



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI MILANO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE
DELLA TERRA "ARDITO DESIO"

APEGEO

Aperitivi scientifici coi piedi per Terra!

Il sapore dell'acqua.



**Stefania
Stevenazzi**

Acqua in parole

135

Water, is taught by thirst.
Land – by the oceans passed.
Transport – by throe –
Peace – by it's battles told –
Love, by memorial mold –
Birds, by the snow.

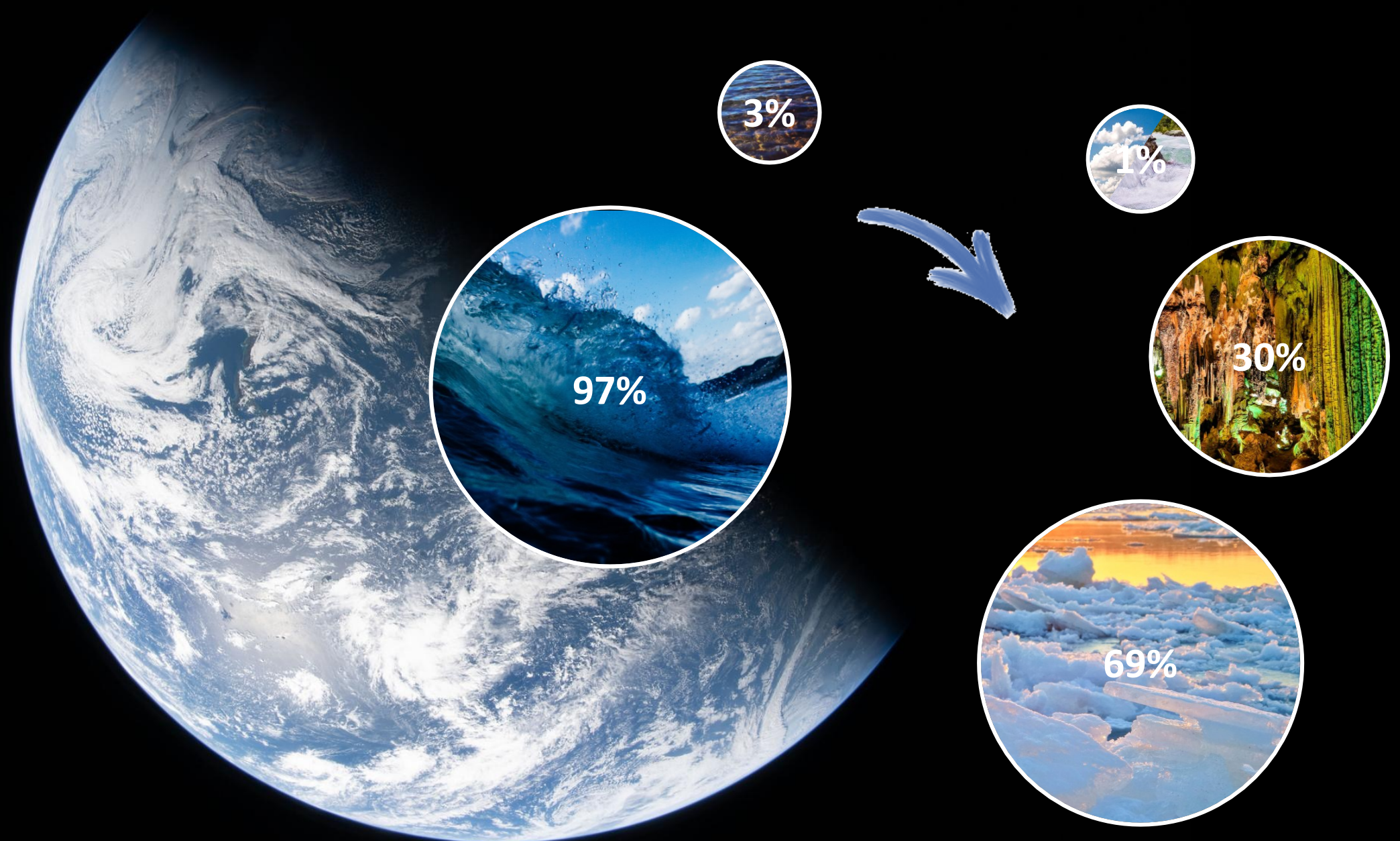
Emily Dickinson

Cantico delle Creature

[...]
Laudato si', mi' Signore, per
sor'aqua, la quale è molto utile et
humile e pretiosa e casta.
[...]

San Francesco D'Assisi

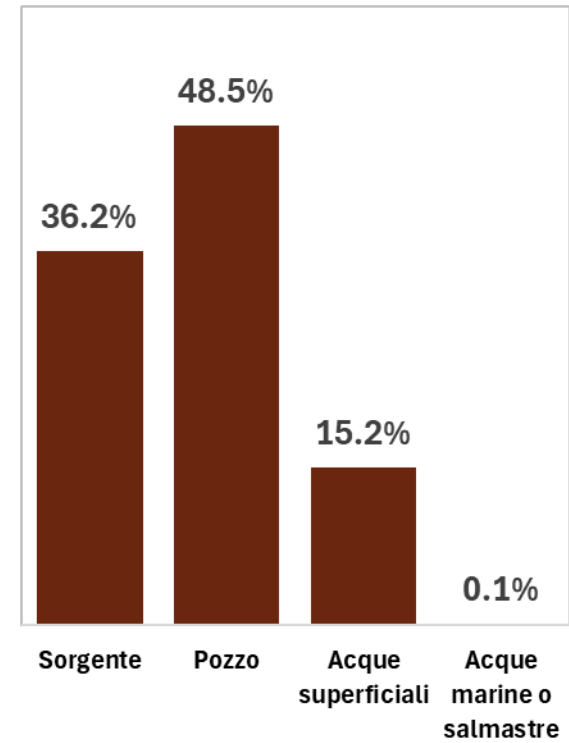
Un mondo d'acqua



Acqua di casa

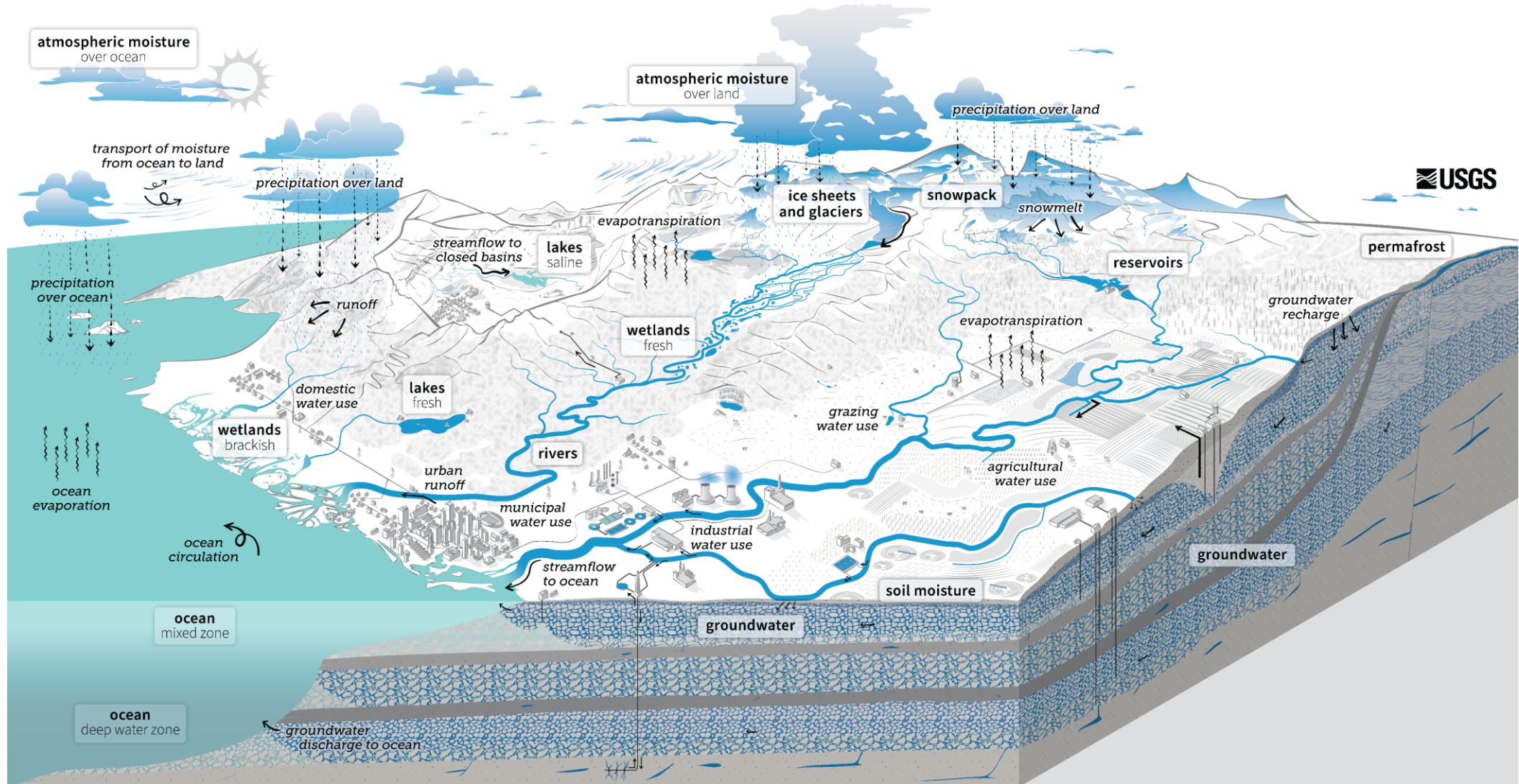


Prelievi di acqua per uso potabile per tipologia di fonte in Italia. Anno 2022.
(Fonte: Istat, Censimento delle acque per uso civile)



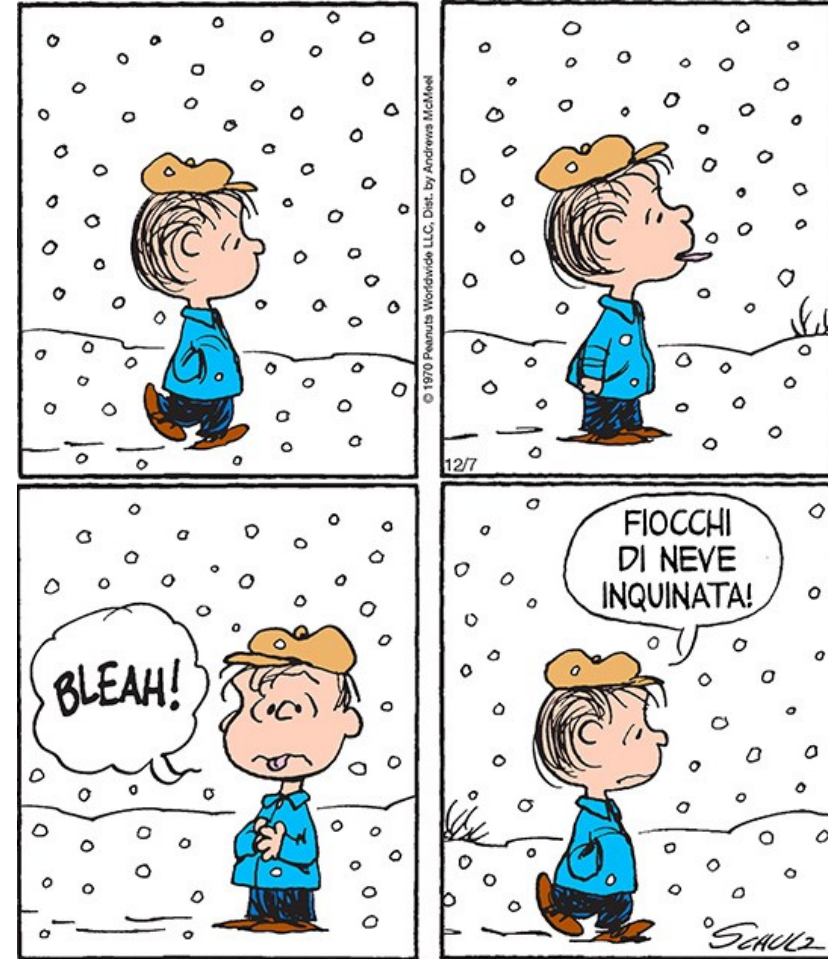
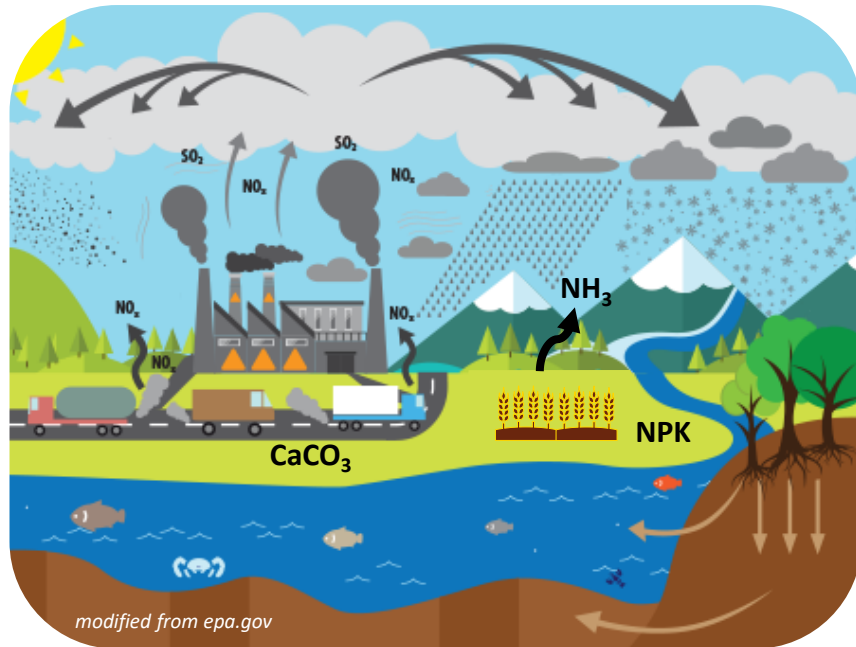
Il sapore dell'acqua.
Stefania Stevenazzi

Il ciclo dell'acqua



Dall'atmosfera...

I cambiamenti nella copertura e nell'uso del suolo sono uno dei fattori chiave che determinano le variazioni nella composizione chimica delle precipitazioni, dovute all'incorporazione di gas atmosferici e particolato sospeso nelle goccioline d'acqua.

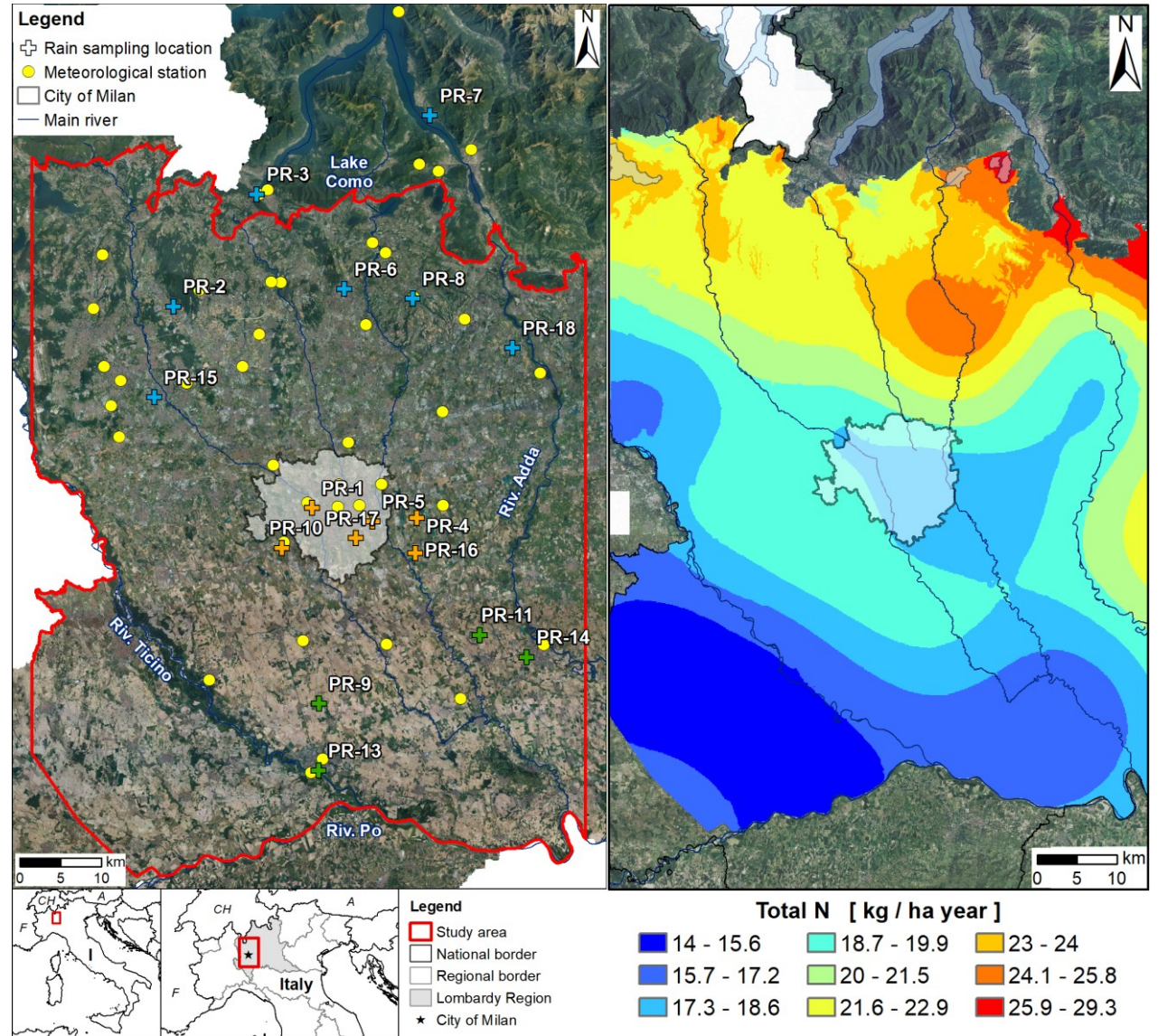


...al terreno

La composizione chimica delle precipitazioni è un aspetto fondamentale per valutare i potenziali impatti degli inquinanti sul funzionamento degli ecosistemi sia superficiali che sotterranei.

Coltura	Produzione (t/ha)	Requisiti di azoto (kg/ha/ciclo)
Alfalfa o erba medica (<i>Medicago sativa</i>)	7 - 13	25 - 30
Frumento comune (<i>Triticum aestivum</i>)	7	170
Mais (<i>Zea mays</i>)	10 - 13	200 - 290
Riso var. <i>Japonica</i> (<i>Oryza sativa</i>)	6	80 - 120

© EuroChem



Stevenazzi et al., 2020

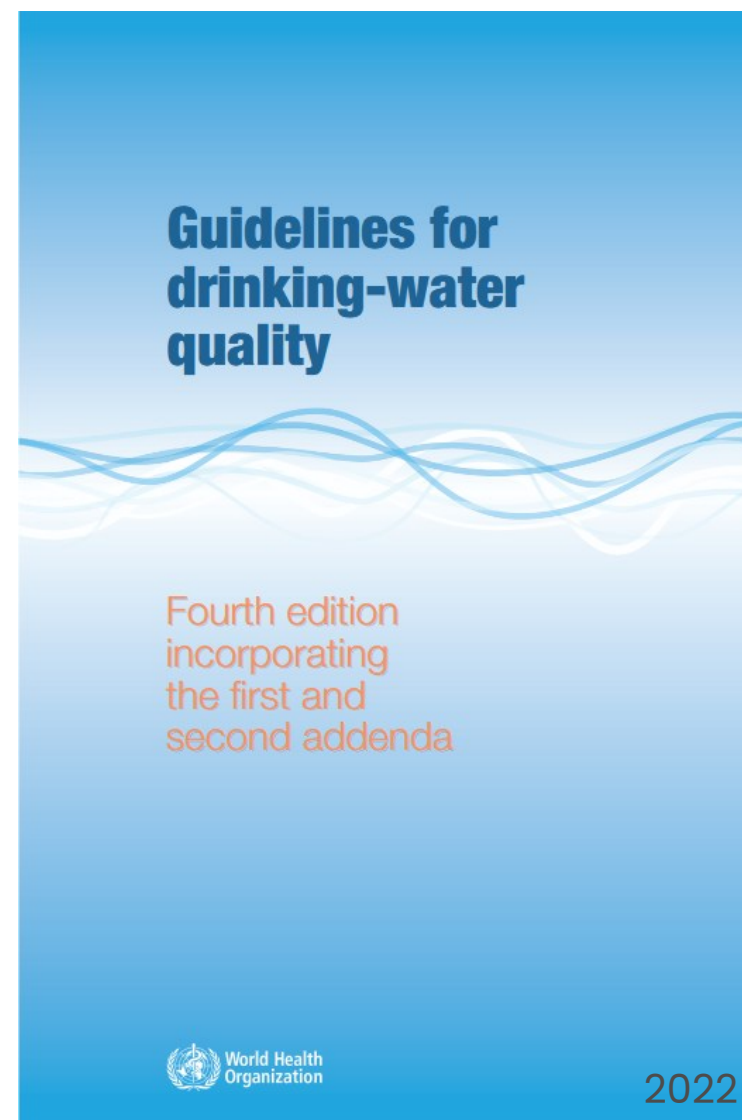
Acqua di qualità

L'**acqua potabile** è definita sicura quando non rappresenta alcun rischio significativo per la salute nell'arco della vita di consumo, comprese le diverse sensibilità che possono verificarsi durante le varie fasi della vita (infanti, anziani).

Un'acqua potabile sicura è necessaria per tutti gli usi domestici abituali, compresi il consumo, la preparazione dei cibi e l'igiene personale.

Table 8.14 Guideline values for chemicals from agricultural activities that are of health significance in drinking-water

Chemical	Guideline value		Remarks
	µg/l	mg/l	
Non-pesticides			
Nitrate (as NO ₃ ⁻)	50 000	50	Based on short-term effects, but protective for long-term effects
Nitrite (as NO ₂ ⁻)	3 000	3	Based on short-term effects, but protective for long-term effects



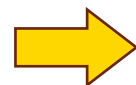
Acqua di qualità

«L'acqua è inodore, insapore e incolore.»

Linee guida Organizzazione Mondiale della Sanità (4° edizione, 2022):

Il **sapore e l'odore** possono derivare da contaminanti chimici inorganici e organici naturali e da fonti o processi biologici, dalla contaminazione da sostanze chimiche sintetiche, dalla corrosione o da problemi legati al trattamento dell'acqua. Possono quindi essere un'indicazione della presenza di sostanze potenzialmente nocive.

Anche **il colore, la torbidità, il particolato e gli organismi visibili** possono essere notati dai consumatori e possono creare preoccupazioni circa la qualità e l'accettabilità di una fornitura di acqua potabile.



Direttiva (UE) 2020/2184; D.Lgs. 18/2023

Colore, odore, sapore, torbidità:
Accettabile per i consumatori e
senza variazioni anomale

Nitrato: < 50 mg/L

Ammonio: < 0.50 mg/L

Solfato: < 250 mg/L

Arsenico: < 0.01 mg/L

Fluoruri: < 1.5 mg/L

Acqua minerale naturale

Per «acqua minerale naturale» si intende un'acqua microbiologicamente pura, la quale **abbia per origine una falda o un giacimento sotterranei** e provenga da una sorgente con una o più emergenze naturali o perforate.

L'acqua minerale naturale **si distingue** nettamente dall'acqua ordinaria da bere:

- a) per la sua natura, caratterizzata dal tenore in minerali, oligoelementi o altri costituenti ed eventualmente per taluni suoi effetti;
- b) per la sua purezza originaria.

La composizione, la temperatura e le altre caratteristiche essenziali dell'acqua minerale naturale **debbono mantenersi costanti** nell'ambito delle variazioni naturali.

Direttiva 2009/54/CE; D.Lgs. 176/2011

Direttiva 2003/40/CE

Nitrato: < 50 mg/L

Solfato: no limite

Arsenico: < 0.01 mg/L

Fluoruri: < 5 mg/L

D.M. 21/12/2003

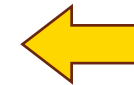
Nitrato: < 45 mg/L (15* mg/L)

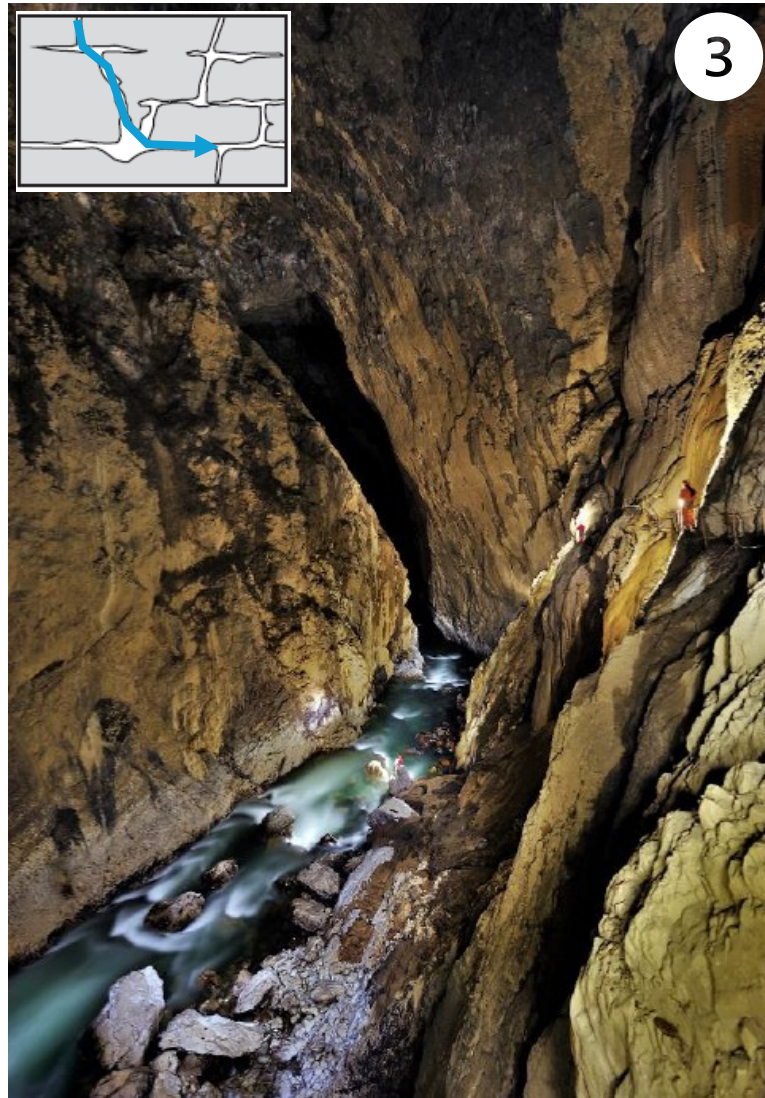
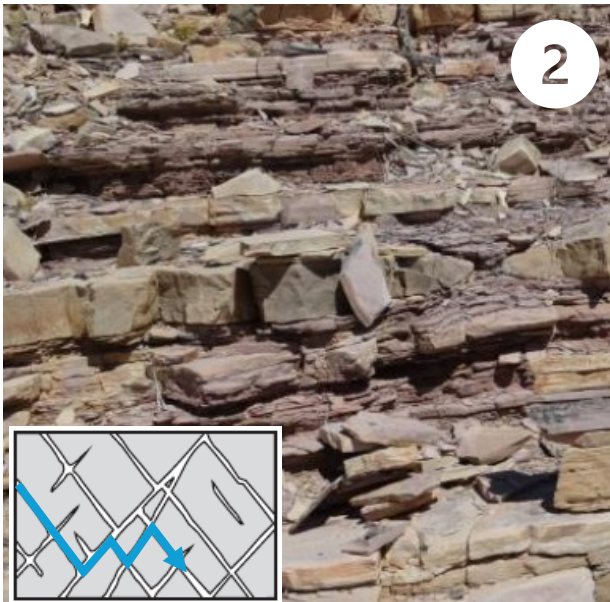
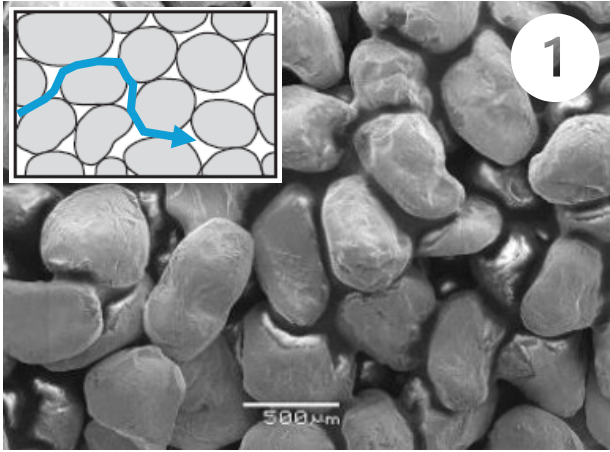
Solfato: no limite

Arsenico: < 0.01 mg/L

Fluoruri: < 5 mg/L (1.5* mg/L)

* per acque destinate all'infanzia





Kresic, 2023

Acquiferi

Gli acquiferi possono essere:

1. porosi (sabbie, ghiaie),
2. fratturati (basalti, graniti),
3. carsificati (calcari, gessi).

Una carta d'identità

Normativa cogente: **D.lgs n.18/2023 Attuazione direttiva (UE) 2020/2184**

Parametro	Limiti di legge	Acqua di Milano	Unità di misura
Ammonio	0,5	<0,05	mg/l
Arsenico	10	1	µg/l
Bicarbonati		231	mg/l
Calcio		90	mg/l
Cloro Residuo	0,2*	0,07	mg/l
Cloruri	250	34	mg/l
Conducibilità	2500	584	µS/cm a 20°
Durezza	15-50	31	°F
Fluoruri	1,5	<0,15	mg/l
Magnesio		19,9	mg/l
Manganese	50	<1,25	µg/l
Nitrati	50	26	mg/l
Nitriti	0,5	<0,05	mg/l
pH	Da 6,5 a 9,5	7,4	Unità pH
Potassio	10	2	mg/l
Residuo Fisso A 180°	1500*	418	mg/l
Sodio	200	15	mg/l
Solfati	250	50	mg/l

www.latuaacqua.it



Image created with the aid of AI



Il sapore dell'acqua.
Stefania Stevenazzi

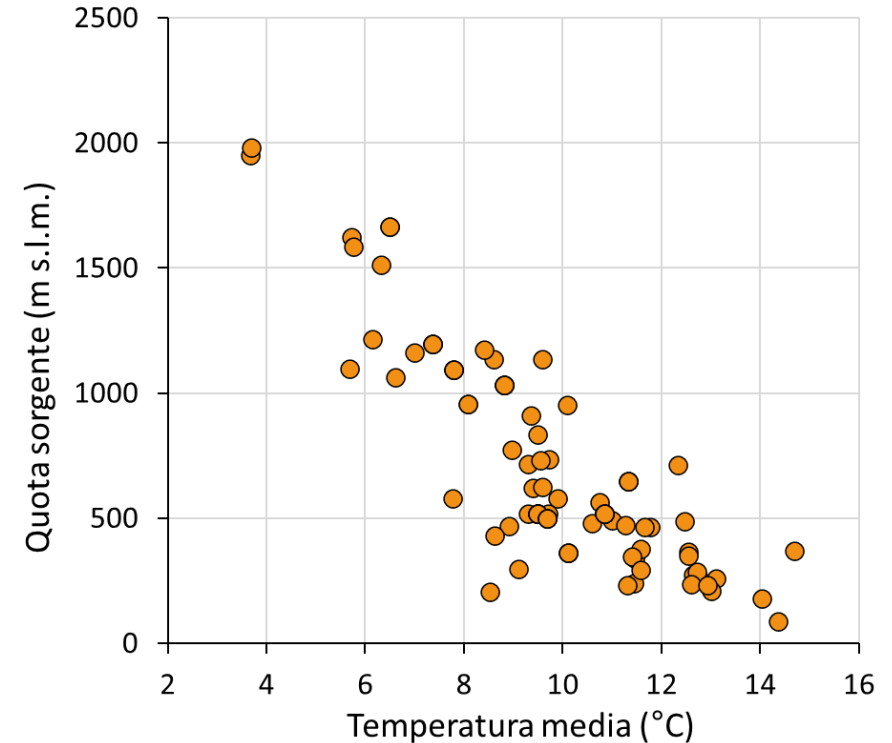
Servire a temperatura ottimale di...

La temperatura dell'acqua può dare indicazioni sui circuiti sotterranei e su eventuali mescolamenti tra acque diverse.

Inoltre, esercita un ruolo importante sul pH e sulla solubilità dei sali disciolti.

La temperatura dell'acqua dipende dalle radiazioni solari (escursioni termiche giornaliere e annuali), dalla temperatura dell'acqua di infiltrazione (precipitazioni e fusione nivo-glaciale) e dal gradiente geotermico.

Temperatura	<20°C	20-35°C	35-50°C	>50°C
Acque	Fredde	Ipotermali	Mesotermali	Ipertermali



Ha un sapore acido

pH

Il pH è una misura dell'acidità / alcalinità di una soluzione acquosa, basata sulla disponibilità di ioni idrogeno [H⁺].

pH = 7 → soluzione neutra

pH < 7 → soluzione acida

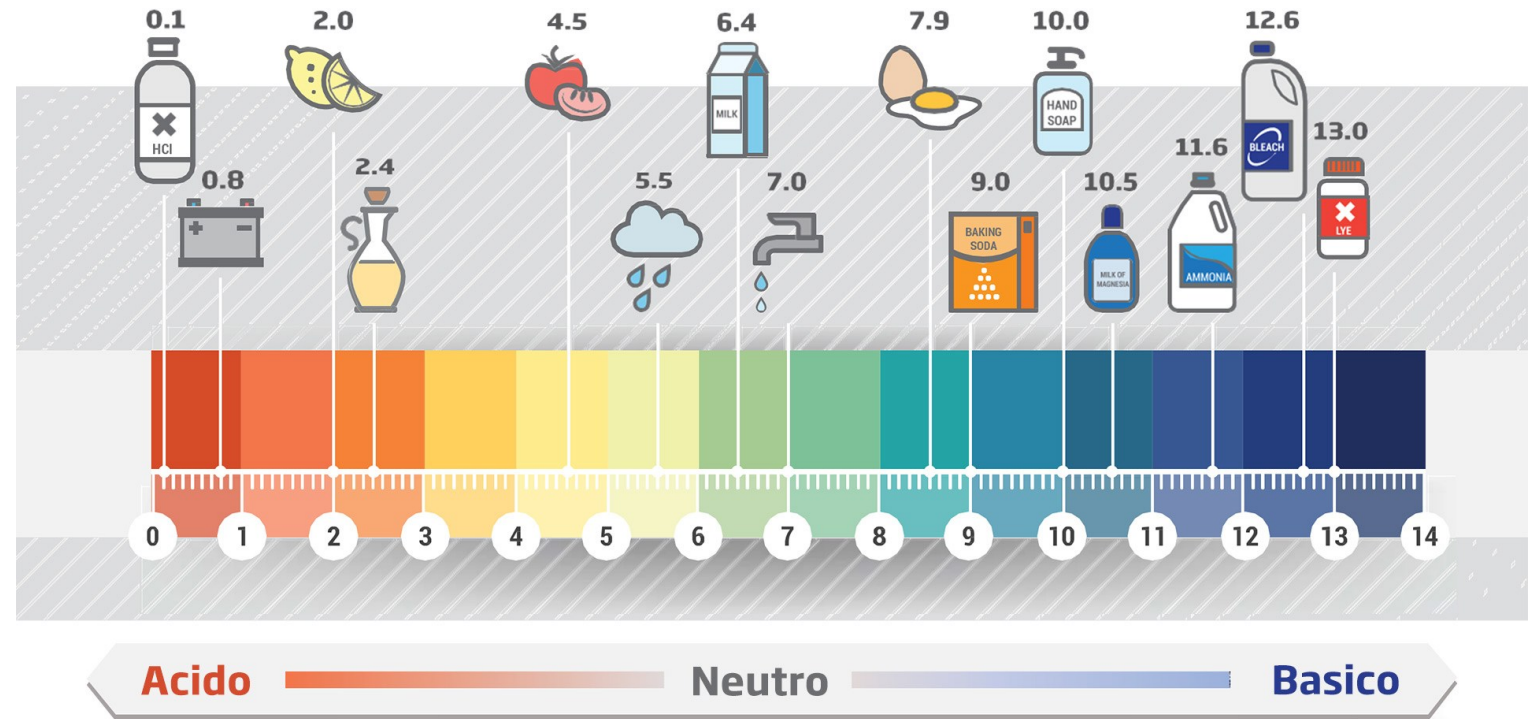
pH > 7 → soluzione alcalina

Esempi:

Pioggia: 5-6 (dissoluzione di CO₂ atmosferica nelle gocce di pioggia)

Rocce carbonatiche: 7.2-7.5 (equilibrio CO₂ - H₂O - CaCO₃)

Rocce silicee: 6 (povere di CaCO₃)



<https://hanna.it/che-cose-il-ph/>

Effervescenza e uova marce

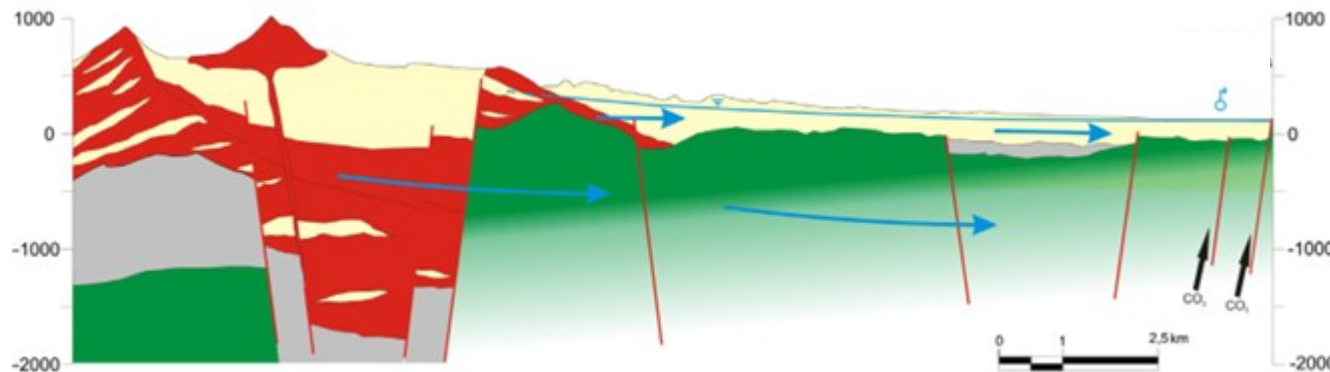
CO₂ e H₂S

I gas, disciolti in acqua, sono di origine:

- Endogena: origine magmatica e vulcanica
- Esogena: atmosfera
- Altre: reazioni chimiche e biochimiche

O₂: origine atmosferica. Il contenuto dipende dal tempo di circolazione nell'acquifero e dalla lunghezza del percorso.

H₂S: origine endogena (risalita di fluidi magmatici).



CO₂: origine atmosferica, biogenica (suolo), interazione acqua-roccie carbonatiche, profonda (fluidi magmatici, metamorfismo di carbonati, diagenesi di sedimenti organici).

Quanto sale!

Residuo fisso

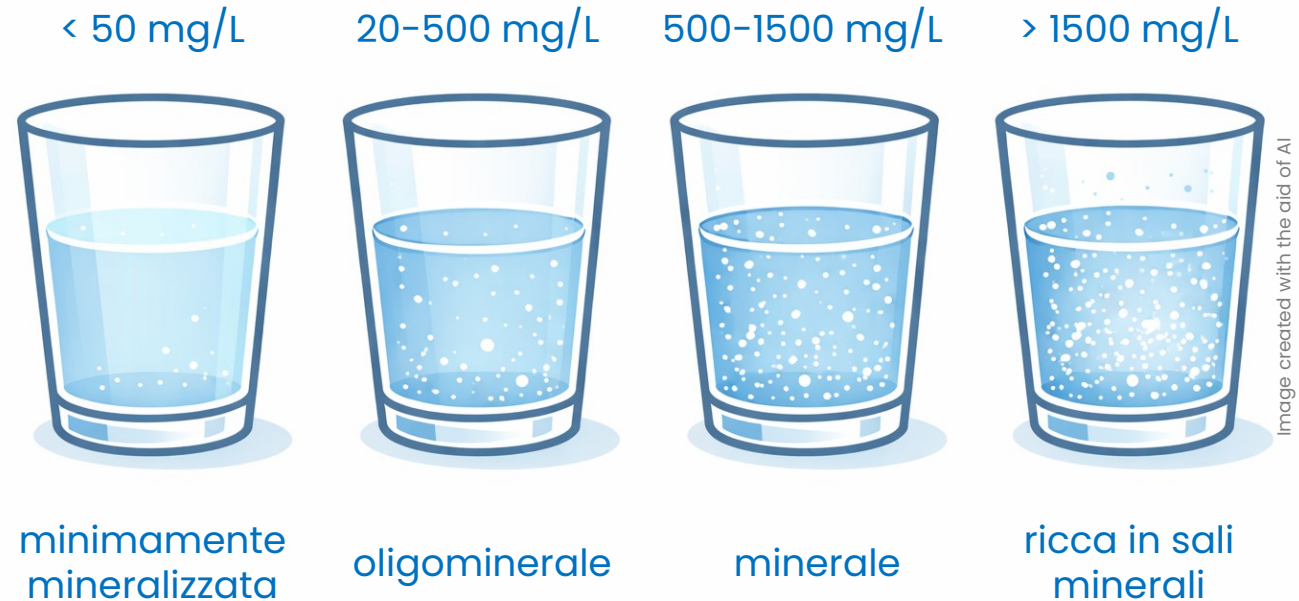
Il grado di mineralizzazione di un'acqua viene convenzionalmente definito come la massa di composti solidi in un volume d'acqua (*residuo fisso o residuo secco*).

Si misura facendo evaporare l'acqua a 180°C e successivamente pesando il residuo solido disseccato.

I sali disciolti sono di origine:

- Endogena: risalgono unitamente ai vapori e ai gas di origine profonda
- Esogena: dovuti alla dissoluzione delle rocce attraversate e, in misura limitata, all'apporto delle acque di pioggia

Classificazione acque minerali (D.Lgs. 176/2011)



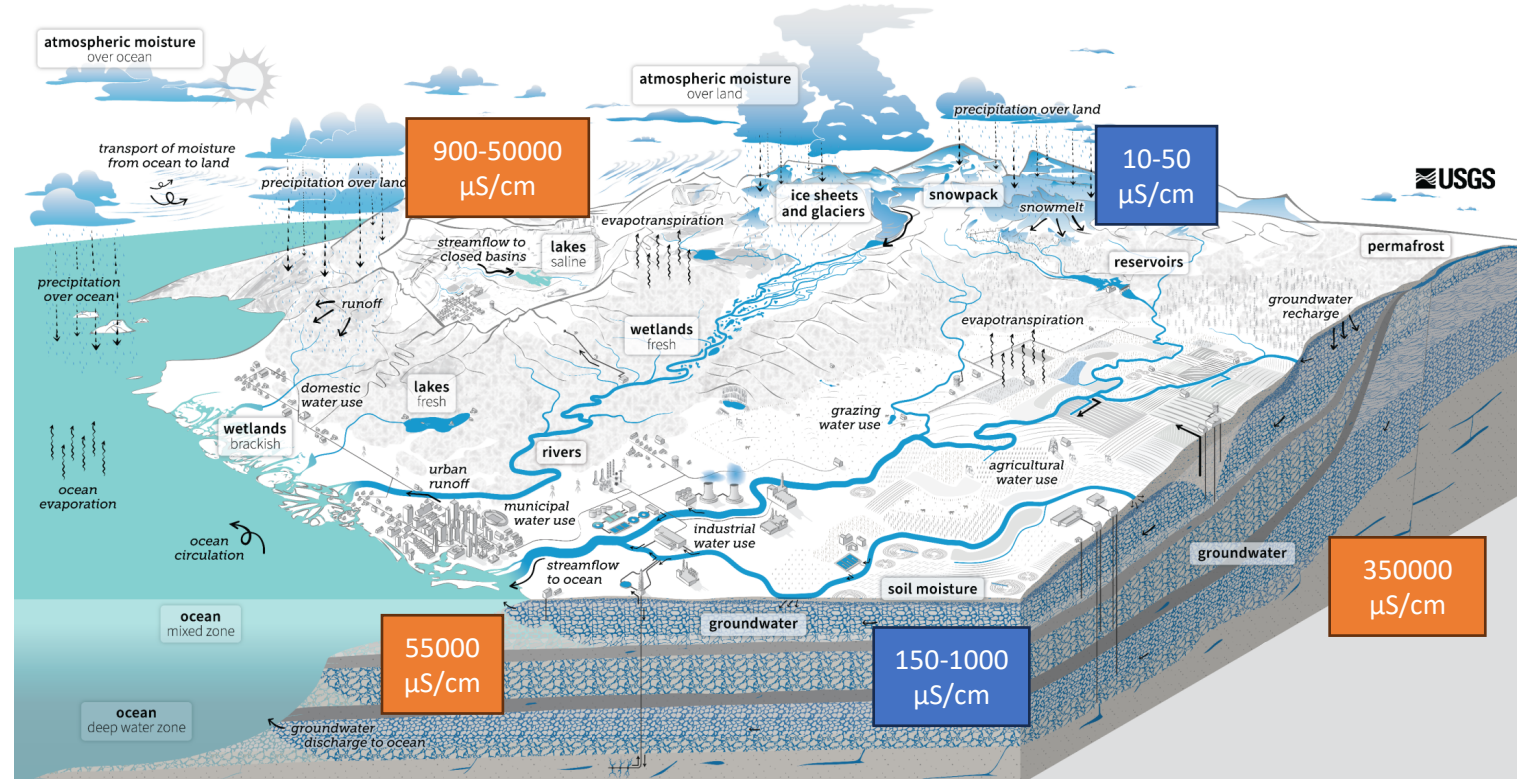
Quanto sale!

Conducibilità elettrolitica

Le acque, come tutte le soluzioni saline, sono dotate di *conducibilità elettrolitica*: i portatori di cariche elettriche sono ioni carichi positivamente (cationi) e negativamente (anioni).

Si misura in campo o in laboratorio tramite un conduttimetro e, poiché essa dipende dalla temperatura ($\uparrow T$, $\uparrow EC$), il risultato si riferisce a una temperatura standard (es. 20°C).

La conducibilità elettrolitica fornisce buoni indizi sulle caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero oggetto d'indagine.



Assaggiamo!

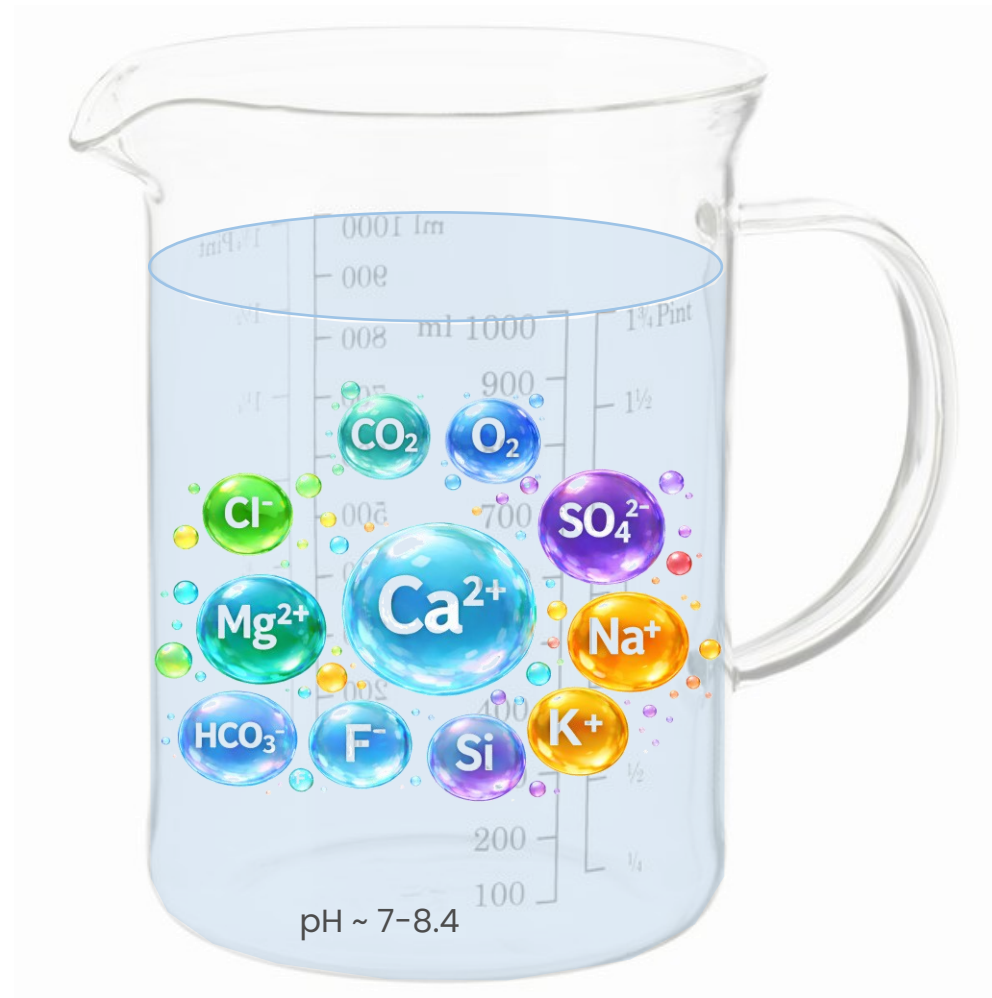
Parametro	Unità di misura	Pioggia (Milano*)	Acqua 1	Acqua 2	Acqua 3	Acqua 4	Acqua 5	Acqua 6
T	°C		6.6	10.9		12		
pH		6.2	6.9	8	5.7	6.32	6.2	7.1
CO ₂	mg/L		3.2	2.8	1559	944	2590	42
Residuo fisso a 180°C	mg/L		22.4	143	729	910	1328	2430
Conducibilità elettrolitica a 20°C	µS/cm	28.8	25.1	225	1122	1342	1800	2200

Selezione delle acque a puro scopo esemplificativo. Valori da etichette; *Stevenazzi et al., 2020

È dolce o salata?

Composizione chimica

Rocce magmatiche	Rocce sedimentarie	Rocce metamorfiche
Quarzo SiO ₂	Quarzo SiO ₂	Quarzo SiO ₂
Feldspati KAlSi ₃ O ₈ , NaAlSi ₃ O ₈	Minerali delle argille (Al) ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	Feldspati KAlSi ₃ O ₈ , NaAlSi ₃ O ₈
Miche KMg ₃ AlSi ₃ O ₁₀ (OH) ₂	Feldspati KAlSi ₃ O ₈ , NaAlSi ₃ O ₈	Miche KMg ₃ AlSi ₃ O ₁₀ (OH) ₂
Pirosseni CaSiO ₃ , MgSiO ₃ , FeSiO ₃	Calcite CaCO ₃	Granati Mg ₃ Al ₂ (SiO ₄) ₃ , Mn ₃ Al ₂ (SiO ₄) ₃
Anfiboli Na ₂ Mg ₃ Al ₂ Si ₈ O ₂₂ (OH) ₂	Dolomite CaMg(CO ₃) ₂	Pirosseni CaSiO ₃ , MgSiO ₃ , FeSiO ₃
Olivina (Fe,Mg) ₂ SiO ₄	Gesso CaSO ₄	
	Salgemma (Halite) NaCl	



È dolce o salata?

Alcuni indizi



Proviene dalla dissoluzione dei carbonati di calcio e magnesio. È l'anione più diffuso.

↑ HCO_3^- = rocce carbonatiche (calcari e dolomie)

↓ HCO_3^- = rocce silicee (arenarie e rocce cristalline, cioè rocce magmatiche e metamorfiche)

↑ HCO_3^- = in presenza di CO_2 (materia organica, risalita di fluidi profondi)

↓ HCO_3^- = circolazione idrica breve o diluizione per infiltrazione rapida di acque meteoriche



Proviene dalla dissoluzione del salgemma e dei sali di potassio. È un ottimo tracciante naturale.

↑ Cl^- = intrusione marina e spray marino (zone costiere)

↑ Cl^- = circolazioni idriche lente e/o percorsi lunghi (tempi elevati di contatto acqua-roccia)

↑ Cl^- = può essere sintomo di inquinamento della falda (urine, scarichi industriali)



Proviene dalla dissoluzione di gesso o anidrite.

↑ SO_4^{2-} = rocce evaporitiche (gessi)

↑ SO_4^{2-} = spray marino (zone costiere)

↑ SO_4^{2-} = ossidazioni dei solfuri (es. pirite) per mezzo di batteri solfato-riduttori in ambiente riducente

→ ↑ Fe^{2+} , NH_4^+ , H_2S ↓ NO_3^-



↑ F^- = risalita di fluidi profondi da un corpo magmatico più o meno profondo

È dolce o salata?

Alcuni indizi



Proviene dalla dissoluzione dei carbonati di calcio e del solfato di calcio. È il catione più diffuso.

Spesso è accompagnato dal magnesio.



Si trovano generalmente sotto forma di solfati, carbonati e, soprattutto, cloruri.

↑ Na⁺, K⁺ = zone idrotermali



↑ Na⁺, K⁺ = circolazioni idriche lente e/o percorsi lunghi (tempi elevati di contatto acqua-roccia)

↑ K⁺ = può essere sintomo di inquinamento della falda (fertilizzanti NPK)



Proviene dalla dissoluzione di carbonati, cloruri e solfati di magnesio.

↑ Mg²⁺ = rocce evaporitiche (gessi)

Mg²⁺ > Ca²⁺ = dolomie



Fe²⁺, Mn²⁺ : indicatori di condizioni riducenti (es. per presenza di torbe)



As, Li⁺, F⁻ : circolazione idrica in vulcaniti, risalita di fluidi profondi

Assaggiamo!

Parametro	Unità di misura	Pioggia (Milano*)	Acqua 1	Acqua 2	Acqua 3	Acqua 4	Acqua 5	Acqua 6
Calcio	mg/L	1.7	3.3	32.3	171.0	310.0	400.0	520.0
Magnesio	mg/L	0.2		6.7	26.0	15.1	23.0	99.0
Sodio	mg/L	0.8	1.5	7.0	64.0	19.9	50.0	15.5
Potassio	mg/L	0.5		0.9	7.3	3.8	49.0	
Cloruri	mg/L	1.9		8.2	76.0	18.8	17.0	
Solfati	mg/L	2.6		23.0	89.0	55.7	4.5	1500.0
Bicarbonati	mg/L		12.5	107.0	598.0	976.0	1500.0	259.0
Nitrati	mg/L	4.7	0.9	2.4	6.4	0.9	4.0	<0.5
Fluoruri	mg/L	0.2	< 0.1	< 0.1	0.9	0.3	1.0	

Selezione delle acque a puro scopo esemplificativo. Valori da etichette; *Stevenazzi et al, 2020



Il sapore dell'acqua.
Stefania Stevenazzi

Un nome Menzioni

Menzioni	Criteri
Oligominerale o leggermente mineralizzata	Il tenore di sali minerali, calcolato come residuo fisso, non è superiore a 500 mg/l
Minimamente mineralizzata	Il tenore di sali minerali, calcolato come residuo fisso, non è superiore a 50 mg/l
Ricca in sali minerali	Il tenore di sali minerali, calcolato come residuo fisso, è superiore a 1 500 mg/l
Contenente bicarbonato	Il tenore di bicarbonato è superiore a 600 mg/l
Solfata	Il tenore di solfati è superiore a 200 mg/l
Clorurata	Il tenore di cloruro è superiore a 200 mg/l
Calcica	Il tenore di calcio è superiore a 150 mg/l
Magnesiaca	Il tenore di magnesio è superiore a 50 mg/l
Fluorata, o contenente fluoro	Il tenore di fluoro è superiore a 1 mg/l
Ferruginosa, o contenente ferro	Il tenore di ferro bivalente è superiore a 1 mg/l
Acidula	Il tenore di anidride carbonica libera è superiore a 250 mg/l
Sodica	Il tenore di sodio è superiore a 200 mg/l
Indicata per la preparazione degli alimenti per lattanti	—
Indicata per le diete povere di sodio	Con un tenore di sodio inferiore a 20 mg/l
Può avere effetti lassativi	—
Può avere effetti diuretici	—



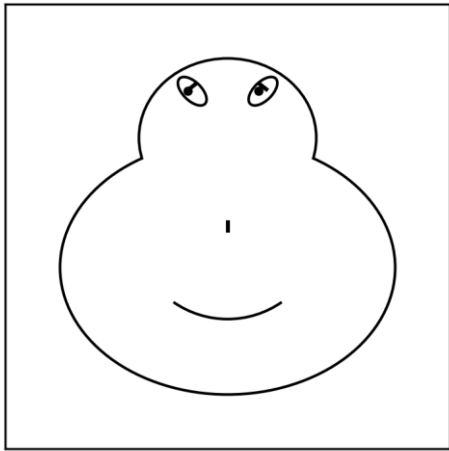
Acqua 1: minimamente mineralizzata, indicata per le diete povere di sodio

Acqua 2: oligominerale, indicata per le diete povere di sodio

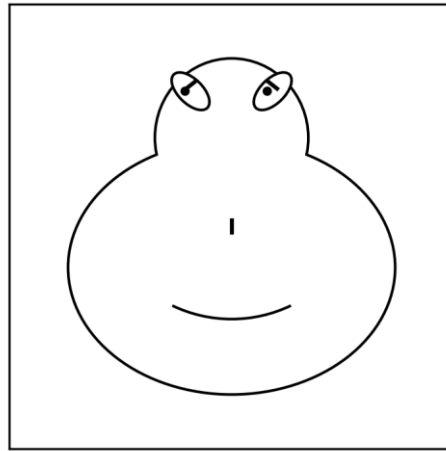
Acqua 3, 4, 5: minerale, acidula, bicarbonato-calcica

Acqua 6: ricca in sali minerali, solfato-calcica-magnesiaca

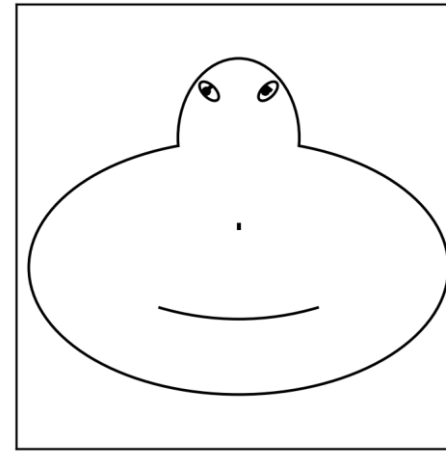
Acqua 2



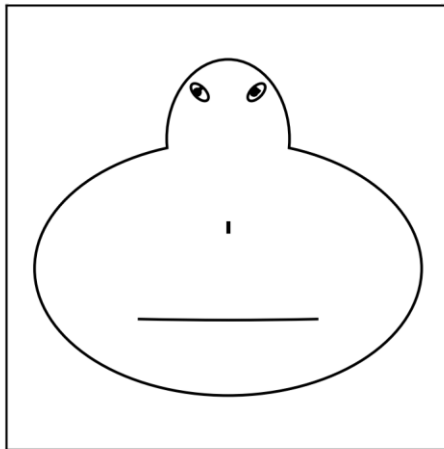
Acqua 3



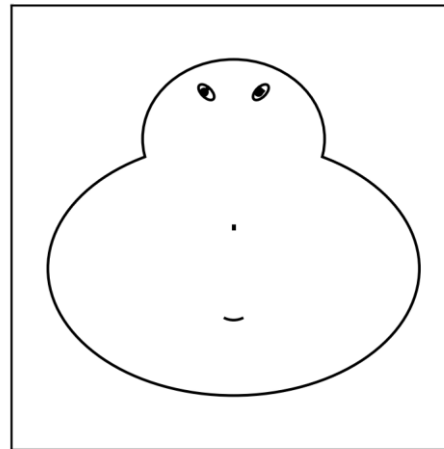
Acqua 4



Acqua 5



Acqua 6



Faccia di Chernoff

Chernoff, 1973

(non più in uso)

Un nome Facies idrochimica

Concentrazioni dal progetto europeo
"Geochemistry of European bottled water"

Explanation

Width of upper face = Mg^{2+}
Width of lower face = Ca^{2+}

Length of nose = $Na^+ + K^+$
Curvature of mouth = SO_4^{2-}

Length of mouth = HCO_3^-
Size of eyes = Cl^-

Diagramma di Piper

Piper, 1944

- Acqua 2
- ▲ Acqua 3
- ◆ Acqua 4
- ✖ Acqua 5
- ◆ Acqua 6

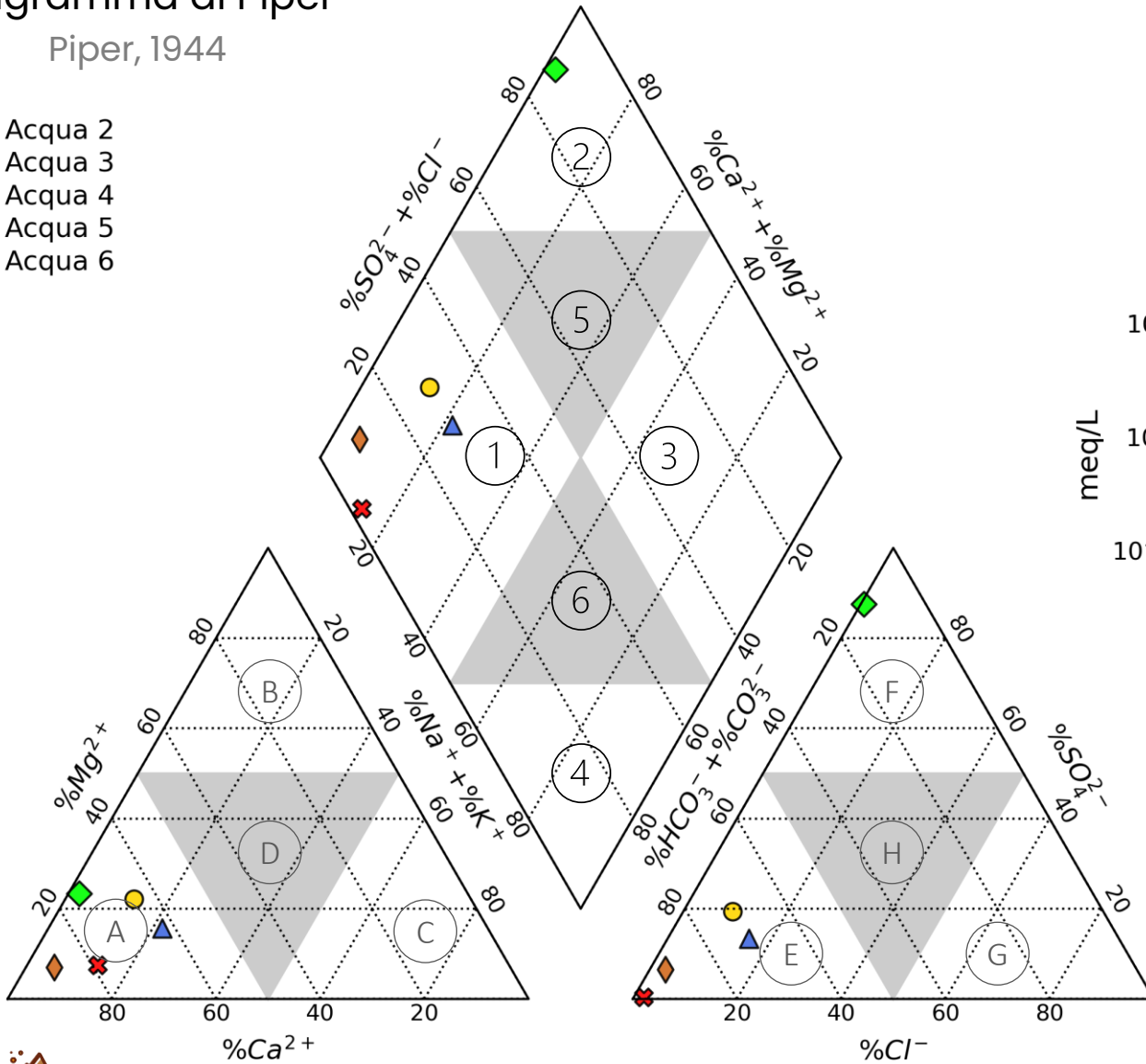
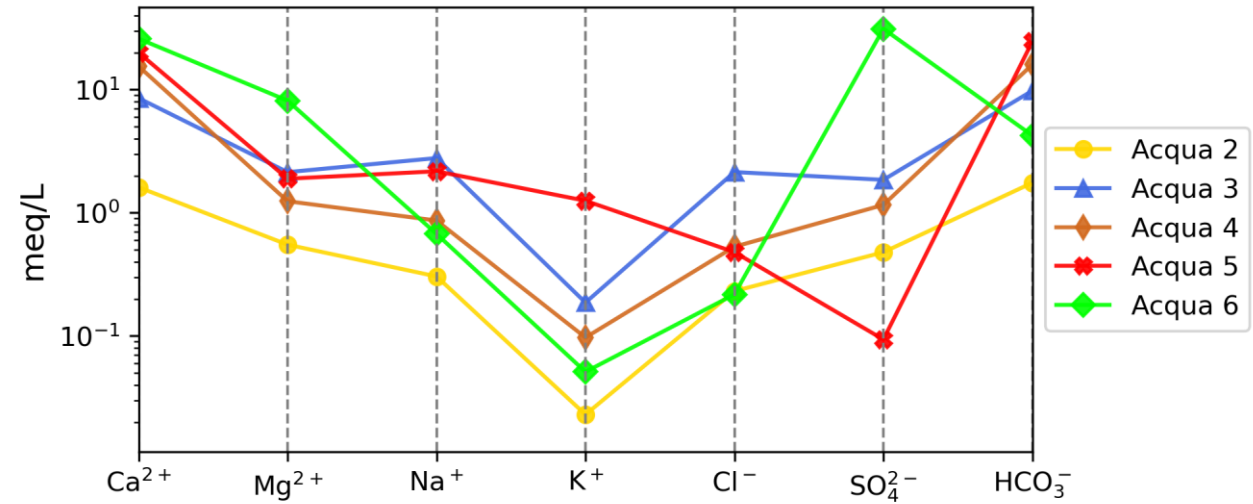


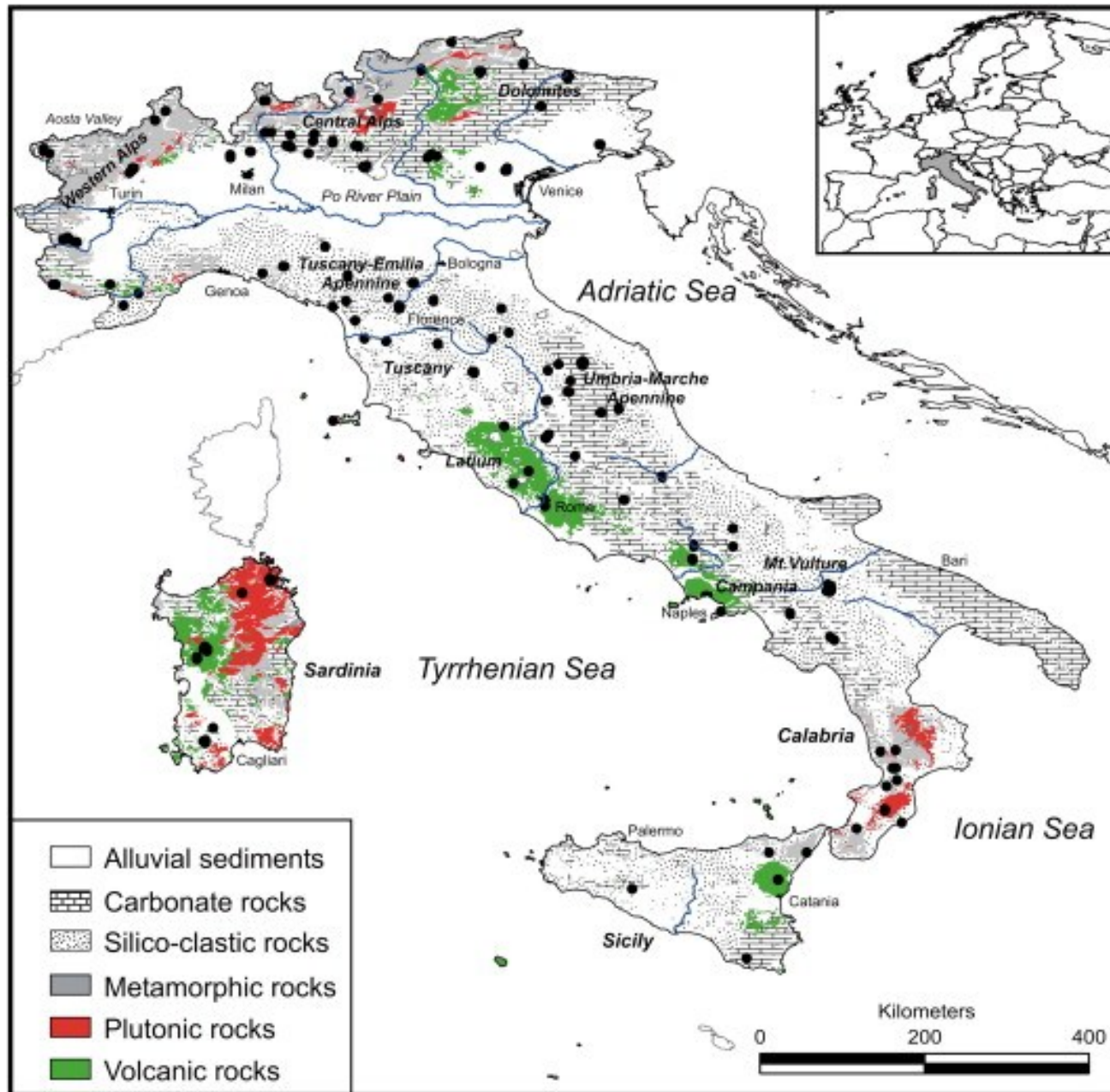
Diagramma di Schoeller

Schoeller, 1962



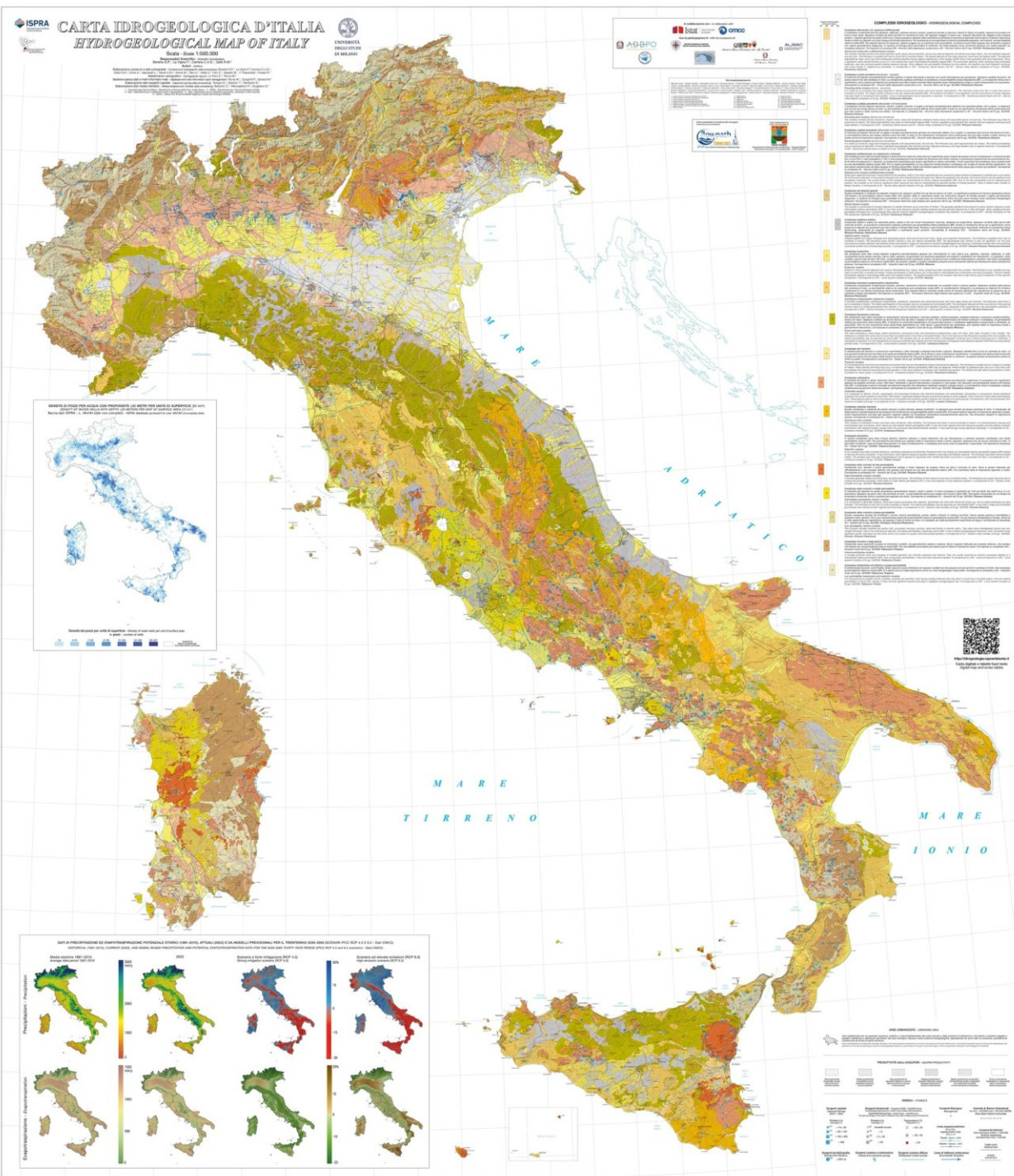
Acqua 6: Concentrazioni dal progetto europeo "Geochemistry of European bottled water"

**Un nome
Facies idrochimica**



Dalla geologia... (semplificata)

- Sedimenti alluvionali
- Rocce carbonatiche
- Rocce silico-clastiche
- Rocce metamorfiche
- Rocce ignee intrusive (plutoni)
- Rocce ignee effusive (vulcaniche)



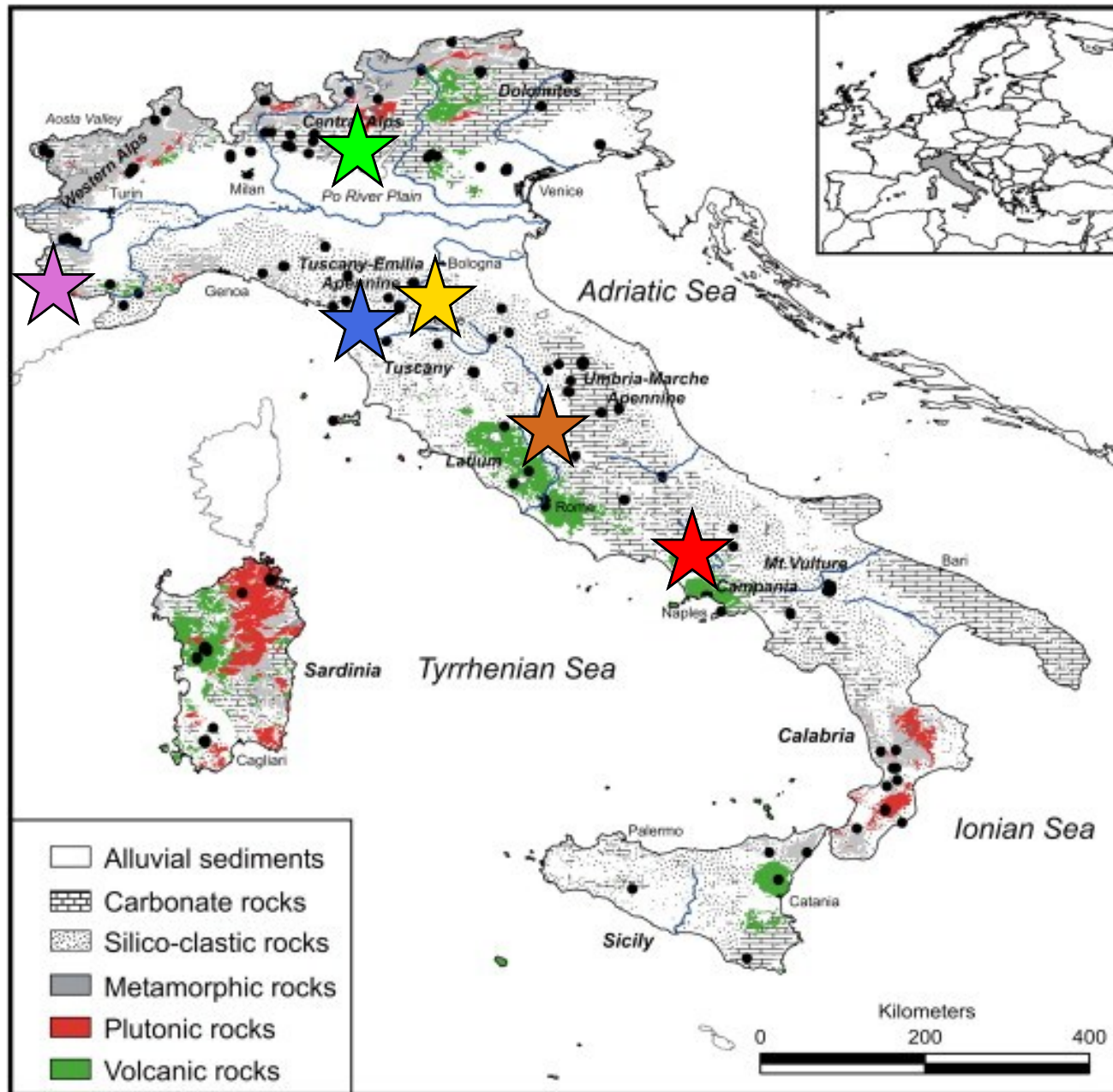
...all'idrogeologia... (scala 1:500'000)

Marco Vitruvio Pollione nel *De Architectura* (80-15 a.C. circa) già sosteneva: "dovremmo anche considerare la natura del luogo quando cerchiamo l'acqua"

<https://sinacloud.isprambiente.it/portal/apps/sites/#/idrogeologia/pages/cartaidrogeologica500k>



Il sapore dell'acqua.
Stefania Stevenazzi



...al bicchiere d'acqua

-  Acqua 1
-  Acqua 2
-  Acqua 3
-  Acqua 4
-  Acqua 5
-  Acqua 6

Acqua nella storia

Le caratteristiche chimico-fisiche delle acque sotterranee raccontano la storia di queste acque e il loro percorso attraverso le rocce. Non solo, raccontano anche la storia delle popolazioni che ne hanno fatto uso, per dissetarsi, per le proprietà terapeutiche, per ristoro.

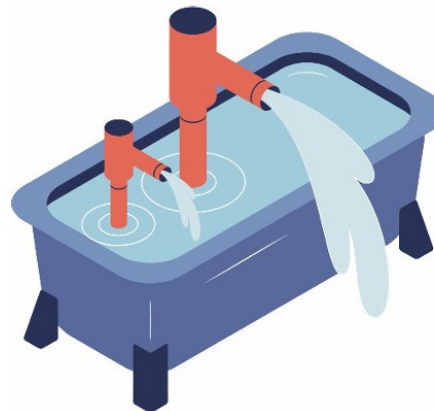
L'acqua è di buona qualità?

Si può trovare ovunque?

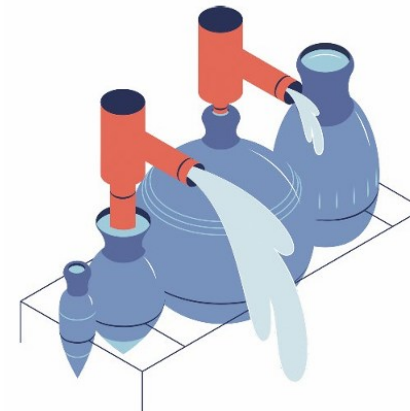
Quanto è impegnativo trovare, estrarre, utilizzare o distribuire dell'acqua di buona qualità?

L'acqua è una risorsa condivisa.

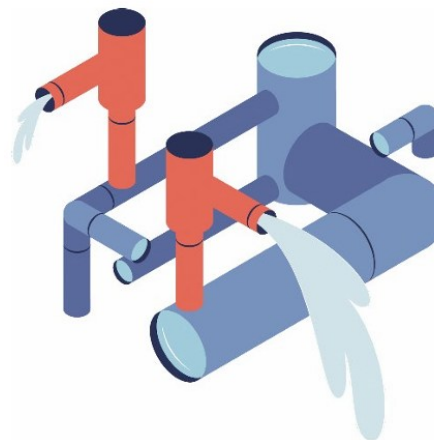
a. Major Alluvial aquifer



B. Complex aquifer



C. Karstic aquifer



d. Shallow aquifer



Source: Word Bank (Hidden Wealth of Nations, 2023) based and expanding on USGS (1999) and Beattie (1981)



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI MILANO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE
DELLA TERRA "ARDITO DESIO"

APEGEO

Aperitivi scientifici coi piedi per Terra!

Il sapore dell'acqua.



**Stefania
Stevenazzi**