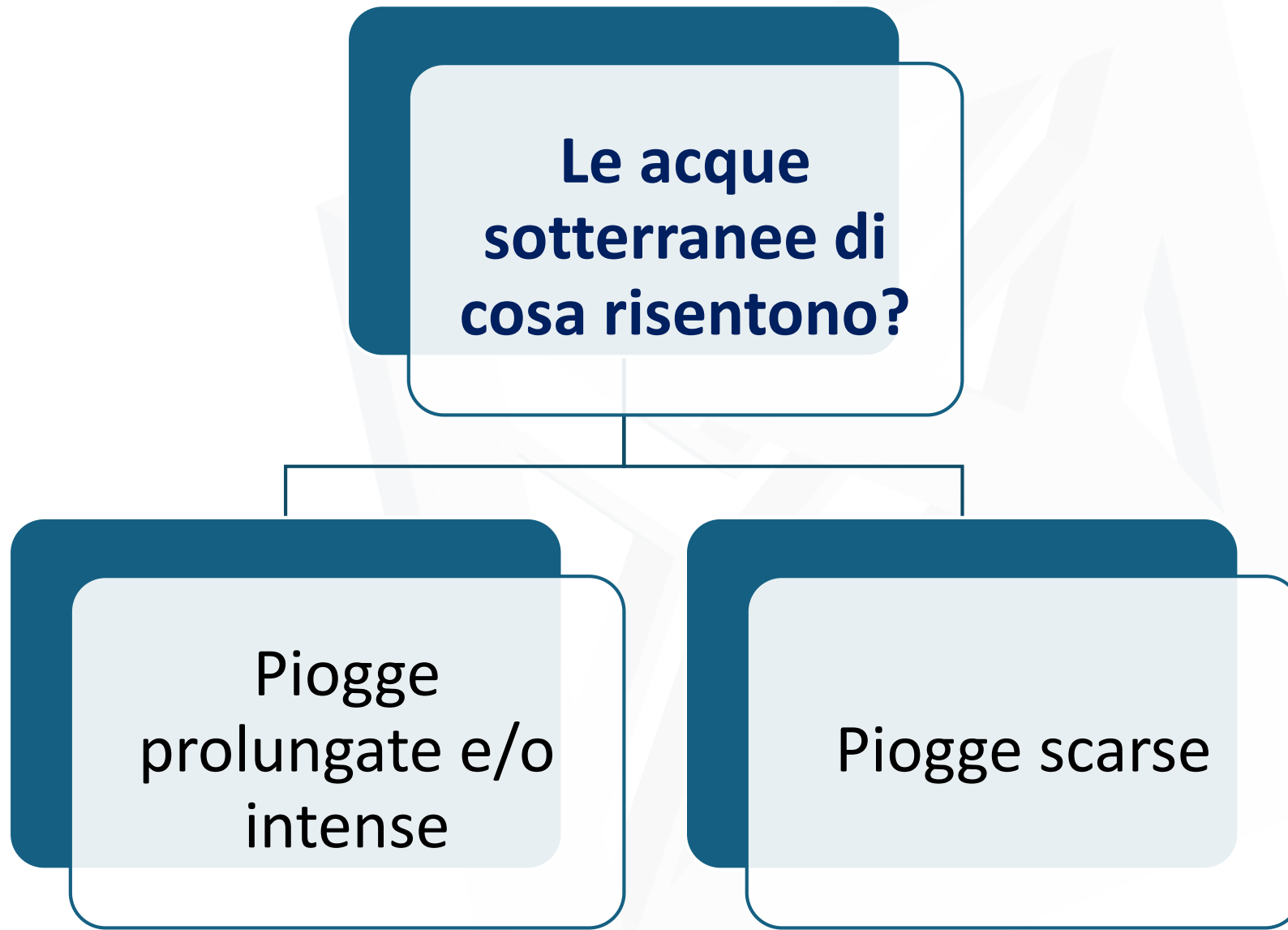
- Meteorological events**
(Tropical storm, extratropical storm, convective storm, local storm)
- Hydrological events**
(Flood, mass movement)
- Climatological events**
(Extreme temperature, drought, forest fire)



Come cambia il clima?

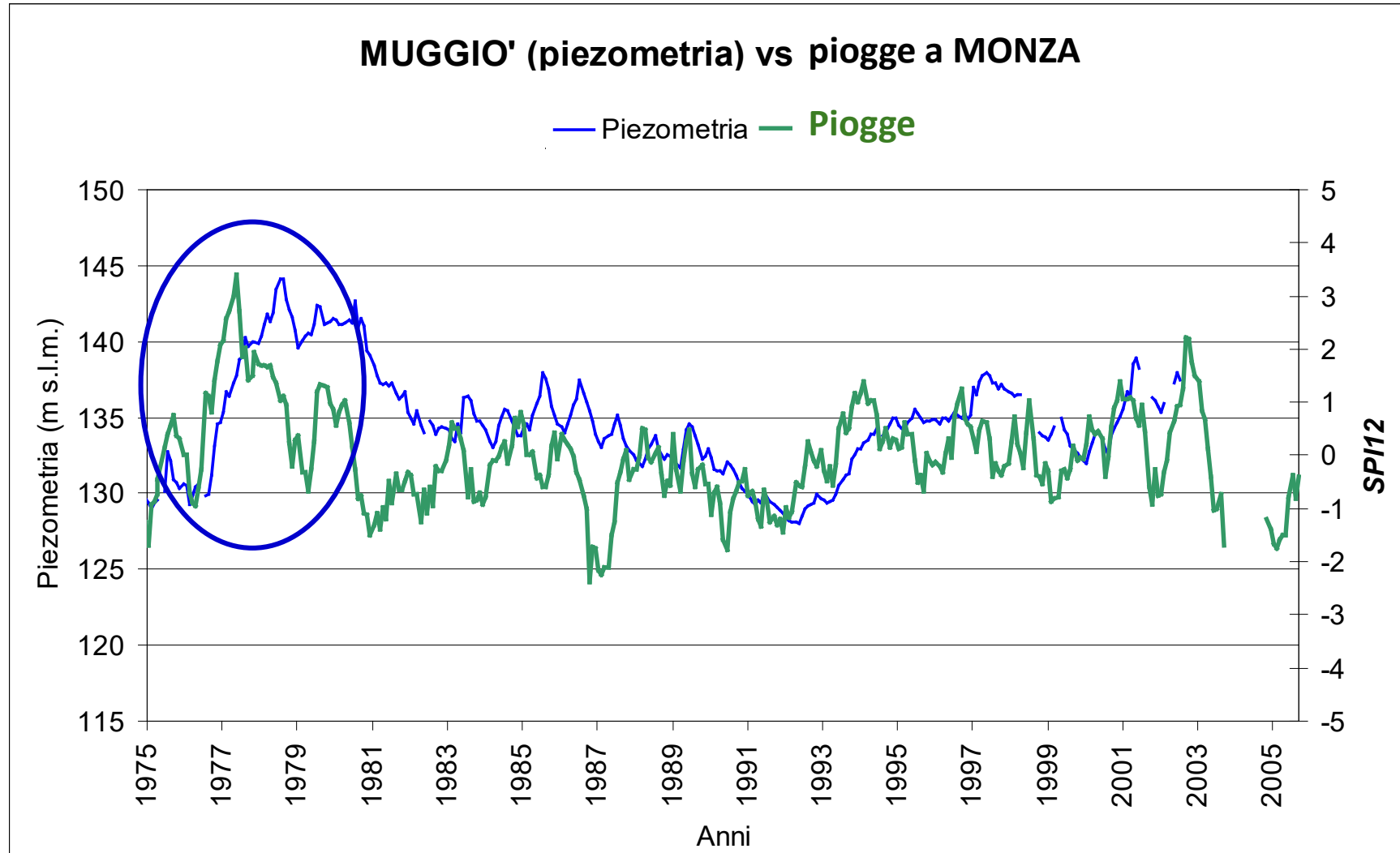
Esempi di siccità in Lombardia estate 2022





Piogge prolungate ed intense

5 anni di piogge 30% > media ('76-'80) 15 m

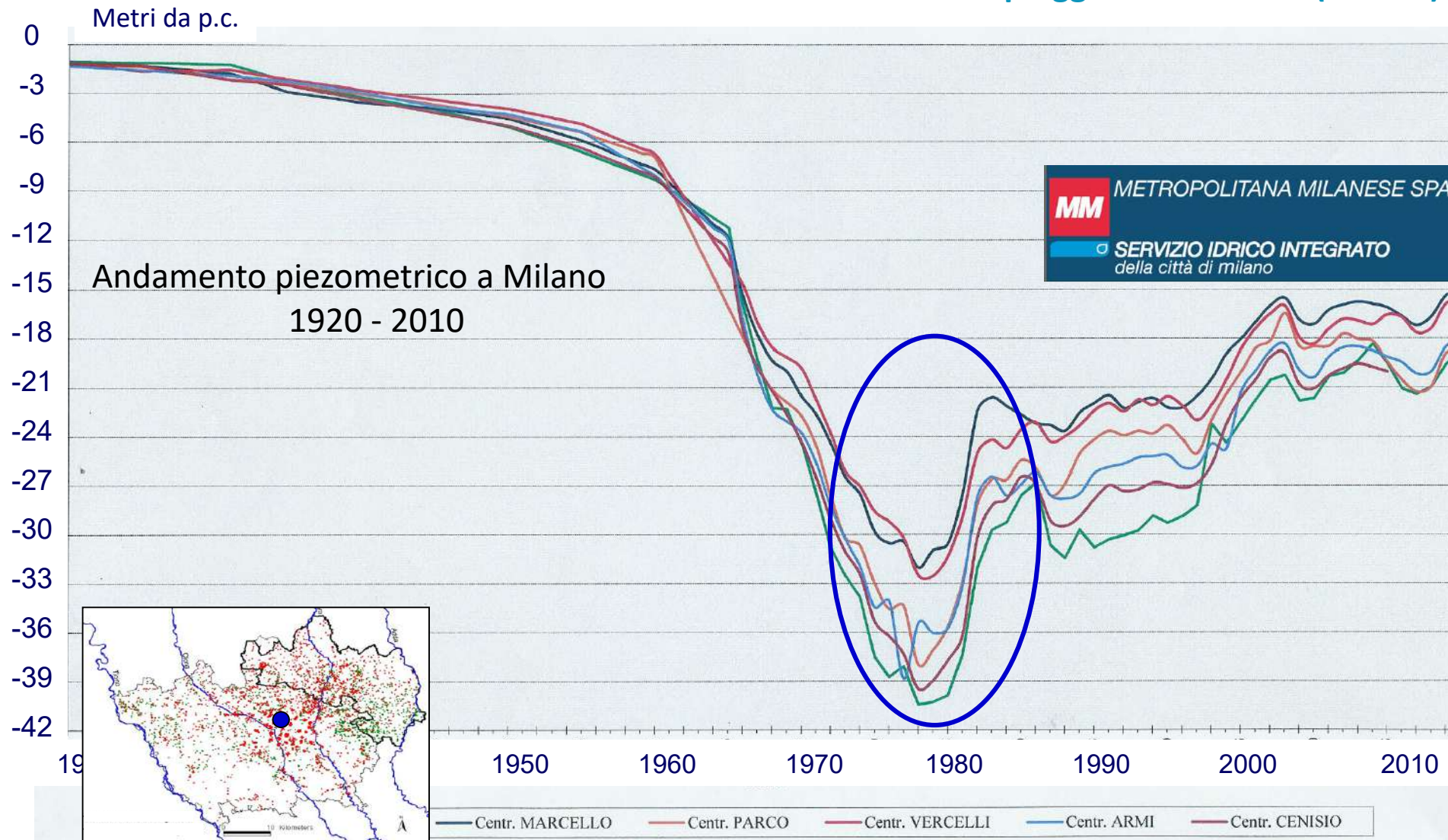


Periodi prolungati di precipitazioni superiori o inferiori alle medie hanno un riscontro evidente sull'andamento delle acque sotterranee, ove non vi siano altre voci di bilancio nettamente prevalenti.

Tale corrispondenza presenta uno sfasamento temporale di almeno un anno.

Piogge prolungate ed intense

5 anni di piogge 30% > media ('76-'80)



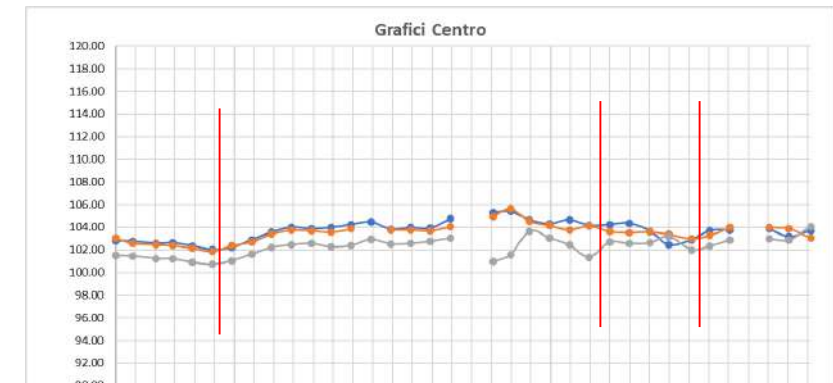
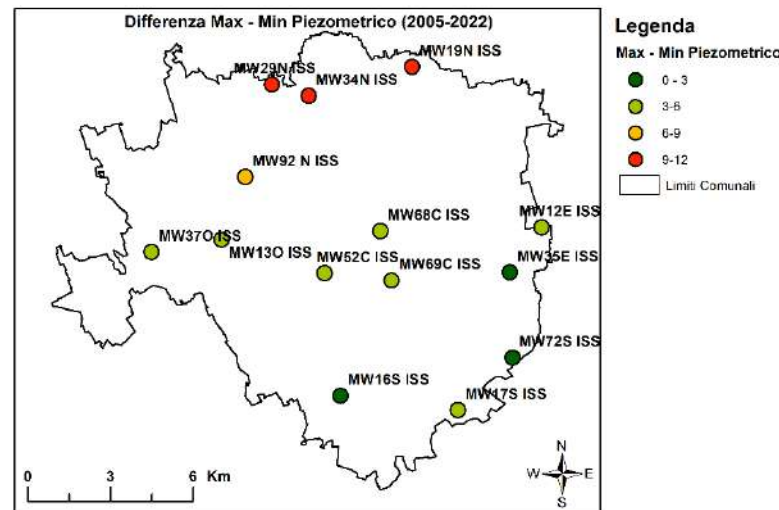
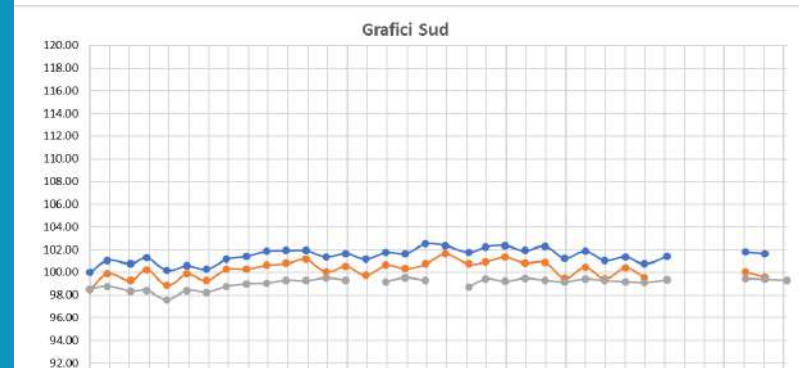
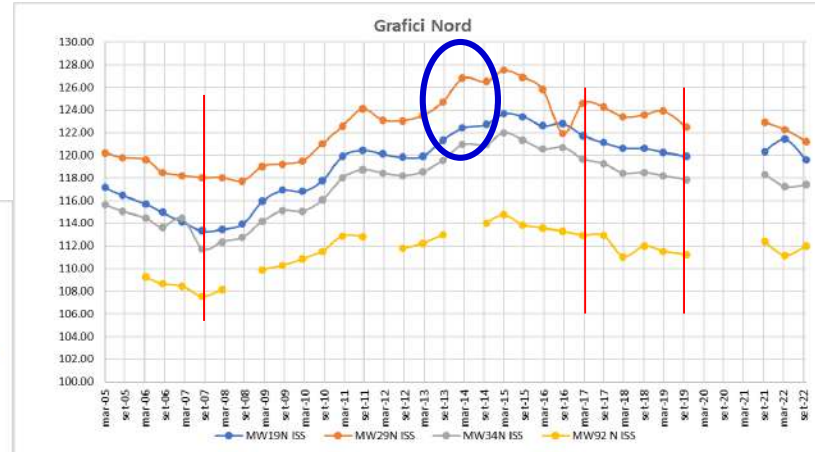
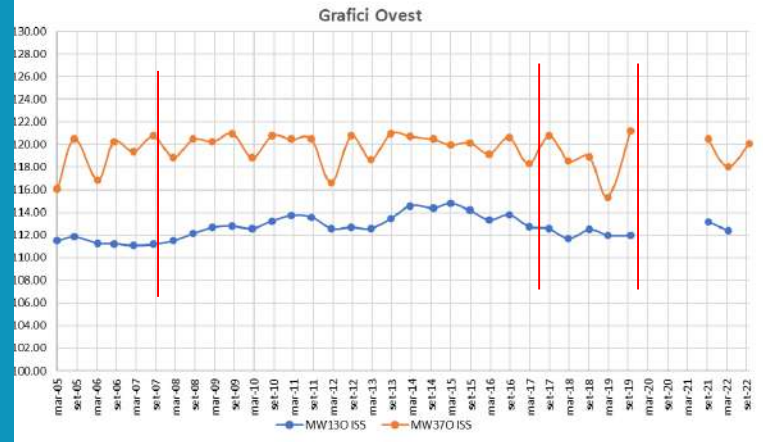
Anche nelle aree urbane prolungati di precipitazioni superiori o inferiori alle medie hanno un riscontro evidente sull'andamento delle acque sotterranee.

Piogge intense

1 anno di piogge 40% > media (2014)

2 m

Andamenti temporali
Milano 2005-2022



Anche solo un anno ma molto intenso può avere un riscontro evidente sull'andamento delle acque sotterranee.

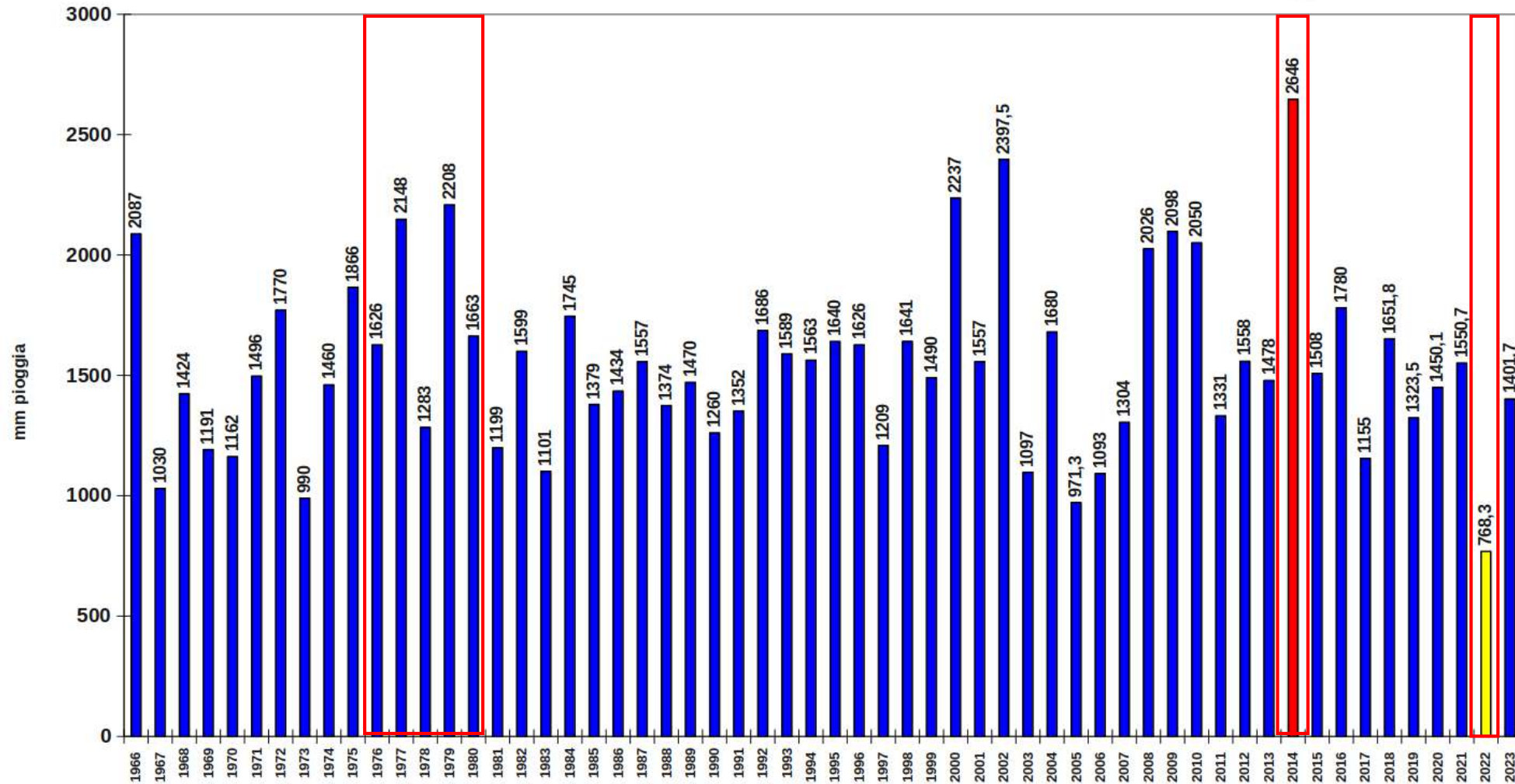
Andamento piogge 1966-2023



Centro Geofisico Prealpino
STAZIONE METEOROLOGICA di Varese (m 410 s.l.m.)
PRECIPITAZIONI ANNUALI TOTALI DEL PERIODO 1966-2022 - 57 anni



COMUNE DI
VARESE



Progetti congiunti

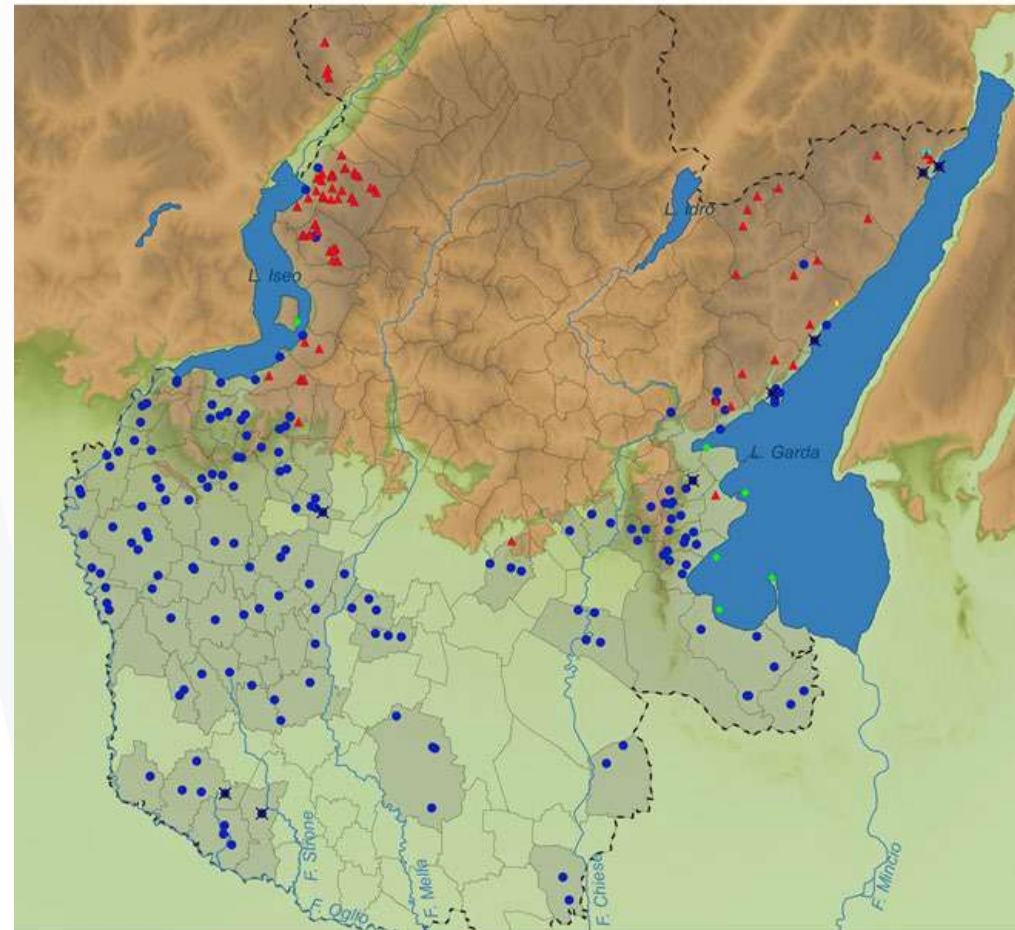


Caratterizzazione idrodinamica e idrochimica delle acque captate e destinate al consumo umano (PSA) 2019-2021



www.acquebresciane.it

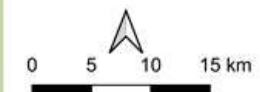
Acque Bresciane
Servizio Idrico Integrato



Legenda

Captazioni [290]

- Pozzo [183]
- ▲ Sorgente [98]
- Presa a lago [7]
- Presa da fiume [1]
- ▲ Presa da condotta forzata [1]
- × Non in esercizio [15]
- Comuni della provincia di Brescia
- Comuni gestiti da Acque Bresciane, oggetto della convenzione
- Provincia di Brescia





Caratterizzazione idrodinamica e idrochimica delle acque captate e destinate al consumo umano (PSA) 2019-2021

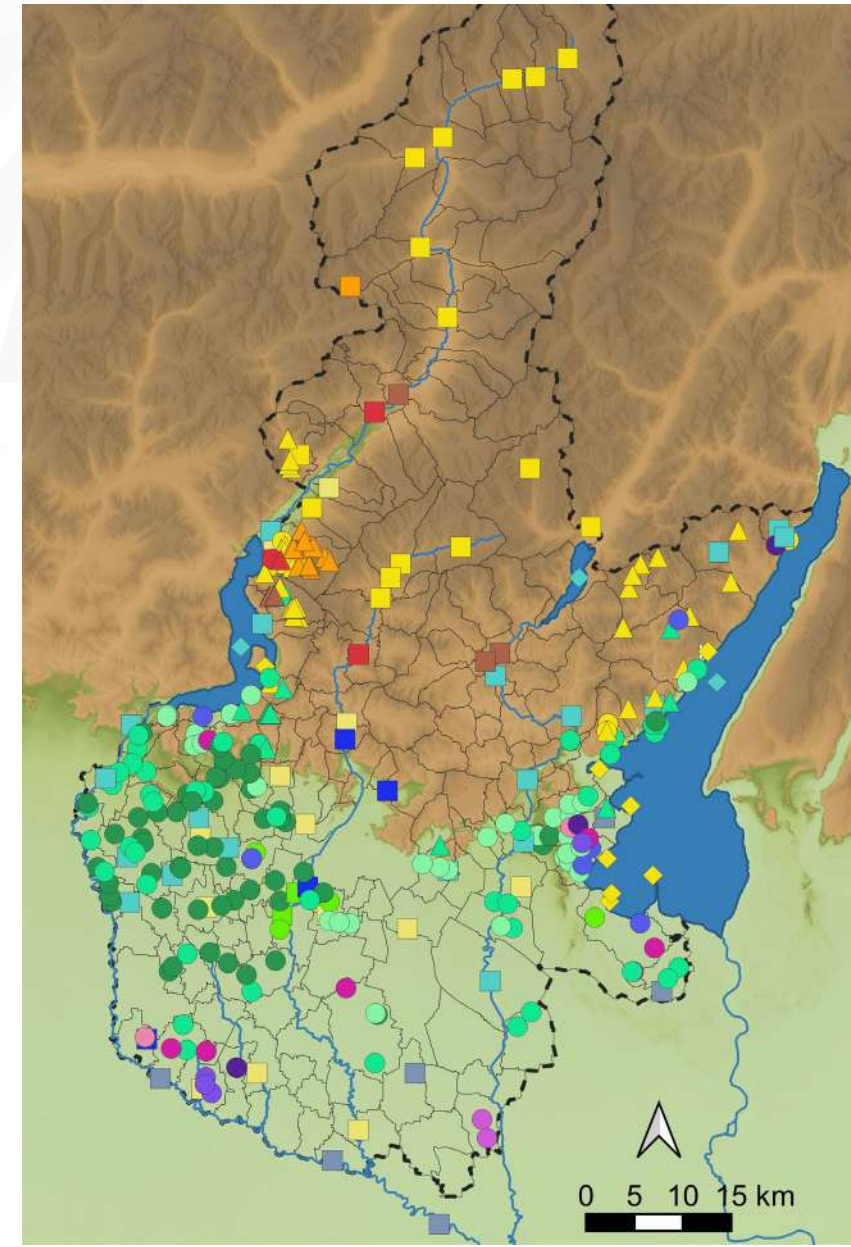
17 cluster

4 cluster montani acque più fredde, a circolazione rapida e brevi tempi di residenza nel sottosuolo, a ridotto contenuto di ioni disciolti.

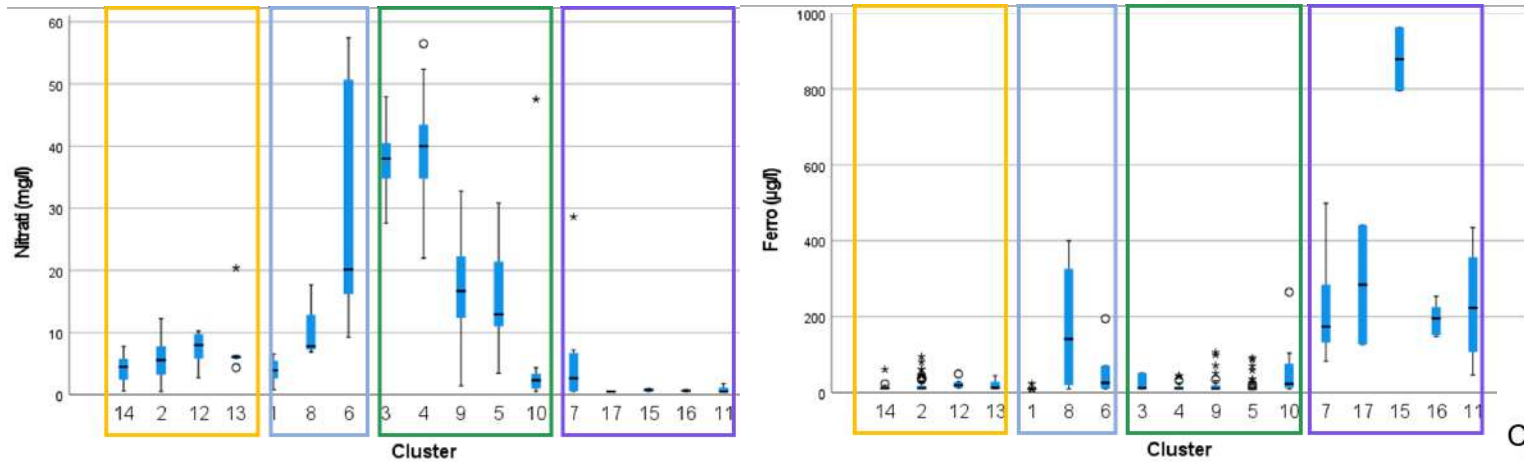
3 cluster di acque superficiali di pianura: acque in media più calde, a pH più elevato. Risentono lungo il loro corso degli impatti antropici

5 cluster di acque ossidate di pianura: acque a circolazione più lunga con chimismo ossidato fino alla fase iniziale dei processi riducenti (nitratoriduzione)

5 cluster acque ridotte: acque di falda a vari gradi di avanzamento dei processi riducenti naturali



Progetti congiunti



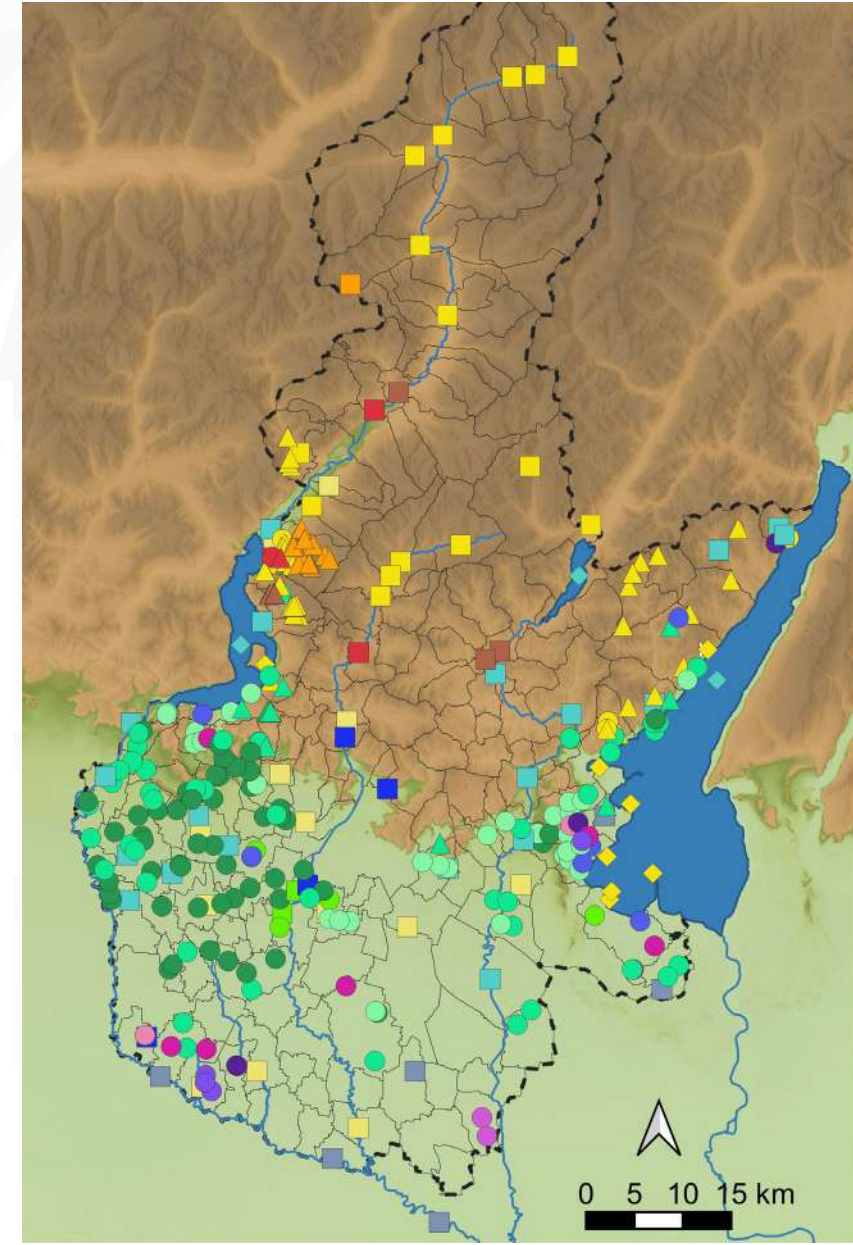
17 cluster

4 cluster montani acque più fredde, a circolazione rapida e brevi tempi di residenza nel sottosuolo, a ridotto contenuto di ioni disciolti.

3 cluster di acque superficiali di pianura: acque in media più calde, a pH più elevato. Risentono lungo il loro corso degli impatti antropici

5 cluster di acque ossidate di pianura: acque a circolazione più lunga con chimismo ossidato fino alla fase iniziale dei processi riducenti (nitratoriduzione)

5 cluster acque ridotte: acque di falda a vari gradi di avanzamento dei processi riducenti naturali





Journal of Hydrology 613 (2022) 128473



ELSEVIER

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Journal of Hydrology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jhydrol



Research papers

A cost-effective method for assessing groundwater well vulnerability to anthropogenic and natural pollution in the framework of water safety plans



Chiara Zanotti ^{a,*}, Marco Rotiroti ^a, Mariachiara Caschetto ^a, Agnese Redaelli ^a, Sonia Bozza ^b, Michela Biasibetti ^b, Laura Mostarda ^b, Letizia Fumagalli ^a, Tullia Bonomi ^a

Zanotti et al., 2022

^a Department of Earth and Environmental Sciences, University of Milano-Bicocca, Piazza della Scienza 1, 20126 Milan, Italy

^b Acque Bresciane Srl, Via 25 Aprile, 18, 25038 Rovato, BS, Italy

RESEARCH ARTICLE | DECEMBER 20 2023

Climate-related risk assessment in water safety plans: the case study of Acque Bresciane (Italy)

Michela Biasibetti; Elisa Longhi; Sonia Bozza; Chiara Zanotti; Marco Rotiroti; Letizia Fumagalli; Mariachiara Caschetto; Agnese Redaelli; Tullia Bonomi

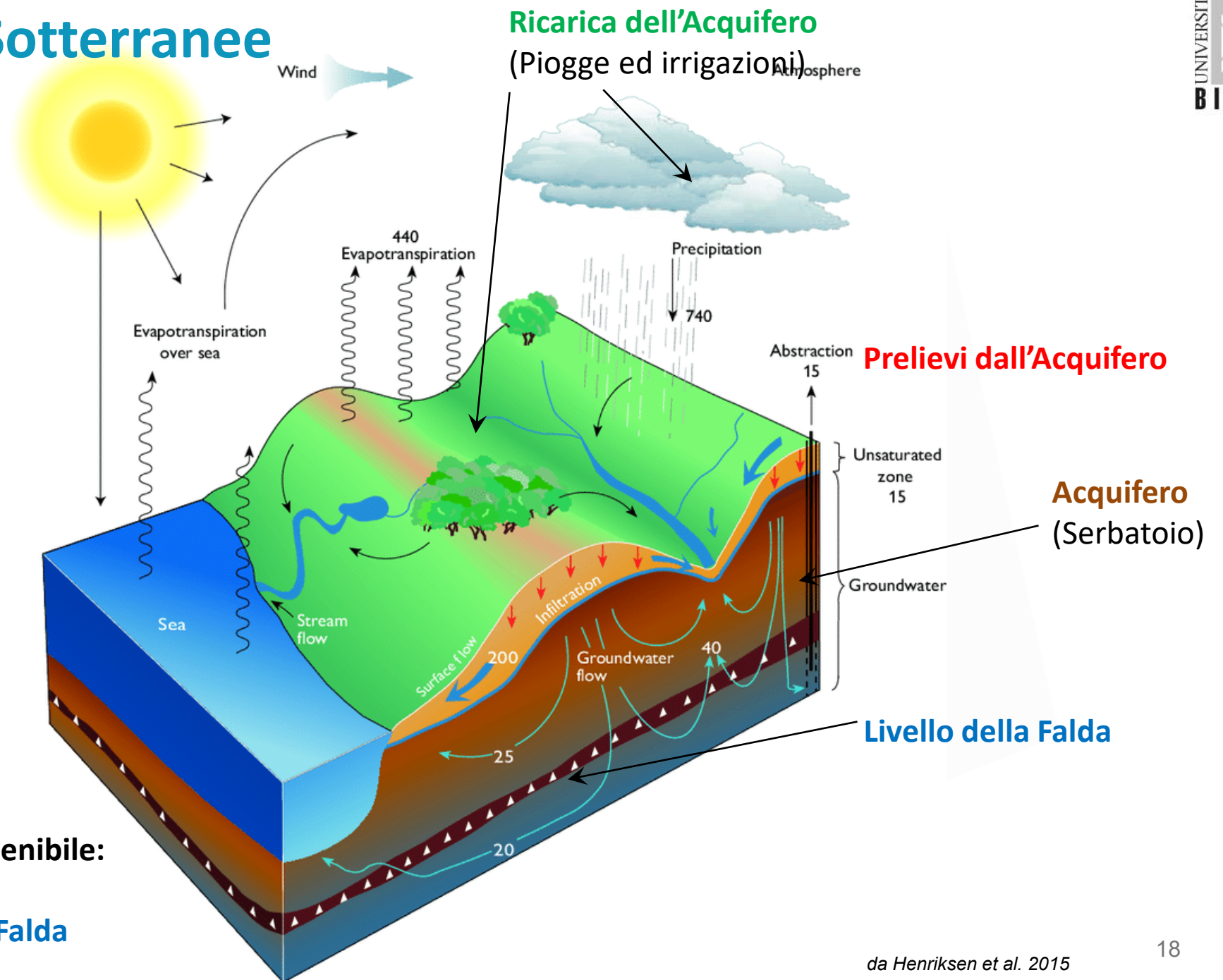
Biasibetti et al., 2023



Nuovo progetto

**Impatto dei cambiamenti climatici sulle acque sotterranee
a supporto di una pianificazione della gestione della risorsa idrica
sul medio e lungo termine
2023-2025**

Risorse Idriche Sotterranee



Bilancio idrico sotterraneo sostenibile:

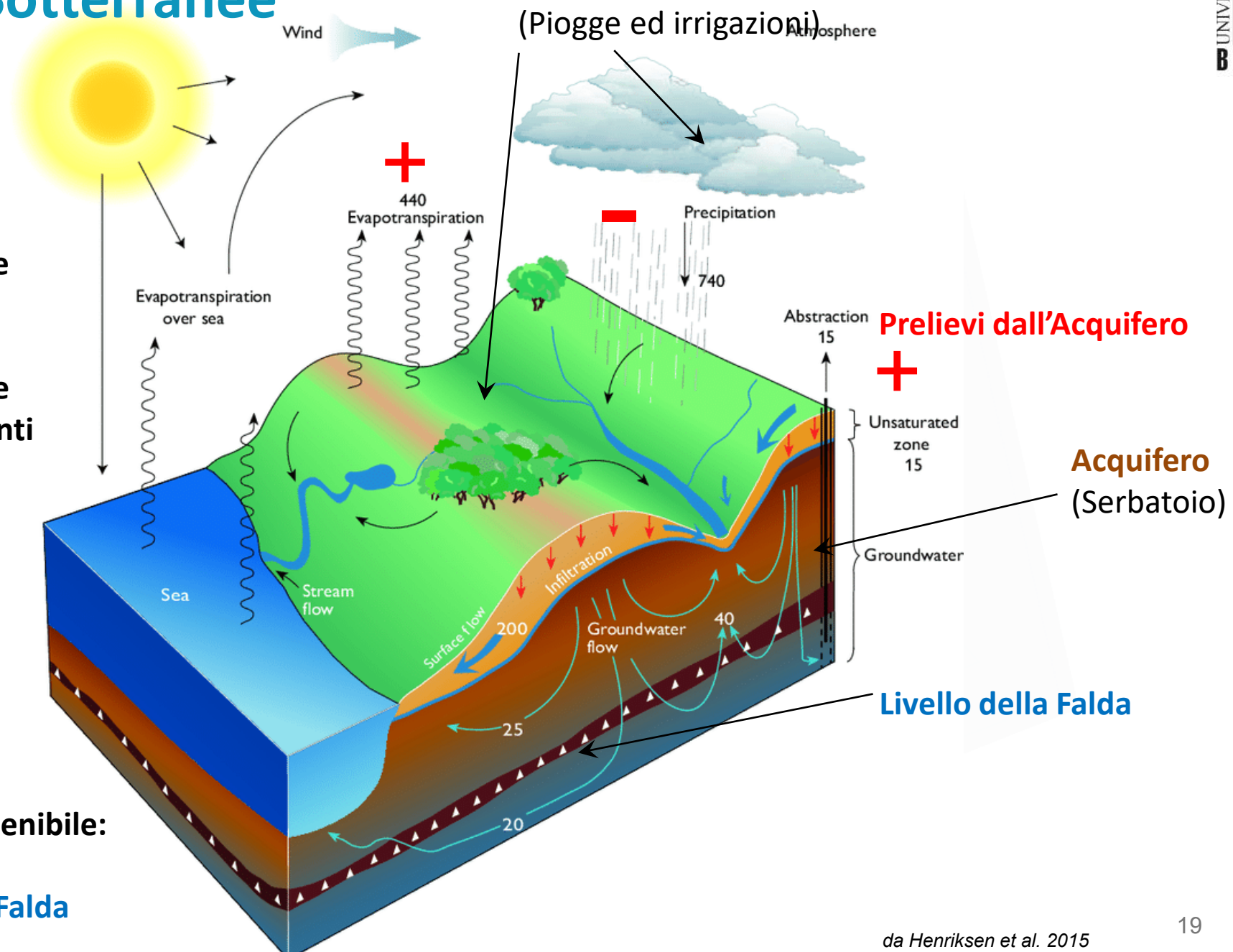
$$\text{Prelievi} \leq \text{Ricarica} \rightarrow \text{Livello Falda}$$

Risorse Idriche Sotterranee

Ricarica dell'Acquifero (Piogge ed irrigazioni)

(Piogge ed irrigazioni)

Impatto dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche sotterranee:
studio delle alterazioni delle voci di bilancio con conseguenti effetti sulla risorsa idrica sotterranea



Bilancio idrico sotterraneo sostenibile:

$$\text{Prelievi} \leq \text{Ricarica} \rightarrow \text{Livello Falda}$$

Obiettivo Principale del Progetto

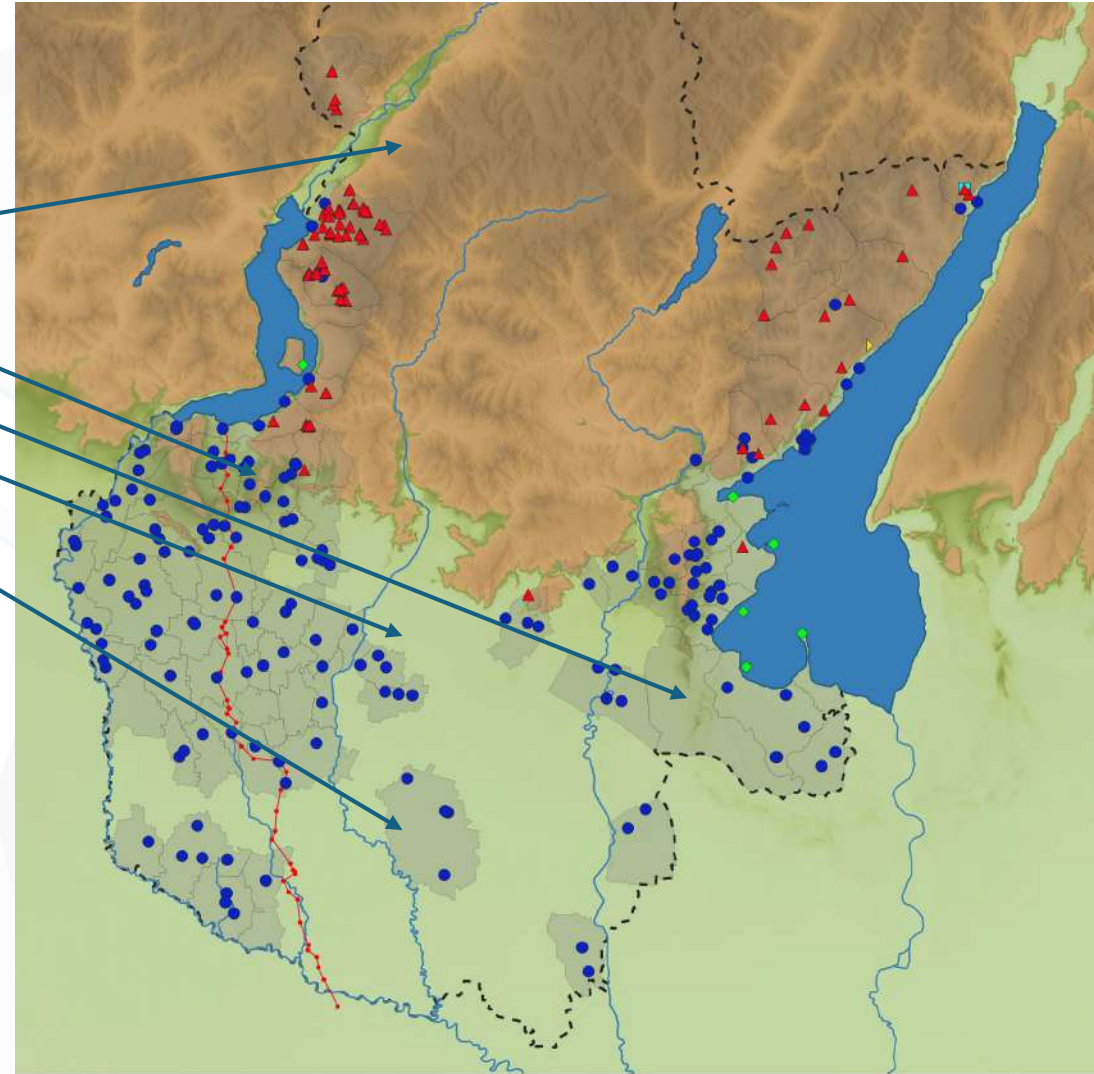
Analizzare gli effetti delle alterazioni delle voci di bilancio idrico sotterraneo dovute ai cambiamenti climatici, nei comparti idrogeologici gestiti da Acque Bresciane:

Montano
Morenico Iseo
Morenico Garda
Alta pianura
Bassa pianura

Sviluppo di strumenti modellistici in aree pilota per scenari

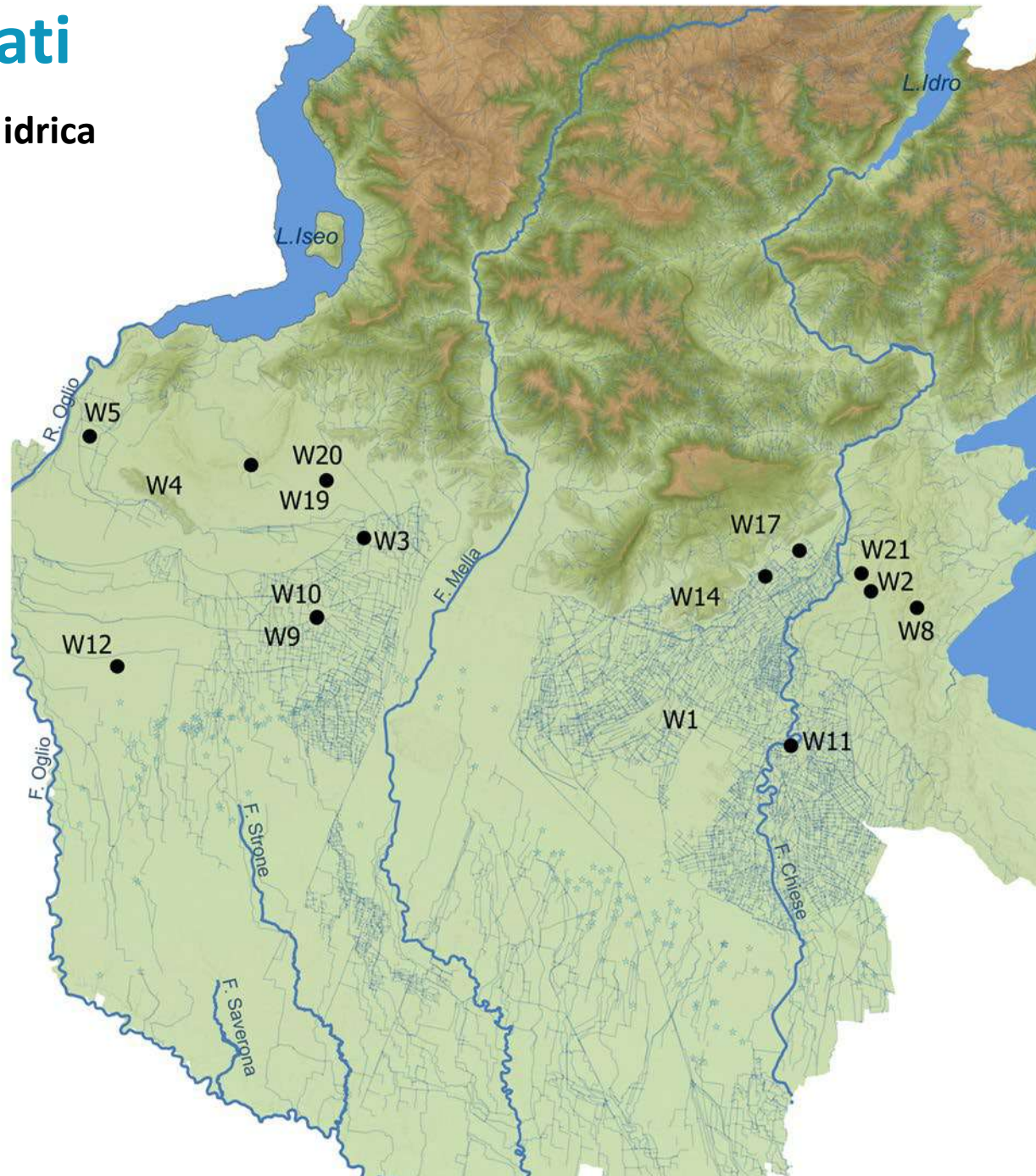
Modello concettuale del bilancio idrico sotterraneo

Identificazione dei comparti più vulnerabili ai cambiamenti climatici



Primi risultati

Effetti della scarsità idrica



Legenda

● Pozzi

Idrografia superficiale

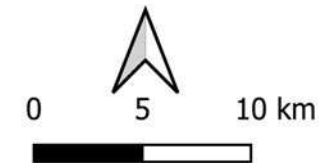
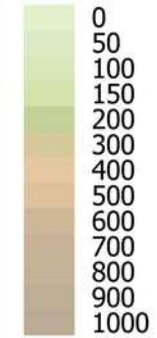
■ Lago

— Fiume

— Canali

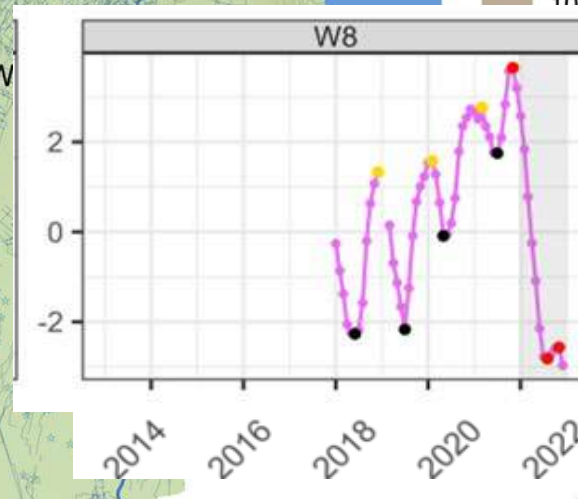
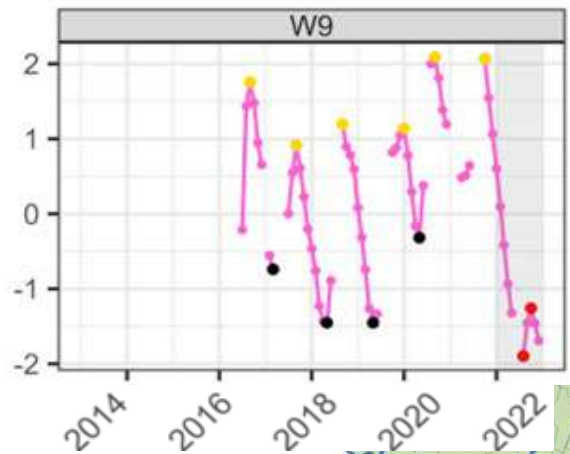
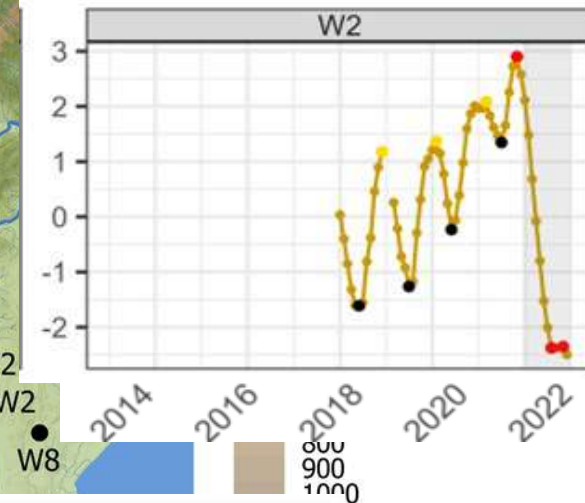
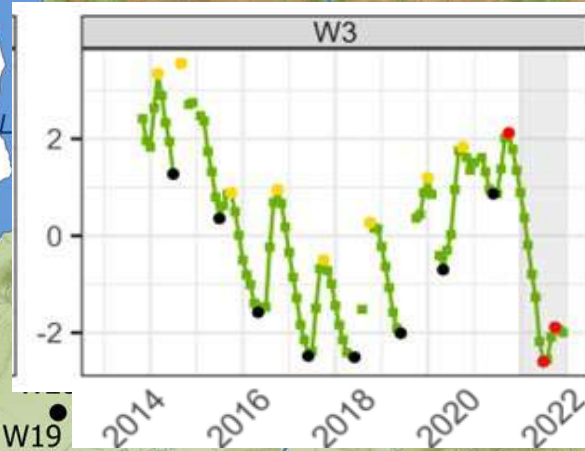
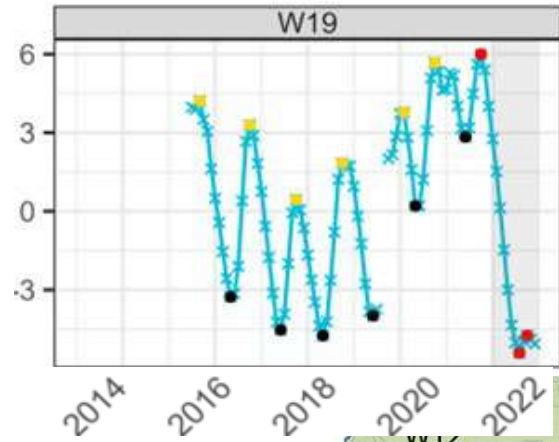
* Fontanili

Quota (m s.l.m.)



Primi risultati

Effetti della scarsità idrica



Legenda

● Pozzi

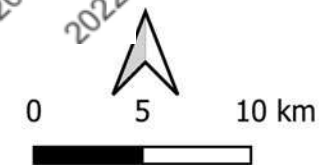
Idrografia superficiale

■ Lago

— Fiume

Andamento
piezometrico
2014-2022

PIOGGE RIDOTTE
1 anno di piogge 50% < media
(2022)



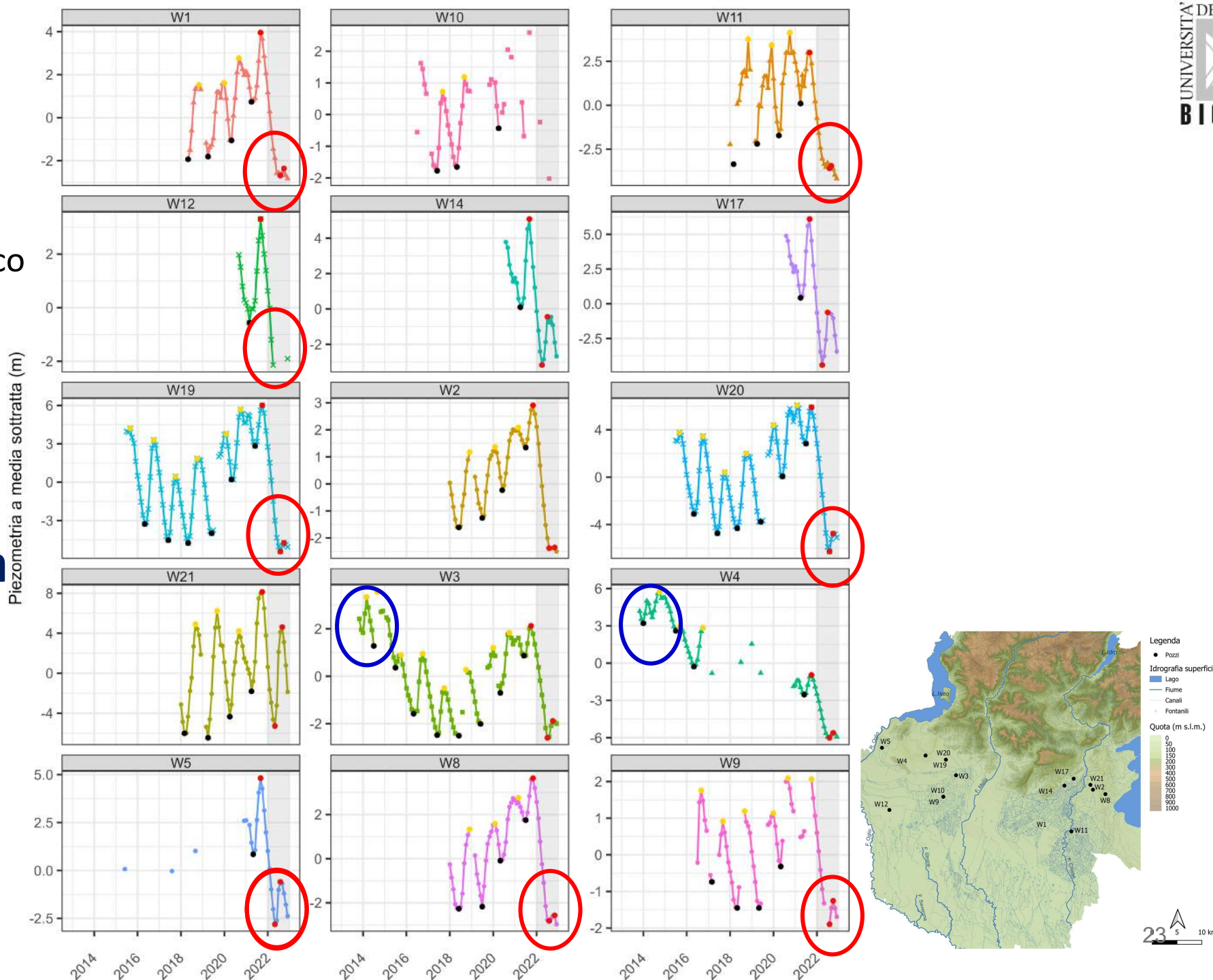
Primi risultati

Effetti della scarsità idrica

Andamento piezometrico
2014-2022

Piogge intense
e scarsità idrica

Tutti i pozzi dell'alta
pianura hanno risentito
dell'abbondanza del 2014
e del siccità del 2022!



Prima analisi nel contesto montano delle sorgenti

Il contesto montano presenta problematiche diverse da quelli di pianura

Ridotta disponibilità idrica

- La circolazione più veloce delle sorgenti le rende vulnerabili a fenomeni siccitosi, estivi per scarsità di precipitazioni o invernali per precipitazioni solide

Contaminazione naturale della falda dovuta alla natura geologica

- Le caratteristiche delle rocce attraversate determinano il chimismo della sorgente

Interruzione o variazione dei circuiti per fenomeni geologici / problemi all'infrastruttura

- La presenza e struttura dei percorsi di flusso può essere intaccata da fenomeni di dissesto idrogeologico, così come l'opera stessa di captazione

Impatto antropico superficiale

- Molto connesso a situazioni sito-specifiche e la scarsa disponibilità di dati rende difficile parametrizzare delle casistiche e la relativa vulnerabilità

Quindi.....

Acque sotterranee: risentono delle variazioni climatiche?

Sì, ma dipende...

- **dalle variazioni delle voci di bilancio**
- **dalla loro durata temporale**
- **dalla quantità di acqua in gioco**



Grazie per l'attenzione