

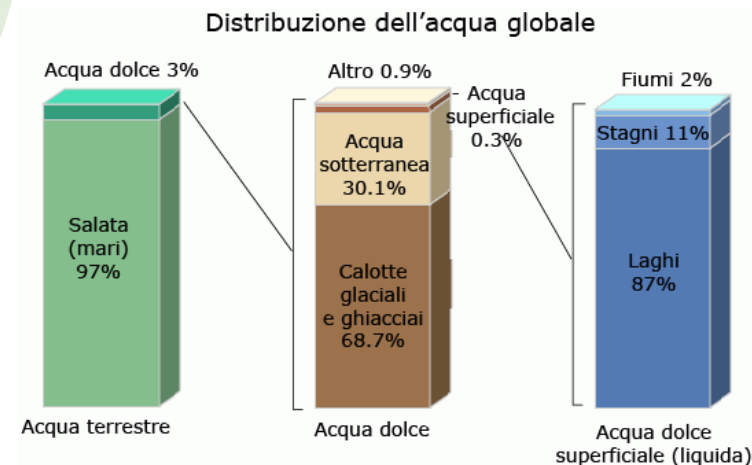


L'Oro Blu: l'Acqua

Susanna Aurora Daglio
Corso: Ecologia Applicata
a.a. 2021/2022

Cos'è l'acqua?

- E' l'elemento essenziale per l'equilibrio degli ecosistemi e per la vita di tutti gli organismi
- Il globo terrestre presenta 1,4 miliardi di Km^3 di acqua **solo 0,65%** è presente come acqua dolce libera utilizzabile.
- E' presente nella composizione di quasi tutte le sostanze che esistono in natura ed è quantitativamente il composto predominante di qualsiasi tipo di materia vivente.
- La quantità dell'acqua presente nell'organismo umano varia in funzione di:
 - età
 - sesso



Soggetto	Contenuto totale di acqua corporea
Feto di un mese	94%
Neonato	77%
Uomo di 25 anni	59%
Donna di 25 anni	51%
Uomo di 85 anni	50%
Donna di 85 anni	45%

Acqua



Fabbisogno idrico medio abitante/al giorno:

- tra gli usi domestici = 110-250 litri
- Servizi di pubblica utilità = 100-450 litri



Lo scopo primario per il quale le acque destinate al consumo umano vengono sottoposte a controllo è garantire una adeguata protezione della salute.

Infatti secondo l'**OMS**:

- le **malattie** diffuse attraverso l'acqua, costituiscono uno dei maggiori problemi per la salute, prodotte da microrganismi (ad esclusiva o prevalente eliminazione fecale), metazoiparassiti ecc. e composti chimici (metalli pesanti, insetticidi ed erbicidi, solventi alogenati, PCB e PCT) → Conseguenti **rischi** di natura tossicologica e cancerogena.

Analisi microbiologiche

L'obiettivo primario è assicurare la **tutela della salute** del consumatore garantendo l'**assenza di microrganismi** "patogeni".

La **contaminazione** dell'acqua può **causare malattie** dell'apparato digerente, malattie infettive, malattie della pelle, cancro ecc.

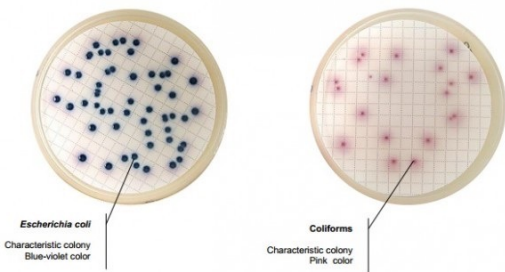
- Secondo l'OMS, ogni anno:
 - 4 miliardi di casi di diarrea e milioni di altri casi di malattia (per mancato accesso ad acque sicure)
 - 1,7 milioni di persone muoiono a causa di diarrea (specialmente bambini)
- Nella contaminazione microbiologica non è pensabile di ricercare tutti i germi che possono causare malattie:
 - troppo costoso, troppo tempo, alcuni presenti in concentrazioni troppo piccole per avere probabilità di rilevarli.

Microrganismi indicatori: sono microrganismi che normalmente non devono essere presenti nell'acqua ma che quando compaiono indicano che si è verificata una contaminazione e quindi possono esserne presenti più pericolosi (deve aver determinate caratteristiche affinché il suo rilevamento sia significativo in relazione al rischio reale costituito dalla presenza di patogeni).

- Requisiti di un indicatore:
 - Sensibilità, Specificità, Precisione.



Organismi Indicatori



Indicatore di contaminazione fecale (feci umane o animali):
microorganismi utilizzati anche per la valutazione dell'efficacia del
trattamento e della disinfezione delle acque.

- Attualmente, come indicatori principali vengono utilizzati diversi coliformi totali (Enterobacter, Citrobacter) ed Escherichia coli (E. coli) sono i più comuni. Questi indicatori vengono attualmente utilizzati per valutare la contaminazione nella gestione della qualità dell'acqua grazie alla loro rilevazione semplice ed economica rispetto ad altri agenti patogeni.

Ci sono **diversi indicatori** utilizzati nella norma, tuttavia, questi **variano a seconda della parte del mondo** (tabella a lato→).

- La qualità dell'acqua nel continente africano è una sfida perché è spesso sconosciuta a causa dei pochissimi dati misurati. Inoltre, non esistono criteri di qualità dell'acqua stabiliti per tutti i paesi africani.

Le preoccupazioni future dovrebbero concentrarsi sulla creazione di un indicatore della qualità dell'acqua per la salute pubblica e sull'introduzione di strutture per il trattamento delle feci.

Table 1. Cont.

Country or Organization	Indicator	Limitation Requirement
WHO	Total coliform	Not detected/100 mL
	Escherichia coli	Not detected
	Thermotolerant coliform	Not detected
	Intestinal enterococci	Not detected
	Coliphage	Not detected
EU	Enteric Virus	Not detected
	Total Plate count (22 °C)	100/mL
	Total Plate count (37 °C)	20/mL
	Escherichia coli	0/250 mL
	Enterococcus	0/250 mL
USEPA	Pseudomonas aeruginosa	0/250 mL
	Clostridium perfringens	0/250 mL
	Fecal coliform and E. coli	Public health goals: 0
	Total coliform	0
	Cryptosporidium	0
Japan	Viruses	0
	Giardia lamblia	0
	Common bacteria	< 100/mL
	Coliforms	Not detected
	The same as WHO	
Singapore	Enterococcus	0/mL for faucet
	Escherichia coli	
	Coliforms	0/mL for reservoir or water plant
	Escherichia coli	
	Total Plate count (22 °C)	< 100/mL (72 h)
France	Total Plate count (37 °C)	< 10/mL (24 h)
	Total coliform	0/100 mL
	Thermotolerant coliform	0/100 mL
	Streptococcus faecalis	0/100 mL
	Salmonellas	0/5 L
Germany	Fecal phages	0/50 mL
	Enteric virus	0/10 L
	Escherichia coli	0/100 mL for pipeline water
Russia	Plate-count bacteria	100/mL
	Total coliform	3/1000 mL
	Pathogenic microorganism	Not detected/50 mL
	Escherichia coli	Not detected/100 mL
	Enterococcus	Not detected/100 mL
Australia	Thermotolerant coliform	Not detected/100 mL
	Rod phage	Not detected/100 mL
	Clostridium spores	Not detected/20 mL
	Escherichia coli	Not detected/100 mL
	Total coliform	Not detected/100 mL

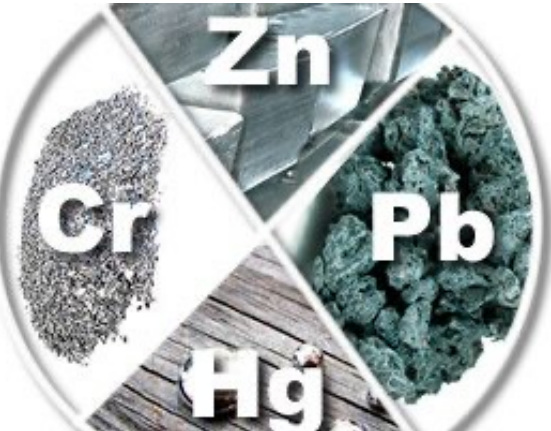
Analisi chimiche

Nel caso di composti chimici si pone una prima distinzione tra composti non cancerogeni e composti cancerogeni.

- Per i **composti cancerogeni**: non esiste una dose al di sotto della quale il composto può essere ritenuto sicuro e quindi il limite è posto a zero. (Si valuta la stima di aumento del rischio di cancro).
- Per composti **non cancerogeni** si individuano i limiti da:
 - studi tossicologici sull'animale; Dose di riferimento (RD); Fattori di sicurezza (SF).

Il Parlamento Europeo ha adottato due test legislativi sull'autorizzazione e la vendita e limitazione dei pesticidi nonché sul loro uso sostenibile e la promozione della difesa integrata, allo scopo di migliorare la tutela della salute e dell'ambiente.

Es. Principali contaminanti analizzati: cloruri, ferro, piombo, arsenico, cromo, nitrati, pesticidi ecc.



Esiste un notevole carico di malattie a seguito dell'esposizione a **metalli tossici** che può avvenire attraverso il consumo di acqua potabile contaminata (provenire direttamente da falde acquifere e acque superficiali o possono essere rilasciati da componenti del sistema idrico), in particolare: cancro, malattie cardiovascolari, ipertensione, malattie renali ed esiti riproduttivi avversi.

Il **piombo**, in particolare, può attraversare la barriera ematoencefalica se ingerito ed è stato associato a irreversibile compromissione dello sviluppo neurologico, che è particolarmente grave nei bambini e nei feti in via di sviluppo.

Table 1. WHO Guideline Values and selected national standards for nine toxic metals in drinking water.

Toxic metal	WHO Guideline Value (µg/L)	Ghana National Standard (Ministry of Water Resources, Works, and Housing 2015) (µg/L)	Mali National Standard (Ministere de L'Energie, des Mines et de L'Eau 2007) (µg/L)	Niger National Standard (Republique du Niger 2005) (µg/L)	Indicative detection limit for analysis in this study (µg/L) ^a
Antimony	20	5	5	1	0.1
Arsenic	10	10	10	NA	0.5
Cadmium	3	3	3	5	0.1
Chromium	50	50	50	50	1
Lead	10	10	10	50	0.5
Manganese	400	400	500	100	2
Mercury	6	1	1	1	0.1
Nickel	70	20	20	NA	1
Selenium	40	10	10	10	10

Note: NA, not applicable; WHO, World Health Organization.

^aDetection limits varied by laboratory. The highest value reported by any of the three laboratories (typically the Ghana lab) is shown.

Table 3. Number (%) of WHO guideline value and national standard exceedances for nine toxic metals in drinking-water samples collected after a 1-h stagnation period (N = 261).

Standard	Antimony	Arsenic	Cadmium	Chromium	Lead	Manganese	Mercury	Nickel	Selenium
National Standard Exceedances (see Table 1)									
Ghana	0	1 (1.1)	0	1 (1.1)	6 (6.3)	3 (3.2)	0	1 (1.1)	1 (1.1)
Mali	0	0	1 (1.6)	0	13 (14.4)	1 (1.1)	0	8 (8.9)	1 (1.1)
Niger	13 (17.1)	NA	0	0	0	1 (1.3)	1 (1.3)	NA	0
Overall	13 (5.0)	1 (0.4)	1 (0.4)	1 (0.4)	19 (7.3)	5 (1.9)	1 (0.4)	9 (3.4)	2 (0.8)
WHO Guideline Value Exceedances (see Table 1)									
Ghana	0	1 (1)	0	1 (1.1)	6 (6.3)	3 (3.2)	0	1 (1.1)	1 (1.1)
Mali	0	0	1 (1.6)	0	13 (14.4)	1 (1.1)	0	1 (1.1)	0
Niger	0	1 (1.3)	0	0	5 (6.6)	1 (1.3)	0	0	0
Overall	0	2 (0.8)	1 (0.4)	1 (0.4)	24 (9.2)	5 (1.9)	0	2 (0.8)	1 (0.4)

Note: NA, not applicable; WHO, World Health Organization.



D. Lgs. 152/2006 (Norme in materia ambientale)

Prevede gestione attraverso:

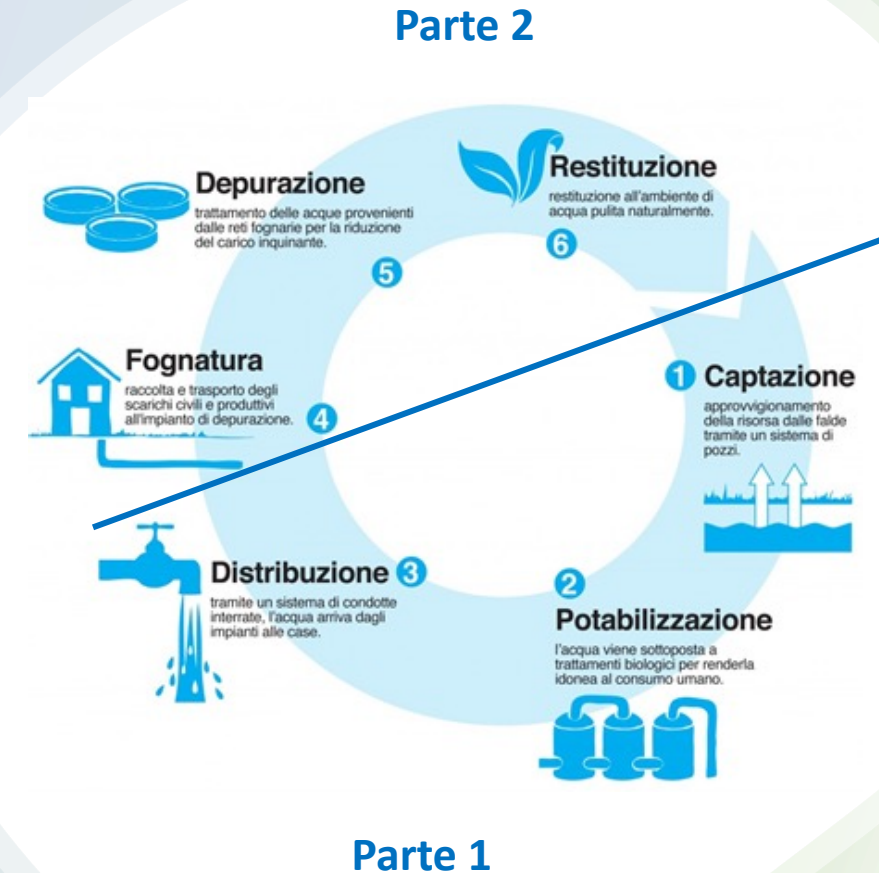
- **Servizio Idrico Integrato (SII):** l'insieme dei servizi idrici, dalla captazione e la distribuzione dell'acqua potabile, al convogliamento nelle reti fognarie delle acque reflue fino alla restituzione all'ambiente dopo gli adeguati trattamenti di depurazione
- **Ambito Territoriale Ottimale (ATO):** contesto all'interno del quale avviene l'organizzazione del SII, ovvero la dimensione gestionale "ottimale", di norma individuata nel bacino idrografico (coincidente circa con il territorio delle "vecchie" Province), ad opera di **un gestore** (es. Iren)

Servizio idrico integrato

Per servizio idrico integrato si intende gestione dell'acqua a tutto tondo: captazione, potabilizzazione, controlli, distribuzione, raccolta e depurazione delle acque reflue.

La gestione dell'acqua dalla captazione alla depurazione:

- **Parte 1:** dalla fonte al rubinetto
- **Parte 2:** dalla fognatura alla depurazione → dopo l'utilizzo l'acqua viene scaricata, da lavandini, docce, wc e tombini.





Acque potabili

“Potabile” significa che può essere consumata **senza pericoli per la salute** cioè quando è microbiologicamente pura e non contiene sostanze chimiche oltre i limiti di legge, e di odore e sapore gradevole.

- Le acque potabili che vengono normalmente chiamate “acque del rubinetto” sono identificate dalla vigente normativa (D.Lgs 31/2001) come **“acque destinate al consumo umano”** (quest’ultima è una sottocategoria delle acque potabili).
- Le acque potabili invece “acque in bottiglia” sono identificate nella sottocategoria delle **“acque minerali”** (perché contenenti sali minerali).

Il D.Lgs 31/2001 prevede il controllo ed il rispetto di **54 parametri** così suddivisi:

- **2 microbiologici**, si tratta di ceppi batterici per i quali fissati limiti di concentrazione (E. coli, Enterococchi);
- **28 chimici**, riguardanti elementi indesiderabili e tossici, di origine naturale o antropica (es. Pb, Hg, Ni, PFAS, IPA, antiparassitari ecc.);
- **21 indicatori**, riportano le qualità chimico-fisiche e microbiologiche, fungendo da “segnalatori” della presenza nell’acqua di altri elementi di provata pericolosità (es. alluminio, cloruro, ferro, durezza, conduttività, residuo secco a 180°C ecc.);
- **3 di radioattività**, elementi radioattivi, di origine naturale o antropica (radon, trizio, dose totale indicativa).



Il concetto di potabilità è mutevole nel tempo

Nell'antichità un'acqua potabile era definita tale in base a:

- Acqua limpida, inodore e incolore = buona, le acque maleodoranti sono contaminate, i metalli a contatto con l'acqua possono indurre contaminazione, la luce ed il calore possono alterare la qualità dell'acqua, da cui la necessità di conservare l'acqua in cisterne.

Ma oggi sappiamo che **non è un concetto universalmente definito** infatti:

- Il progresso scientifico in campo sanitario → acque che erano considerate potabili ieri non lo sono oggi (quelle di domani saranno diverse da quelle odierne)
- L'evoluzione dei materiali a contatto con l'acqua;
- L'evoluzione dei processi di trattamento dell'acqua;
- L'evoluzione delle normative → la qualità dell'acqua potabile non è uniforme nei vari paesi del mondo.

Problema	Periodo
Inquinamento microbiologico	fine XIX sec.
Agenti batterici e parametri estetici	1910-40
Contaminazione da metalli Microinquinanti organici Piogge acide Tensioattivi Radioattività antropica	1940-70
Sottoprodotti disinfezione	> 1970
Patogeni emergenti Interferenti endocrini	> 1980
Microplastiche	> 2010



Si prese precisa coscienza delle modalità di sviluppo delle malattie contagiose (correlazione tra il livello igienico dell'acqua ed il livello di salute della popolazione) verso la **metà dell'800** quando il medico inglese **John Snow**, durante **l'epidemia di colera** che colpì Londra nel 1854, studiando l'origine e le modalità di diffusione della malattia e ne capì la correlazione con una fonte di acqua contaminata (pompa d'acqua a Broad Street), che venne da quel momento individuata come la causa del contagio.

Parte 1) Fase 1: Captazione

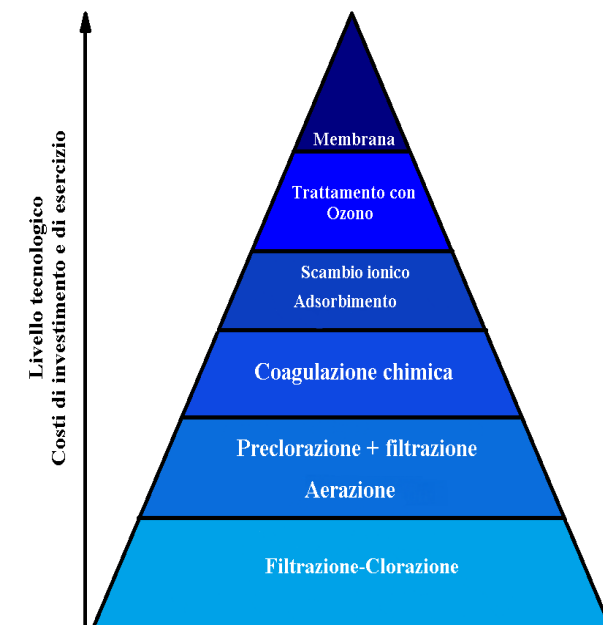
L'insieme dei procedimenti volti a rendere l'acqua idonea al consumo è la potabilizzazione, che può richiedere trattamenti più o meno complessi a seconda della fonte di approvvigionamento.

Le fonti di approvvigionamento principali:

- **Acque sotterranee** o telluriche: falde idriche.
- **Acque superficiali**: fiumi, laghi o bacini artificiali, mare.

Dalle caratteristiche di partenza dell'acqua dipendono i trattamenti di potabilizzazione, in pratica:

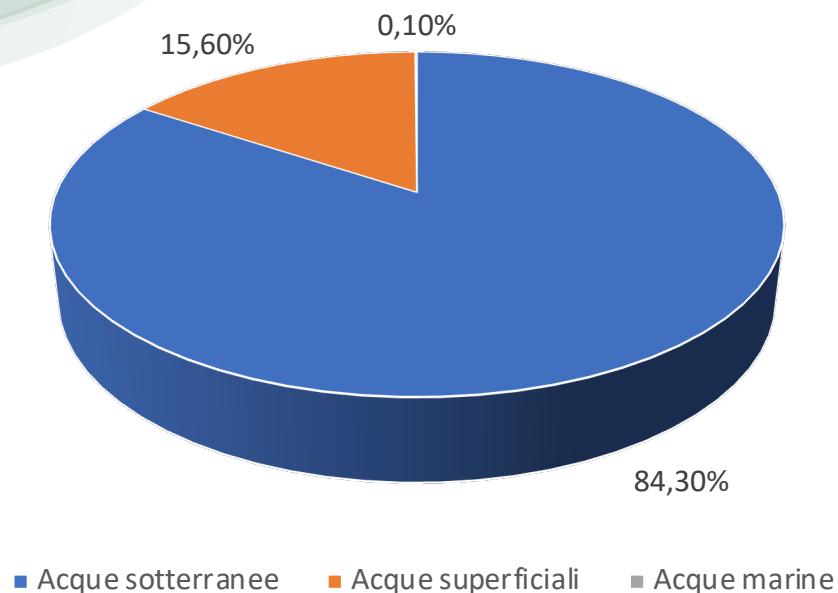
- fonti idropotabili di buona qualità = **trattamento modesto**
- fonti idropotabili di scarsa qualità = **trattamento spinto**



(Fonte: archivio Dott. Temporelli)

Dati statistici sugli approvvigionamenti

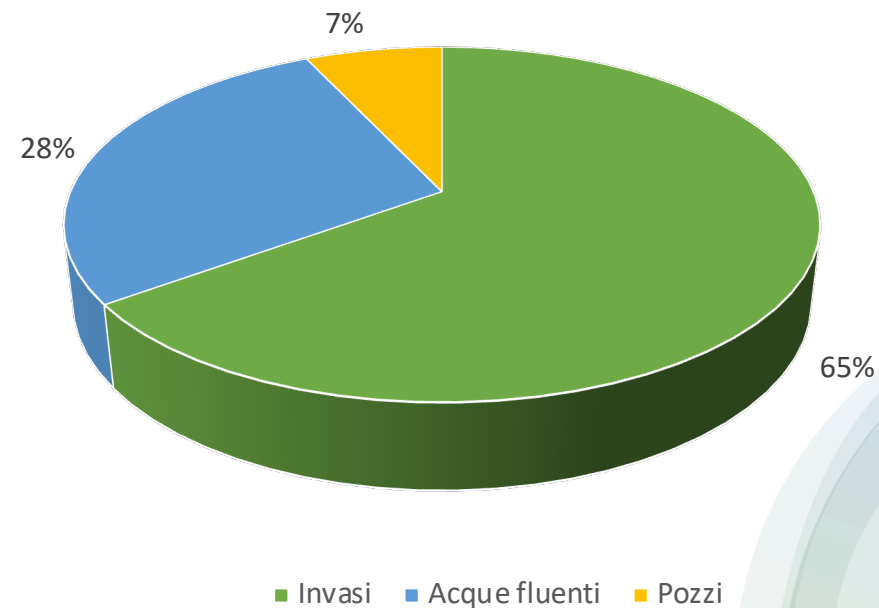
Approvvigionamento idrico nazionale (2015)



Le statistiche dell'ISTAT (Istituto Nazionale di Statistica) dati 2015, mostrano che, a livello nazionale, le fonti di approvvigionamento per usi idropotabili sono:

- acque sotterranee (pozzi 48% + sorgenti 36,3%) = 84,3%
- acque superficiali (laghi 10,8% + acque fluenti 4,8%) = 15,6%
- acque marine o salmastre = 0,1%

Approvvigionamento idrico genovese (2019)



Secondo i dati del 2019:

- Gli invasi artificiali (Brugneto, Gorzente, Val Noci, Busalletta) fornivano il 65%;
- Le acque fluenti (Bisagno, Scrivia, Lavena) fornivano il 28%;
- I pozzi (Campi, Torbella, Pietra, Trebisonda, Giusti, Gavette, Voltri) fornivano il 7%.

Fase 2 (a): Trattamenti Acque Sotterranee

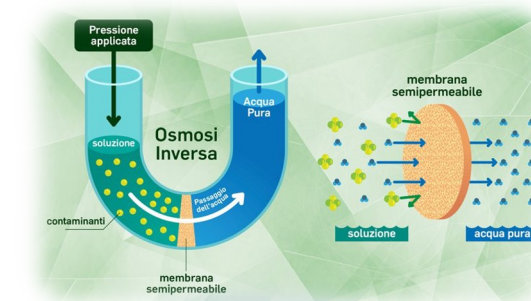
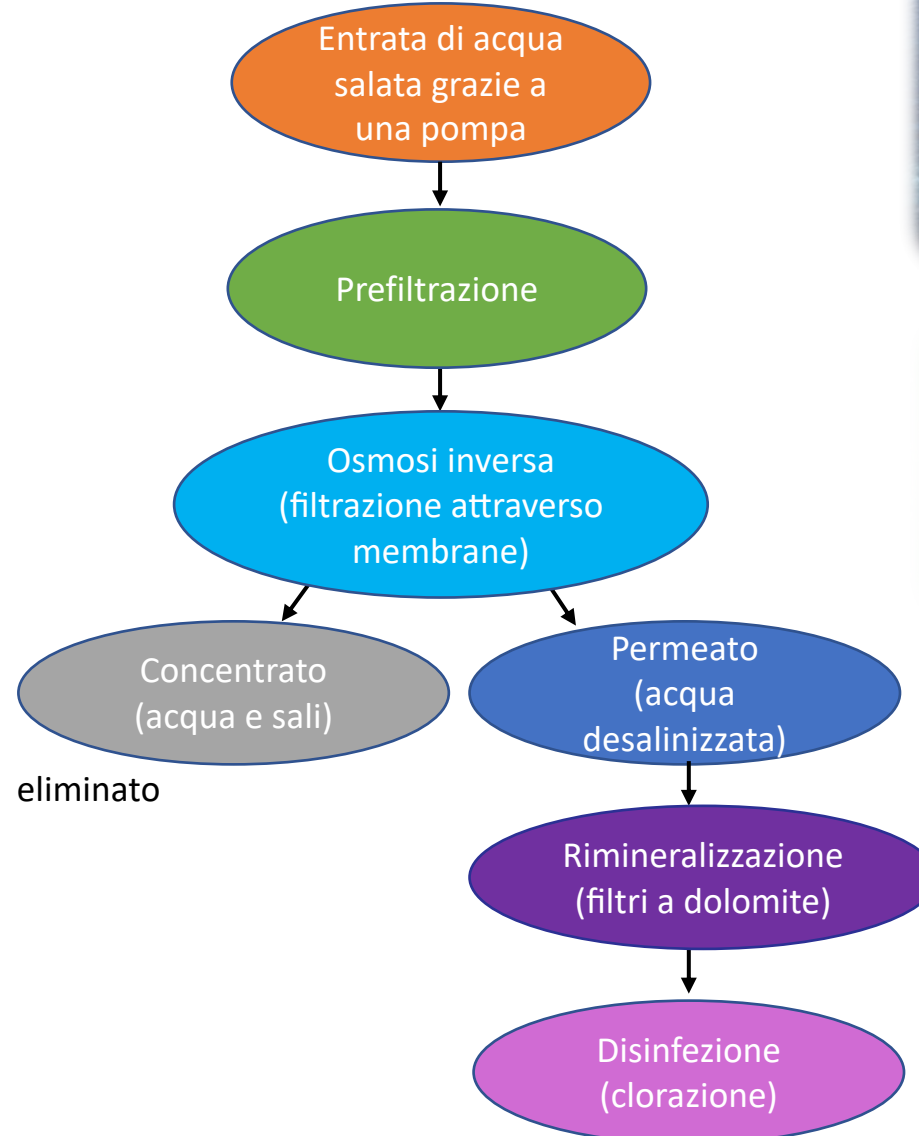
- L' **acqua** estratta dal **sottosuolo** a profondità più elevata è generalmente di migliore qualità. Viene **filtrata naturalmente** attraverso diversi metri di terreno e roccia ed è comunemente priva di parassiti e di particelle sospese significative, rendendo più efficace il successivo trattamento di disinfezione → no trattamenti di potabilizzazione (es. Aosta).
- Acque molto pulite richiedono soltanto un trattamento di **semplice aereazione e disinfezione** (ipoclorito di sodio, biossido di cloro, lampade UV-C); altre possono contenere inquinanti naturali (ferro, manganese, solfati, arsenico, nickel) oppure antropici, derivanti dalle attività agricole (nitrati, antiparassitari) o industriali (solventi clorurati) e **richiedere** quindi un **trattamento specifico**.



- L'accesso a tali acque sotterranee richiede la **perforazione di pozzi profondi** (ad es. 80 m) che attingano falde acquifere profonde contenenti vecchie acque sotterranee che hanno poco carbonio organico e di solito poca contaminazione biologica.
- Es. In India si stanno compiendo notevoli progressi con l'installazione di 100.000 pompe manuali a pozzo profondo all'anno, tuttavia, l'installazione di pozzi a tubi poco profondi nello stato indiano del Bengala occidentale e in Bangladesh, ha portato a forte avvelenamento di massa da arsenico.

Fase 2 (b): Trattamenti Acque Marine

Schema di trattamento:



- La **dissalazione** è il processo di rimozione della frazione salina da acque contenenti sale, allo scopo di ottenere acqua a basso contenuto salino; l'acqua è poi impiegata spesso per uso alimentare, ma anche per uso industriale, come acqua di raffreddamento.
- L'apparecchiatura impiegata è chiamata **dissalatore**.
- I nuovi impianti ad alta efficienza energetica sono dotati di pompe innovative ad alta pressione con integrato un sistema idromeccanico di recupero di energia.

Fase 2 (c): Trattamento Acque Dolci

Il **D.Lgs 152/2006** (Norme in materia ambientale), all'art.80, stabilisce che le **acque dolci superficiali**, per essere utilizzate o destinate alla potabilizzazione, vengano **classificate** nelle categorie A1, A2, A3, a seconda delle loro caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche.

- **Categoria A1:** trattamento fisico semplice e disinfezione
- **Categoria A2:** trattamento fisico e chimico normale e disinfezione
- **Categoria A3:** trattamento fisico e chimico spinto, affinamento e disinfezione

Parametri gruppo I:

pH, colore, materiali totali in sospensione, temperatura, conduttività, odore, nitrati, cloruri, fosfati, COD, DO (ossigeno disciolto), BOD5, ammoniaca.

Parametri gruppo II:

ferro disciolto, manganese, rame, zinco, solfati, tensioattivi, fenoli, azoto Kjeldhal, coliformi totali e coliformi fecali.

Parametri gruppo III:

fluoruri, boro, arsenico, cadmio, cromo totale, piombo, selenio, mercurio, bario, cianuro, idrocarburi disciolti o emulsionati, idrocarburi policiclici aromatici, antiparassitari totali, sostanze estraibili con cloroformio, streptococchi fecali e salmonelle.

Caratteristiche medie dell'acqua di Genova

Parametro	Unità di misura	Media 1 genn-30giu.2020	Valore massimo di parametro D. Lgs. 31/01
pH	Unità pH	8,0	> 6,5 e < 9,5
Cloro residuo libero	mg/l	0,10	-
Conduttività	µS/cm 20°	242	2500
Bicarbonati	mg/l	165	-
Durezza	°F	13	Valori consigliati: 15-50 °F
Residuo secco a 180°C	mg/l	168	Valore max cons.: 1500 mg/l
Ammonio	mg/l	< 0,02	0,50
Nitrito (come NO ₂)	mg/l	< 0,01	0,50
Nitrato (come NO ₃)	mg/l	2	50
Cloruro	mg/l	9	250
Fluoruro	mg/l	< 0,1	1,50
Solfato	mg/l	12	250
Arsenico	µg/l As	< 1	10
Calcio	mg/l	43	-
Magnesio	mg/l	5	-
Manganese	µg/l	3,81	50
Potassio	mg/l	0,6	-
Sodio	mg/l	5	200

Periodo di riferimento: 01 gennaio 2017 - 30 giugno 2017

(Fonte: archivio IREN)

Trattamenti nei sistemi di potabilizzazione:

Correzione:

- **parametri fisici**
 - Torbidità
- **parametri chimici**
 - Salinità
 - Durezza
 - PH
- **parametri biologici**
 - microrganismi
- **Microinquinanti**
 - organici
 - inorganici



Correzione:

- coagulazione, sedimentazione, vari tipi di filtrazione e membrane filtranti ecc.
- deionizzazione, resine a scambio ionico, calce e soda, permutite, aerazione o filtrazione su frammenti calcarei ecc.
- Mezzi fisici (calore, raggi ultravioletti, raggi γ), mezzi meccanici (filtri); e mezzi chimici: ozonizzazione, clorazione ecc.
- carboni attivi, deferrizzazione, demanganizzazione, membrane filtranti ecc.

Antico metodo di disinfezione

Pastorizzazione

- L'ebollizione è il metodo più antico per ottenere acqua priva di contaminanti biologici. In molti paesi in via di sviluppo e in diverse città dell'ex Unione Sovietica, i residenti fanno bollire regolarmente l'acqua potabile perché non ci si può fidare della sicurezza dell'approvvigionamento idrico. A 100°C, i patogeni enterici vengono uccisi in meno di un minuto.
- **L'OMS raccomanda di portare l'acqua ad ebollizione vigorosa per un minuto per disinfettarla al livello del mare e di aggiungere un minuto di tempo di ebollizione extra ogni 100 metri di altitudine**, per tenere conto del punto di ebollizione progressivamente più basso dell'acqua ad altitudini più elevate
- Stima:
 - Per una famiglia di 5 persone con un fabbisogno di acqua potabile di 35 litri al giorno, questo consumerà circa 12 kg di legna.
 - In effetti, è economicamente irrealistico e ambientalmente insostenibile raccomandare l'ebollizione dell'acqua potabile quotidiana ai poveri dei paesi in via di sviluppo. L'ebollizione può essere consigliata solo in una situazione di emergenza ed è praticata di routine solo dalla frazione della popolazione che può permettersela.

Nuovi metodi di disinfezione

1. **Raggi UV:** (trattamento fisico)

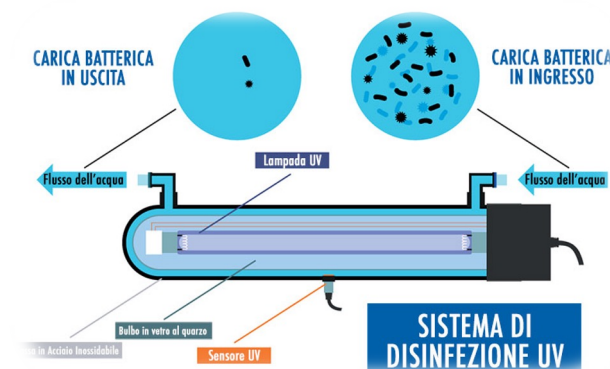
- Inattivano virus e batteri presenti agendo per trasformazione fotochimica sul DNA ed RNA. Si usano lampade a vapori di mercurio protette da un rivestimento al quarzo e inserite direttamente nell'acqua.
- **Vantaggi:** Non altera né il sapore né l'odore dell'acqua, potente azione battericida valida durante il trattamento.
- **Svantaggi:** Cessa azione di disinfezione contemporaneamente al termine del trattamento, occorre che l'acqua scorra tutta in prossimità della sorgente.

2. **Ozonizzazione:** (trattamento chimico)

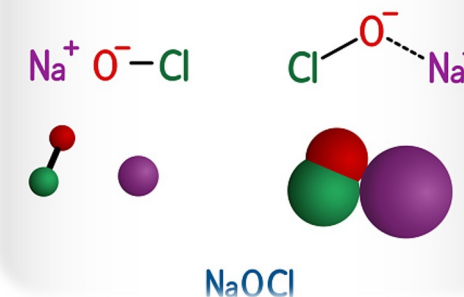
- Si invia l'aria ozonizzata (con scariche ad alto potenziale) controcorrente in una torre riempita con ghiaia o altro materiale di contatto in cui l'acqua discende per gravità dall'alto.
- **Ozono (O₃):** è un gas di colore azzurrognolo, di odore particolare e con alto potere ossidante, distruttivo per i microrganismi.
- **Vantaggi:** disinfettante molto forte a largo spettro.
- **Svantaggi:** L'acqua deve essere limpida, non garantisce effetto battericida a lungo termine, elevati costi.

3. **Clorazione:** (trattamento chimico)

- Ipoclorito di sodio (NaClO):** Liquido, cloro attivo 10-12% in peso, mezzo di disinfezione più diffuso (specialmente negli impianti genovesi) va ad alterare nei microrganismi le catene macropoteiche, danneggiare la membrana, la respirazione, produzione di ATP ecc.
 - **Vantaggi:** Non richiede particolari attrezzature (portato all'impianto di trattamento con autobotti), non altera il sapore dell'acqua, efficace trattamento a lungo termine.
 - **Svantaggi:** instabile necessarie quindi frequenti titolazioni, altera i caratteri organolettici.
- Biossido di cloro (ClO₂):** Gas solubile in acqua, ossidante ancora più energico del cloro (fino a 5 volte superiore), viene preparato al momento dell'uso in impianti a circuito chiuso.
 - **Vantaggi:** non altera il sapore dell'acqua, attivo anche a pH alcalino, non dà cloro residuo attivo combinato o triometani.
 - **Svantaggi:** costi elevati rispetto a cloro gassoso, complesse attrezzature, in presenza di clorito che può causare diverse patologie (es. metaemoglobinemia e anemia emolitica).

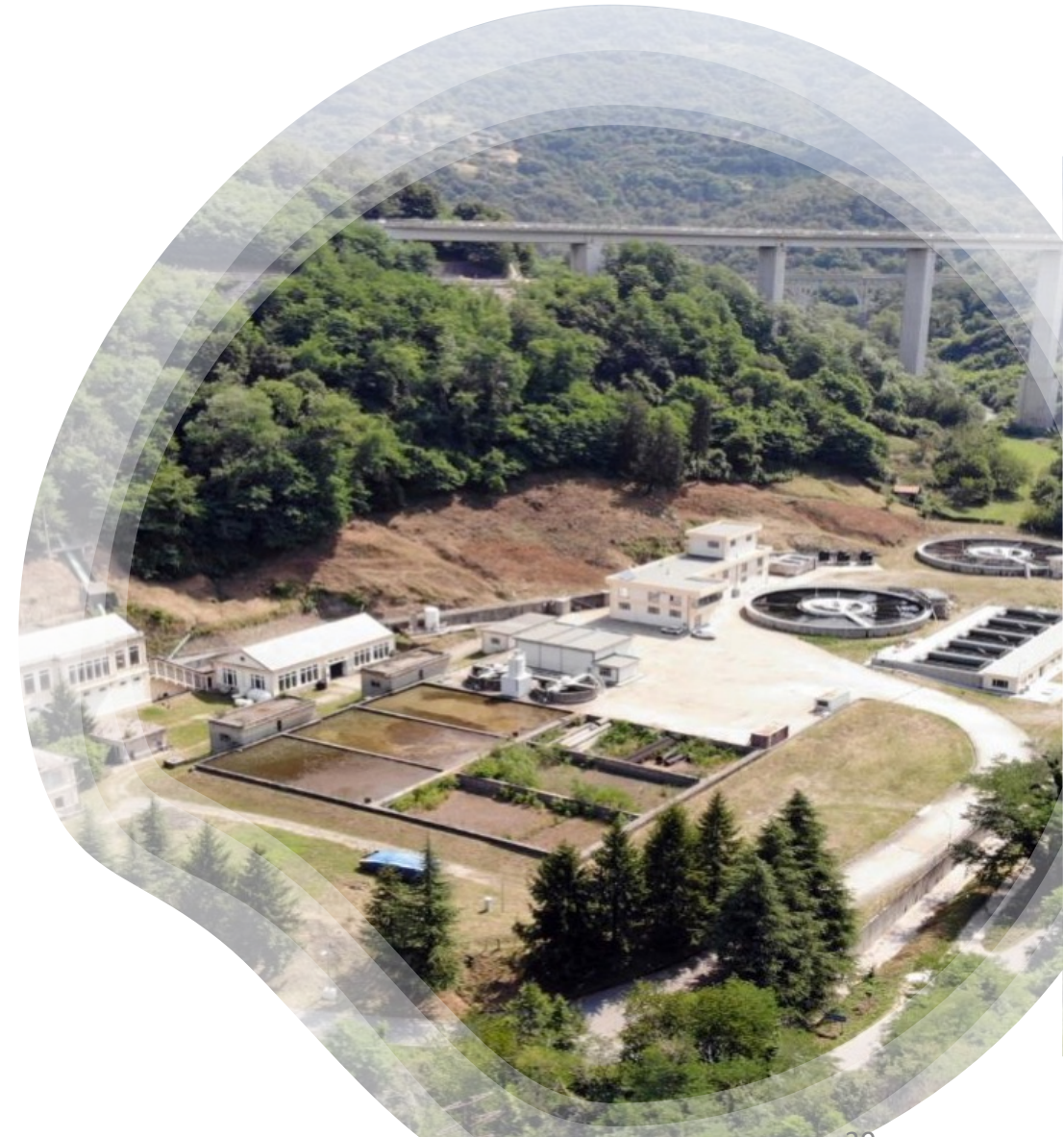


Sodium hypochlorite



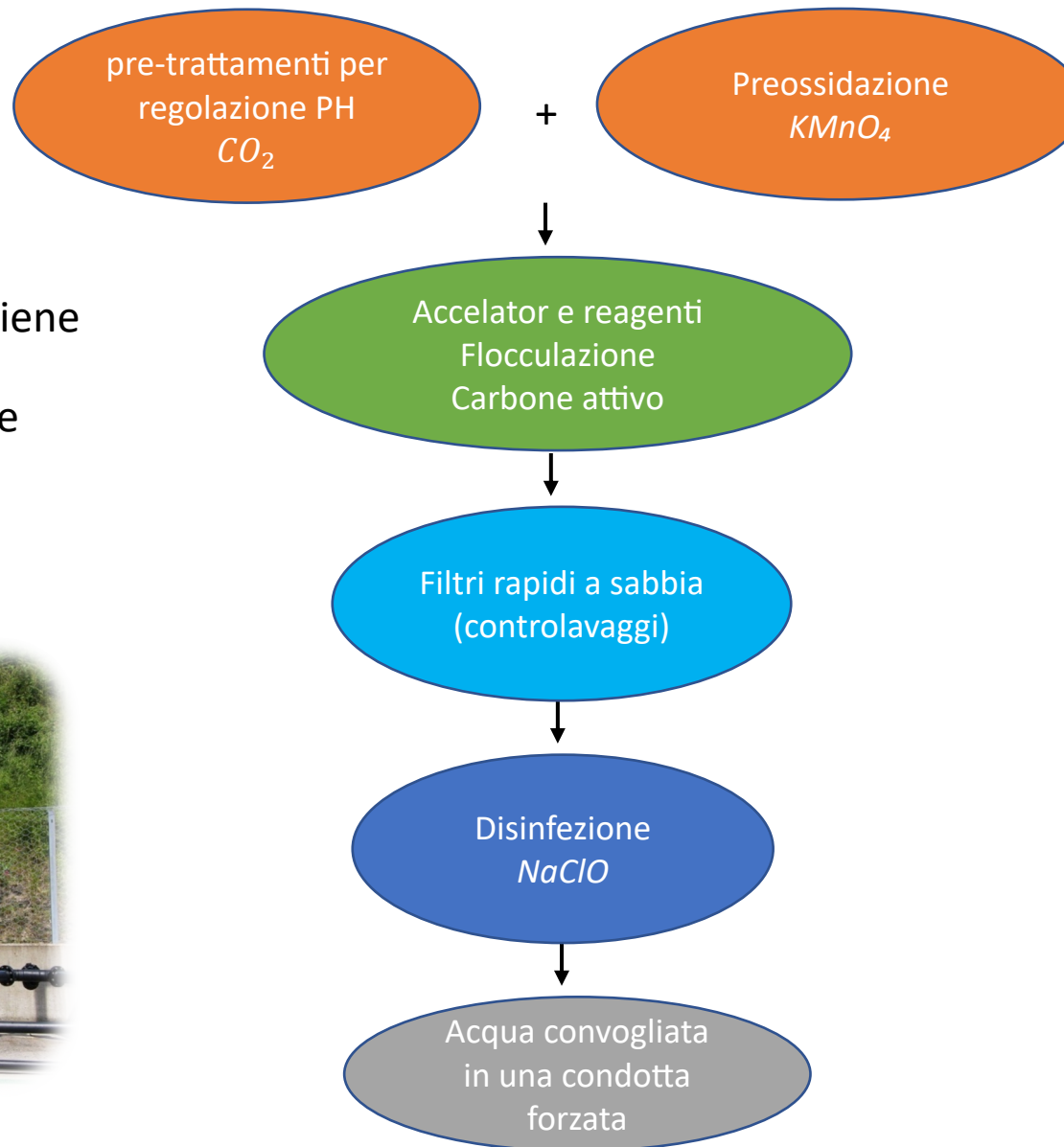
Impianto di Mignanego (GE)

- L'impianto di potabilizzazione di Mignanego, per come oggi lo conosciamo, nasce nei primi anni '70 → ha subito al suo interno un radicale processo di ammodernamento → Vengono smantellati gli storici filtri Chabal e sostituiti dai più **moderni filtri rapidi** muniti di un efficiente sistema di controlavaggio.
- Contemporaneamente viene anche reso operativo **l'invaso artificiale della Busalletta** con una potenzialità di ca. $7.600.000\text{ m}^3/\text{anno}$, che costituisce un' integrazione dello Scrivia, attivato principalmente nei periodi di magra del torrente.
- Comprende anche una **centrale idroelettrica** in grado di produrre circa 4 GWh/anno di energia elettrica (il funzionamento della centrale è completamente automatico regolato da un sistema computerizzato (PLC))
- L'impianto di Mignanego (in grado di trattare fino a 1.000 litri al secondo) è costituito da:
 - una stazione di chiariflocculazione con due chiarificatori e decantatori dinamici; cinque filtri rapidi a sabbia; una serie di punti di dosaggio di sostanze disinfettanti e reagenti chimici; una serie di edifici che ospitano i macchinari accessori dell'impianto, il magazzino, un'officina ecc. Un laboratorio interno è rimasto attivo fino al momento della fusione delle tre compagnie acquedottistiche [Nicolay, ADFG ed AMGA → IRIDE (2006) → IREN (2010)].
- A valle dell'impianto di potabilizzazione si diparte una **condotta forzata** lungo la Valpolcevera per circa 13 km, giunge fino alla centrale idroelettrica di Teglia.



Impianto di potabilizzazione di Mignanego (Fonte: Archivio Dott. Temporelli)

Schema di trattamento acque



Accelerator (Fonte: archivio Dott. Temporelli)



Vasche di chiariflocculazione
(Fonte: archivio Dott. Temporelli)

L'acqua arriva all'impianto e avviene la **produzione di energia idroelettrica** attraverso 2 turbine Francis (potenza 1MW).

Trattamenti: (schema a lato)



Contenitori del reagente flocculante
(Fonte: archivio Dott. Temporelli)

Alcuni possibili impatti

Impatti ambientali

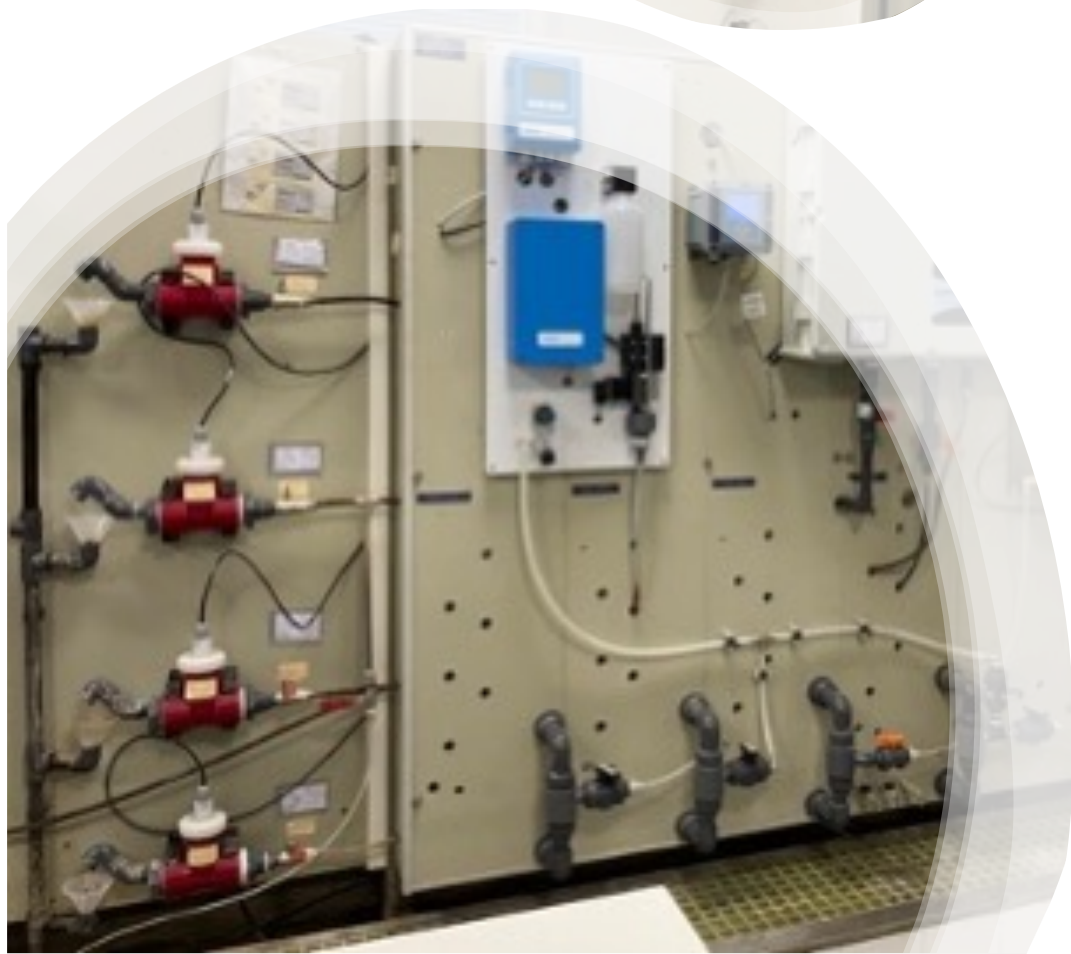
- L'energia idroelettrica, è certamente una fonte di energia pulita (non vi sono emissioni di gas inquinanti) e rinnovabile, ma non è completamente sostenibile: la creazione di grandi bacini artificiali lungo il corso di fiumi, con la costruzione di dighe e condotte forzate, può provocare lo sconvolgimento dell'ecosistema della zona con enormi danni ambientali (allagamento di vasti terreni, con la modifica del regime delle portate a valle).
- Importante è anche l'impatto visivo almeno per quanto riguarda la struttura della diga che è praticamente impossibile mitigare.



Impatto biologico

- La variazione continua del livello nei bacini di accumulo può lasciare all'asciutto le uova di pesci, anfibi ecc. depositate presso le sponde. Negli impianti ad acqua fluente la riduzione di portata tra presa e restituzione può avere un effetto negativo su deposito e incubazione delle uova, su crescita e su transito dei pesci (impianti di risalita, scale).
- A valle dell'impianto deve essere garantito il deflusso minimo vitale, quantità minima di acqua che garantisce la sopravvivenza della flora e della fauna del fiume a valle.
- Molto meno impattanti ed anzi migliorativi sono i mini / micro impianti che possono anche regolamentare le piene dei torrenti.





Fase 3: Controlli e distribuzione

I campioni di controllo vengono prelevati da: captazioni, impianti potabilizzazione, rete distribuzione ecc. per garantire la qualità dell'acqua sino al punto di consegna.

Controlli analitici (D.Lgs 31/01)

- Alcuni parametri vengono monitorati in continuo (strumenti online):
 - torbidità, conducibilità, pH, reagenti chimici residui;
 - parametri microbiologici.

Controlli idraulici

- Sono monitorati in continuo i livelli nei serbatoi, le pressioni idrauliche presenti nell'impianto e in rete e le portate.

Personale addetto ai controlli

- I controlli:
 - Interni:
 - Personale dell'impianto (o il gestore);
 - Tecnici di laboratorio del gestore.
 - Esterni:
 - Tecnici ARPA, Asl (controlli in parallelo).

Parte 2) Fognatura e depurazione

Le fognature erano già presenti nelle civiltà del passato (antichi romani) es. cloaca maxima o latrine con sotto flusso dell'acquedotto per portare lontano dai centri abitati queste acque.

La depurazione è un'operazione molto più recente (ha iniziato a diffondersi durante il secolo scorso), che permette di trattare l'acqua proveniente dagli scarichi civili ed industriali e renderla sufficientemente pulita da poter essere riversata nell'ambiente, conformemente alla legislazione vigente:

- **NAZIONALE** D.Lgs 152/2006 richiede che le acque scaricate nel corpo idrico recettore abbiano determinate caratteristiche
- **REGIONALE** in Liguria la 43/1995 impone che la condotta di scarico sia lunga 1km e/o alla profondità di 30m; mentre non è richiesta la disinfezione.

Acque nere

(nocive per la salute pubblica)

sono quelle provenienti da:

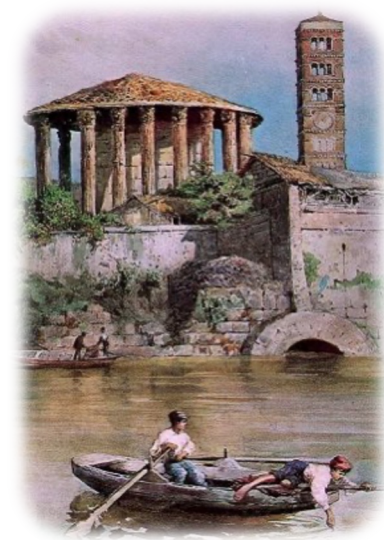
scarico industriale; scarico dal wc, cioè le acque fecali; di scarichi come doccia, vasca, lavandino del bagno o bidet; di scarichi di cucina o lavanderia, cioè le acque grigie; saponate grasse, con olio e detersivi scaricati dalle cucine.

Acque bianche

(non riconosciute nocive per la salute pubblica)

tra queste ci sono:

le acque meteoriche di dilavamento provenienti da tutte le aree aperte impermeabilizzate quali, strade, parcheggi, tetti, cortili, ecc.; le acque utilizzate per il lavaggio delle strade; le acque di raffreddamento provenienti da attività industriali.



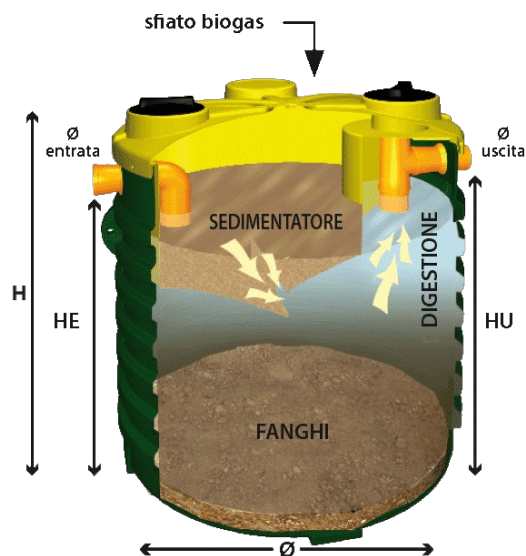
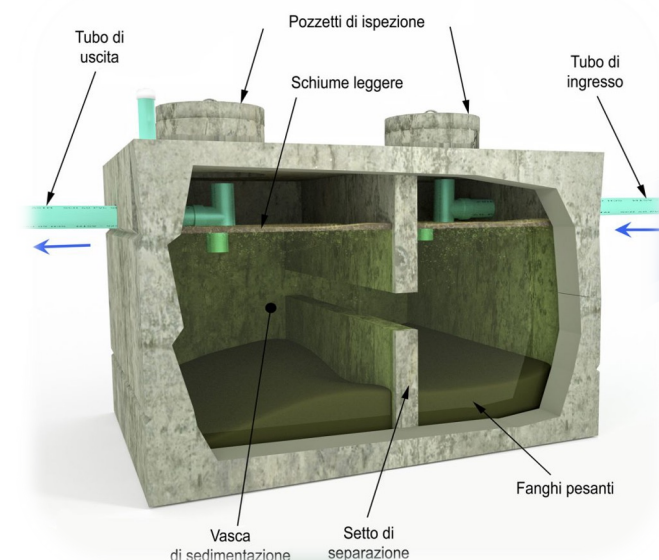
La Cloaca Massima in un acquarello di Ettore Roesler Franz, 1880.

Un po' di storia

I primi semplici sistemi di depurazione (primi sistemi di depurazione) basati su procedimenti di tipo fisico (sedimentazione) e biologico sono stati realizzati tra la fine del XIX e inizio del XX sec. e sono ancora oggi impiegati nelle piccole realtà che non sono direttamente collegate alla rete fognaria.

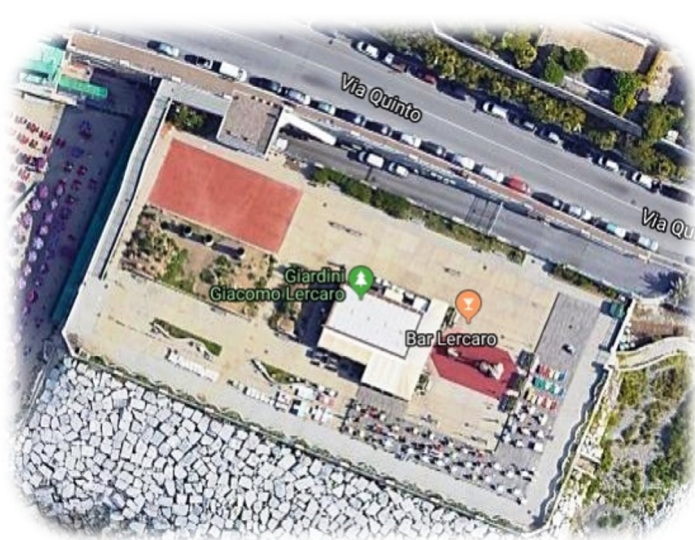
- **Principio di funzionamento:** sono delle vasche interrate se non c'è allaccio diretto con fognatura e riescono a separare il materiale solido e avere già un certo trattamento dell'acqua.

1) Le FOSSE SETTICHE funzionano **unicamente per decantazione**. Sono apparse per la prima volta in Francia nel 1871 grazie a Jean Louis Mourras e sono dotate di una tubazione per l'emissione dell'effluente che può essere utilizzato come subirrigazione (→).



2) Fossa IMHOFF (o fossa biologica)

Il brevetto originale, risalente al 1904, è del tecnico tedesco Imhoff. Si tratta di una vasca più avanzata di quella settica perché oltre alla sedimentazione ha luogo anche la **digestione biologica (anaerobica) dei fanghi**, con un effluente di migliore qualità.



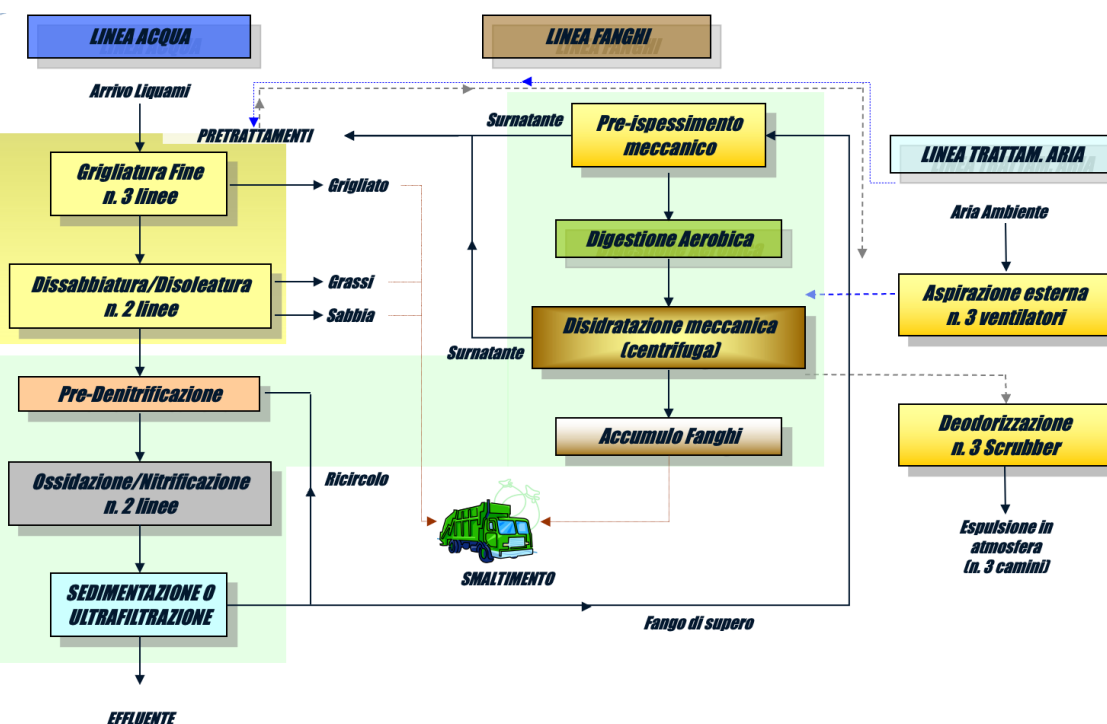
In alto, depuratore di Genova Quinto visto dall'alto da archivio Google Maps, in basso schema depuratore Genova Quinto (Fonte: archivio Dott. Temporelli)

3 linee di trattamento

Solo a partire dagli anni '70 del secolo scorso, il trattamento delle acque di scarico civili e industriali viene affrontato in Italia con la costruzione di depuratori a fanghi attivi a servizio dei centri urbani. Le linee di trattamento di un moderno depuratore sono:

- 1. La linea acque:** qualità elevata delle acque depurate grazie all'utilizzo di vari passaggi quali:
 - Trattamento primario: grigliatura, dissabbiatura, disoleatura;
 - Trattamento secondario: ciclo biologico (nitrificazione/denitrificazione), sedimentazione secondaria o ultrafiltrazione)
 - (Trattamento terziario oppure fitodepurazione).
- 2. La linea fanghi** (cioè sabbioso che viene separato dell'acqua):
 - con processo di digestione aerobica (con apporto di ossigeno) o anaerobica (in assenza di ossigeno e produzione di biogas),
 - disidratazione e riuso (come concime o inerti) o smaltimento in discarica.
- 3. La linea aria:** solo nei depuratori urbani chiusi l'abbattimento degli odori presenti nell'aria emessa in atmosfera avviene con:
 - filtri a secco (carbone attivo e granuli di allumina) o scrubber per la depurazione da odori dell'aria.

Vengono rimosse così il 95 % delle sostanze odorigene (in quelli genovesi).



1. Linea acque



Grigliatura
(Fonte: archivio Dott. Temporelli)
Denitrificazione

Trattamento Primario

- **Grigliatura:** mediante griglie sempre più fini vengono separati gli inquinanti solidi grossolani (griglie vanno pulite in continuazione).
- **Dissabbiatura/disoleatura:** vengono separate dall'acqua, le sabbie che vanno spontaneamente sul fondo, mentre le particelle oleose e i tensioattivi rimangono in superficie.

Trattamento secondario (con il ciclo biologico)

- **Denitrificazione:** i microrganismi utilizzano per vivere l'ossigeno contenuto nella molecola del nitrato, trasformando quindi quest'ultimo in azoto gassoso, che va nell'atmosfera (uscendo quindi dal processo depurativo).
- **Ossidazione-Nitrificazione** (2 ceppi microbici quali, Nitrobacter e Nitrosomonas): i microrganismi usano ossigeno sia per ossidare le sostanze organiche contenute nel liquame sia per trasformare l'azoto ammoniacale ed organico in nitrato, quindi viene eliminato dall'acqua e finisce in atmosfera (elemento indesiderabile perché causa eutrofizzazione dei corpi idrici).



1. Linea acque

Nei depuratori di “vecchia” generazione è presente un **sedimentatore secondario** dove, con l’aggiunta di **sostanze coagulanti**, le impurità formando grossi fiocchi si appesantiscono e si depositano sul fondo della vasca.

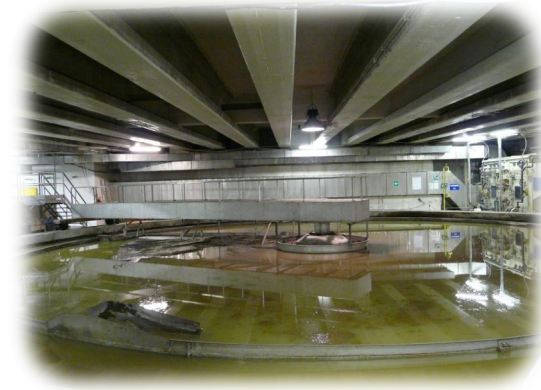
Negli impianti di ultima generazione (es. Genova Quinto) si usano **membrane a ULTRAFILTRAZIONE** in alternativa al sedimentatore secondario. La porosità molto fine di queste membrane (< 0,1 micron) consente di ottenere risultati qualitativi eccellenti dell’acqua in uscita (permeato).

Trattamento terziario (nell’impianto di Reggio-Emilia):

da maggio a settembre viene attivato questo trattamento per depurare ulteriormente il refluo finale a scopo irriguo, tramite:

- sequenza di filtri rapidi a sabbia multistrato;
- ossidazione avanzata con dosaggio di H_2O_2 e irraggiamento UVC.

Ne esce acqua di elevata qualità e caratteristiche organolettiche elevate (parametri per uso irriguo).



Sedimentatore secondario



Membrane a ultrafiltrazione
(Fonte: archivio Dott. Temporelli)



Depuratore “en plein air”
Impianto di Mancasale (RE)

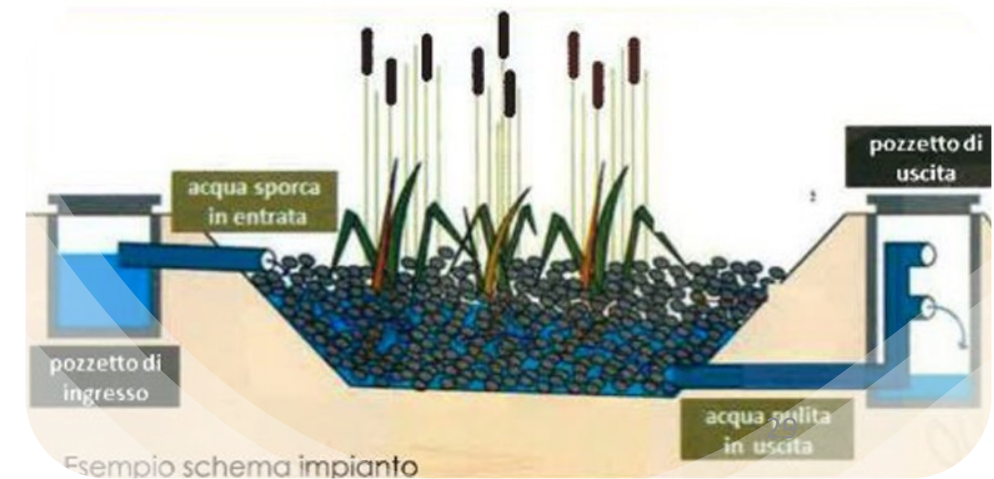
Fitodepurazione

In **alternativa** al trattamento terziario può essere applicata la **fitodepurazione**.

- E' una **tecnica di depurazione** delle acque reflue che **riproduce** (con ecosistemi artificiali) la naturale **capacità "auto depurativa" delle zone umide** naturali.
- Al fine del **riuso delle acque**.

I primi impianti di fitodepurazione sono stati realizzati in Germania a partire dal 1977 mentre in Italia la tecnologia viene mostrata per la prima volta nel 1988 (Direttiva 60/2000/CE cosiddetta Direttiva Quadro sulle Acque).

- I processi che avvengono in un fitodepuratore, infatti, sono di tipo:
 - **chimico-fisico** (sedimentazione, filtrazione, adsorbimento, complessazione, precipitazione, assorbimento nel substrato);
 - **biologico** (degradazione batterica sia aerobica che anaerobica, ossido-riduzione batterica con ammonificazione, nitrificazione e denitrificazione fino a produrre azoto elementare-molecolare esalato in atmosfera, azione di antibiotici emessi dalle radici, assorbimento radicale).
- **Le piante:**
 - forniscono ossigeno molecolare, esalato dalle radici e dai rizomi nel substrato a concentrazioni notevoli (come le elofite palustri);
 - consentono l'**attecchimento di batteri simbiotici** con il loro apparato radicale a contatto col flusso delle acque da depurare; I batteri simbiotici in presenza di ossigeno disciolto, trasformano gli inquinanti organici in biomassa batterica, sostanze minerali (principalmente fosfati e nitrati), anidride carbonica e acqua;
 - emettono sostanze antibiotiche e assorbono una quantità, seppur modesta, di nutrienti.



Vantaggi e Svantaggi

- Basso impatto ambientale
- Dispendio energetico nullo o quasi
- No problemi tecnici/economico-gestionali
- Richiede gestione minima e non specializzata
- Efficaci indipendentemente dalle loro dimensioni
- Trattare le acque in modo decentrato → rendendo disponibili le acque trattate per il riuso nella stessa area.
- Tempi di ritenzione molto lunghi, dell'ordine anche di un paio di giorni
- Di solito di dimensioni enormi → richiedono grandi superfici di terreno

2. Linea fanghi

I fanghi possono essere trattati con due processi differenti:

- **Aerobico: i fanghi vengono digeriti con l'aggiunta di aria** tramite una batteria di soffianti. Il processo è di più semplice gestione ma conviene per realtà medio-piccole.
- **Anaerobico (in impianti chiusi):** diminuisce il tenore in sostanza organica (dal 70-80% si passa al 50-60%) e si sviluppa il **BIOGAS**

I fanghi vengono infine inviati alla **disidratazione** quindi raccolti su cassone scarrabile e inviati allo smaltimento/riuso.

Smaltimento dei fanghi:

- Il fango dopo i cicli di trattamenti può essere **smaltito**:
 - mediante incenerimento;
 - in discariche controllate di rifiuti speciali;
- oppure **riutilizzato**:
 - sul suolo adibito ad uso agricolo;
 - sul suolo non adibito ad uso agricolo;
 - negli impianti di compostaggio;
 - pellet (per le stufe).

- i digestori anaerobici coinvolti sono grandi e si usano diverse famiglie di batteri: (in particolare acidogeni e metanigeni) demoliscono ed eliminano le sostanze inquinanti per ottenere metano, CO₂ e alcune sostanze solfuree (a diverse temperature e pressioni).
- Una parte del metano prodotto viene usato per scaldare questi ceppi di batteri (anche di 40° C); un'altra parte (se l'impianto è grande) viene purificato per ricavare combustibile per le macchine.

(Fonte: archivio Dott. Temporelli)



3. Linea Aria

Si ha solo per impianti chiusi (spesso vicino a centri abitati).

Immissione aria “pulita” negli ambienti di lavoro, circa 3 ricambi di volume d’aria/ora.

Ci sono **aspiratori** che assorbono ed emettono aria (attraverso camini di aereazione).

Poi ci sono trattamenti quali:

- **scrubber** (che usano trattamenti chimici deodorizzanti);
- **filtri secchi** (a carbone attivo);
- **lavaggio chimico** (sodio ipoclorito, acido solforico e soda caustica) dell’aria di scarico, o **lavaggio a secco** dell’aria di scarico con filtri chiusi a carbone attivo;
- **smaltimento** nell’ambiente di aria inodore con camini di espulsione.

Camino di aereazione di Darsena (Fonte: archivio Dott. Temporelli)



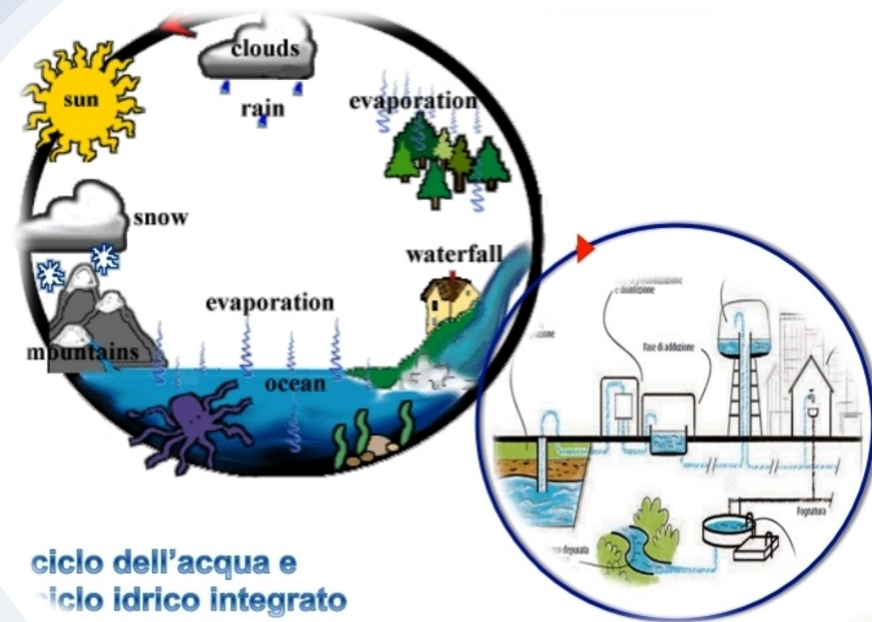
Economia circolare

Spesso, viene erroneamente considerato rifiuto anche ciò che conserva un contenuto residuo di materie, sostanze ed energia in cui è possibile applicare il recupero e riutilizzo.

- I **recupero e riutilizzo delle acque reflue** urbane depurate:
 - In **agricoltura** è utile per aumentare le disponibilità idriche, alleviare la pressione sulle risorse naturali e sostituire, almeno in parte, l'impiego di concimi sintetici.
 - Per usi urbani e industriali possono aiutare a ripristinare e valorizzare habitat naturali come zone umide o paludi, per **ricaricare le falde acquifere** e addirittura per scopi potabili.
 - Contributo alla **mitigazione dei cambiamenti climatici** → la riduzione della formazione di gas serra → meno energia impiegata per sollevamento di acque sotterranee profonde e la dissalazione di acque marine.

Al fine di superare questi ostacoli, sono indispensabili un adeguato impegno pubblico ed appropriate **campagne di formazione e comunicazione**.

Il 28 maggio 2018 la Commissione Europea, ha definito un *Regolamento sui requisiti minimi per il riuso delle acque* che si prefigge di alleviare la scarsità di risorse idriche in tutta l'UE, nel contesto dell'adattamento ai cambiamenti climatici, garantendo che le acque reflue trattate destinate all'irrigazione agricola siano sicure al fine di proteggere i cittadini e l'ambiente.



ciclo dell'acqua e
ciclo idrico integrato

(Fonte: archivio Dott. Temporelli)

Da Rifiuto a Risorsa

Nell'ottica di **economia circolare**, con i moderni depuratori è possibile valorizzare come nuove risorse quello che sino a pochi anni fa era considerato soltanto uno scarto:

Acque depurate: riuso per irrigazione



Fanghi: riuso come concime/inerti



Biogas: produzione di combustibile per le auto



“L’Oro Blu”

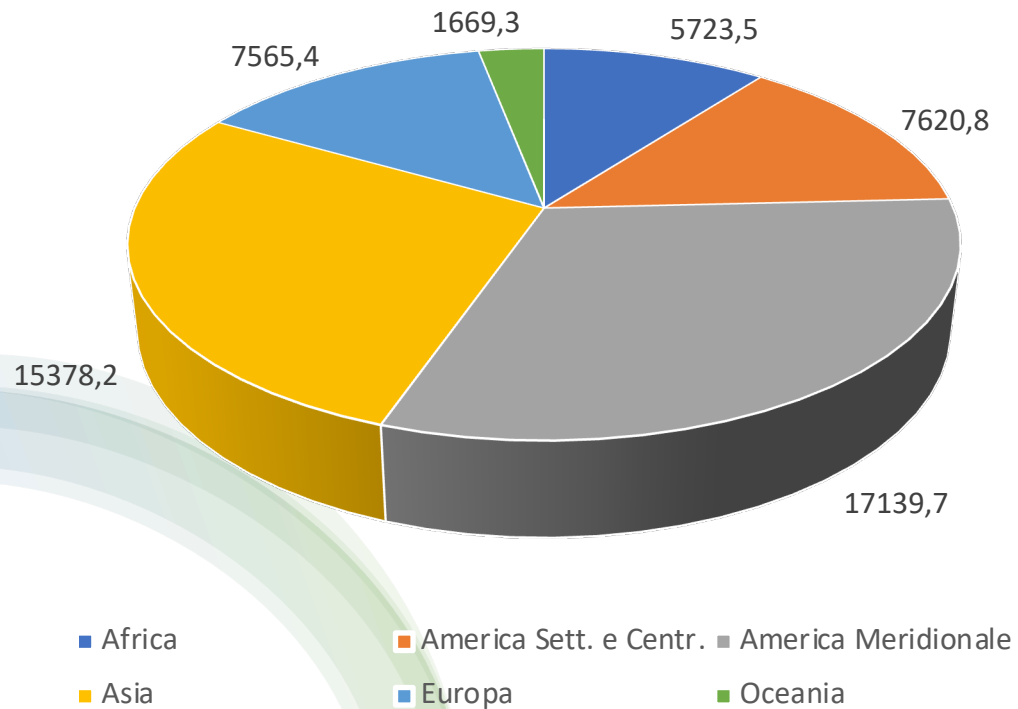
- Questo termine evidenzia come una risorsa basilare e prioritaria, come **l’acqua**, stia rappresentando un **interesse economico** paragonabile ad un bene di consumo e di mercato.
- Oggi, alla crisi idrica che coinvolge molte popolazioni che vivono nei Paesi a basso reddito si affianca una scarsità di risorse in quelli più sviluppati che, a causa di politiche ambientali poco idonee al cambiamento climatico e della crescita demografica, si stanno trasformando in aree a stress idrico o con scarsità idrica.
- E’ possibile che l’accesso alle risorse idriche e il loro controllo potranno essere una tra le cause delle guerre del 21° secolo.
- L’acqua pulita è quotata come il **petrolio del futuro**. L’acqua dolce, ora più preziosa che mai per il suo uso estensivo in agricoltura, nelle manifatture ad alta tecnologia e per la produzione di energia idroelettrica, sta pian piano acquisendo l’attenzione per una gestione più intelligente e un uso sostenibile.



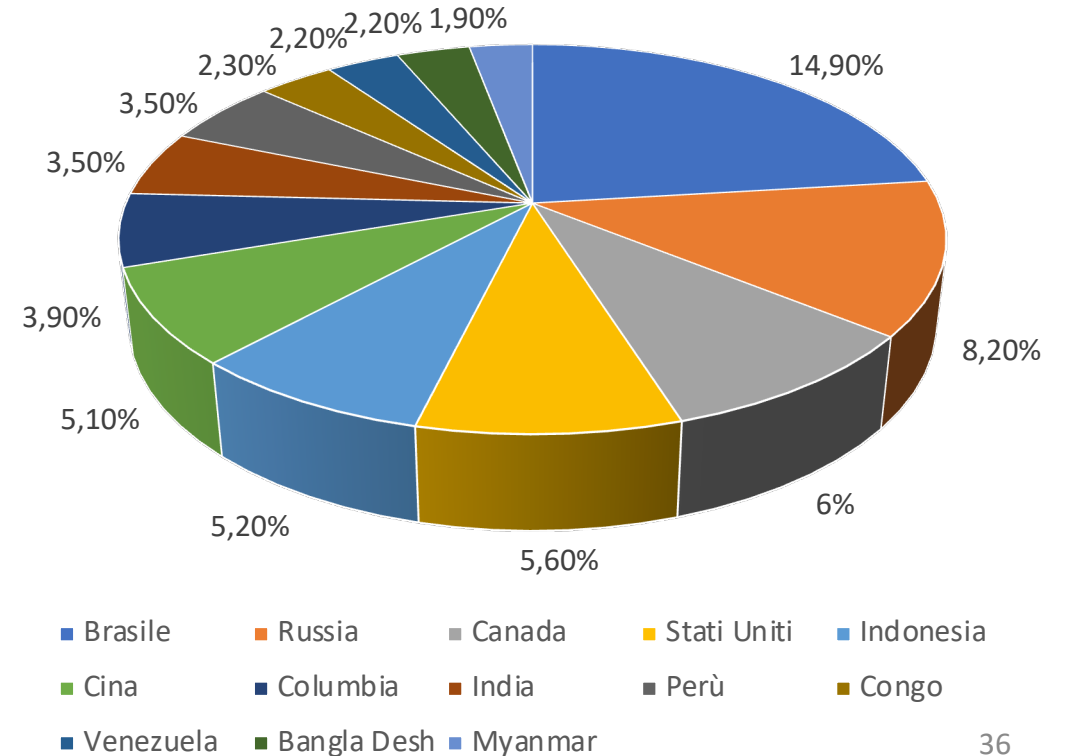
Alcuni dati statistici

- Le risorse idriche di acqua dolce rinnovabili nel 2006 erano di 55.096,9 Km^3

Risorse idriche di acque dolce rinnovabili in Km^3

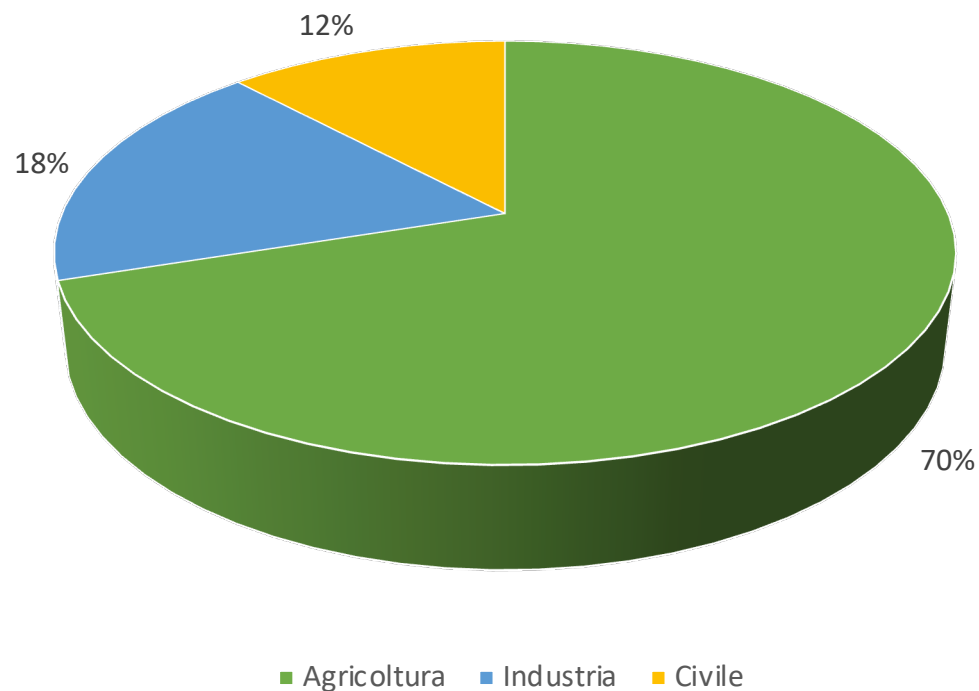


I 13 paesi con il 64,5% delle risorse idriche mondiali (2006)



Usi a livello mondiale

Usi per prelievo mondiale di acqua dolce (2006)



- L'uso agricolo comprende irrigazione e allevamento.
- Il settore industriale include l'uso dell'acqua per il raffreddamento degli impianti e per la produzione.
- Il settore civile riguarda gli usi familiari e municipali, inclusi quelli commerciali e statali.

Crisi Idrica

Attualmente la popolazione mondiale si trova di fronte ad un **allarme idrico**.

- Il motivo principale è da imputarsi nella **difficoltà di accedere alle risorse disponibili**, sia a causa della loro distribuzione non uniforme sia per alcuni fattori fra loro concatenati:
 - crescita demografica; povertà; l'ambiente (clima e inquinamento); i conflitti per il controllo dell'accesso alle risorse; le scelte politiche e tecnologiche; gli interessi privati che si sono indirizzati sulle risorse accessibili.

Nel programma delle Nazioni Unite, Agenda 21, viene stabilito che nell'estrazione e nell'uso delle risorse idriche, la priorità deve essere diretta a rispondere ai **bisogni primari** e alla **salvaguardia dell'ecosistema**.

- Attualmente:
 - 2,1 miliardi di persone non hanno accesso ad acqua potabile;
 - 4,5 miliardi non hanno servizi igienici sicuri a causa della scarsità e della cattiva qualità dell'acqua.

L'UNESCO, in un rapporto dal titolo emblematico *The United Nations world water development report 2019 - Leaving no one behind*, si legge che, dal 2015 al 2019, 25,3 milioni di persone all'anno, in media, **migrano** a causa dei disastri naturali.



Crisi Idrica



- Il settore più a rischio rimane **l'agricoltura**, soprattutto nei Paesi a basso reddito. Uso di prodotti chimici e lo scarico di minerali pesanti, aumentano sempre più la necessità di impianti di trattamento → aumento costo dell'acqua → ostacoli al suo accesso per le popolazioni più povere.
- Specialmente in questi ultimi anni l'eccessivo prelievo delle acque dolci superficiali e mancanza di piogge ha portato alla riduzione delle portate dei fiumi e all'**avanzamento del cuneo salino** entro il delta → riduzione disponibilità di acqua dolce (es. Fiume Po in Italia, Striscia di Gaza).
- Il **disboscamento** e i fenomeni sempre più accelerati di desertificazione comportano una minore attività di ritenzione delle acque, in quanto l'evapotraspirazione e il forte dilavamento superficiale non permettono all'acqua di penetrare nei terreni e di rifornire le falde → l'acqua, rimanendo in superficie, tende anche a scaricarsi prepotentemente a valle, aumentando l'erosione e provocando più frequenti piene e inondazioni.

Il regime idrico viene pertanto sconvolto, l'accesso alle risorse si rende più difficile, comportando investimenti per riparare danni ecologici talora irreversibili ed esponendo le popolazioni povere sempre più al rischio idrico.

Crisi Idrica

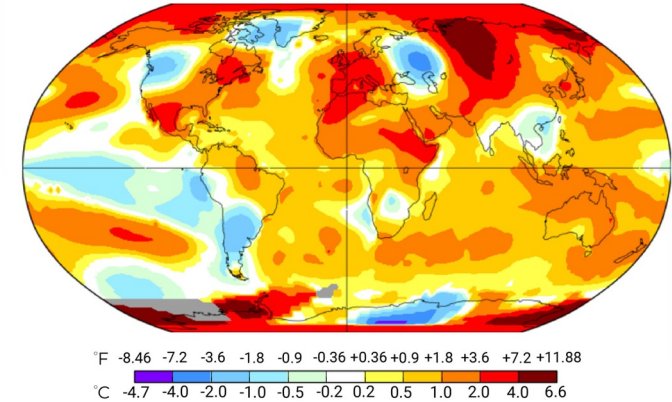
Causa

Innalzamento delle temperature

Conseguenze

- • una **maggiore evaporazione** negli oceani
- il **sovra-riscaldamento delle terre** → una minore quantità di acqua piovana possa raggiungere i fiumi
- **scioglimento dei ghiacciai** (negli ultimi 35 anni lo spessore è calato del 35%) → il livello del mare si innalzerà (tra 9 e 88 cm entro i prossimi 100 anni) → oltre all'aumento della salinità degli acquiferi costieri, si assisterebbe a fenomeni di accelerazione dell'erosione delle coste e le inondazioni.

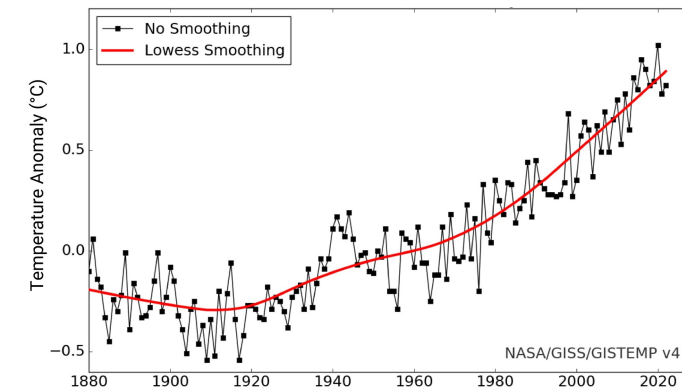
Global Average Temperature Changes (May 2022): 0.82°C/1.48°F



Notes:
• Gray areas signify missing data.
• Ocean data are not used over land nor within 100 kilometers (about 60 miles) of a reporting land station.

CLIMATE.NASA.GOV
NASA/GISS/GISTEMP v4

Global Average Temperature Changes (May 2022)



Notes:
• The red line ("Lowess Smoothing") helps remove noise among data points by using the power of averages to minimize the extremes.
• In the natural sciences, an "anomaly" refers to a measurement that is different from a baseline, which is a long-term average used for comparison purposes. These temperatures are in reference to NASA's 1951-1980 baseline.

CLIMATE.NASA.GOV



Conflitti



- **Water grabbing** (accaparramento dell'acqua): fenomeno che vede governi o grandi industrie prendere il controllo o deviare a proprio vantaggio risorse idriche preziose, sottraendole alle esigenze di comunità locali o di intere nazioni. Un fenomeno che ha già dato o darà vita a numerosi conflitti, armati e politici, per l'accesso all'acqua (specialmente in Medio Oriente, America Latina, Nord Africa e Asia).
- 1. Forti tensioni per le acque del Nilo **tra Egitto ed Etiopia** a causa della costruzione del “The grand Ethiopian renaissance dam” (più grande sbarramento idroelettrico di tutto il continente) con lo scopo di modificare lo stato di Paese poverissimo (Etiopia) a grande produttore di energia elettrica. Il progetto rischia di ridurre del 25% la portata del Nilo, mettendo in grande crisi la sicurezza alimentare dell'Egitto e del Sudan e di mettere in crisi anche la produzione di energia rinnovabile più a valle, con ovvie conseguenze sull'impatto ambientale.
- 2. In Medioriente, **conflitto israeliano-palestinese**, vede lo sfruttamento delle acque superficiali che si trovano nei territori occupati palestinesi (cioè la Cisgiordania, compresa Gerusalemme est, e la striscia di Gaza) da parte di Israele a seguito della Guerra dei Sei Giorni del giugno 1967; inoltre il motivo alla base del non corretto trattamento delle acque reflue a Gaza è il fatto che gli impianti distrutti dopo l'attacco israeliano del 2014 non sono mai stati ricostruiti perché l'assedio, in corso ancora oggi, non permette di importare materiali da costruzione e pezzi di ricambio.
- 3. Conflitto **Ucraina-Russia**: All'inizio del conflitto tra le prime azioni criminali dell'esercito russo c'è stata la distruzione della diga in Ucraina che bloccava l'acqua da un canale di epoca sovietica che sfocia in Crimea. Questa diga era stata eretta come rappresaglia per la perdita di quel territorio, dopo essere stata conquistata dalla Russia nel 2014.

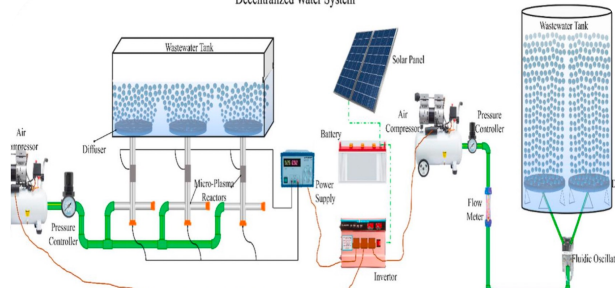
Possibili Soluzioni

Oltre ai provvedimenti e accordi presi (es. Protocollo di Kyoto per le emissioni di anidride carbonica) da parte della comunità internazionale per minimizzare la serie di problematiche legate ai cambiamenti climatici, possono essere applicati nuove soluzioni grazie allo sviluppo di recenti tecnologie per ridurre la crisi idrica, tra cui:

1. **L'utilizzo maggiore dell'acqua salata** di mari e oceani. Fra le ipotesi, si è pensato all'utilizzo di reattori nucleari per alimentare gli impianti, oppure energia eolica, al largo nel mare, che serve ai dissalatori sottostanti per depurare l'acqua e pomparla fino alla costa (Israele è un Paese pioniere nel trattamento delle acque reflue e marine, ed ha raggiunto una percentuale del 35% del fabbisogno idrico nazionale).
2. Gli **impianti di irrigazione a microgoccia**, sono una tecnologia che consente di abbattere di alcuni ordini di grandezza i consumi idrici in agricoltura, soprattutto se integrati con canalizzazioni per la micro-irrigazione interrate. Questi sistemi portano l'acqua direttamente alle radici delle piante, evitando le perdite per evaporazione e la dispersione nel terreno.



Decentralized Water System



3. Ulteriori fonti di risparmio idrico sono rappresentate dalla **raccolta di acqua piovana** in apposite cisterne, in particolare per l'irrigazione, dall'utilizzo di acqua di condensa ottenuta tramite deumidificatori o di altri sistemi in grado ad esempio di ricavare acqua dolce dalla condensa della nebbia.
4. **Sistemi idrici decentralizzati ad energia solare** (in via sperimentale), grazie ad: aeratori (rimuovono i composti organici dalle acque reflue decomponendoli in molecole più piccole), un oscillatore fluidico (rende il processo di aerazione notevolmente efficiente dal punto di vista energetico), un reattore di ossidazione avanzato (in grado di produrre e dosare ozono) ed alimentato ad energia solare; potrebbero essere la chiave per rendere fattibile un approvvigionamento di acqua potabile pulita, in particolare nei paesi in via di sviluppo.



Bibliografia e Sitografia

- https://it.wikipedia.org/wiki/Politica_dell'acqua
- https://www.treccani.it/enciclopedia/l-oro-blu-la-battaglia-per-l-acqua_%28XXI-Secolo%29/
- <https://www.rcinews.it/2018/03/26/la-gestione-delle-risorse-idriche-in-italia/>
- <https://cordis.europa.eu/article/id/415837-new-technology-provides-clean-water-in-africa/it>
- Temporelli, G., Gestione e trattamento acque, 2022, Webinar, 1-77.
- Temporelli G., Cassinelli N., *Gli acquedotti genovesi*, Milano, Franco Angeli, 2007.
- Molte immagini da Archivio Temporelli G. - <https://www.giorgiotemporelli.it>
- Hafeez, A., Shamair, Z., Shezad, N., Javed, J., Fazal, T., Rehman, S., Ahmed Bazmi, A., Rehman, F., 2021, Solar powered decentralized water systems: A cleaner solution of the industrial wastewater treatment and clean drinking water supply challenges, Journal of Cleaner Production, 289, 1-17.
- Sorlini, S., Rondi, L., Pollmann Gomez, A., Collivignarelli, C., APPROPRIATE TECHNOLOGIES FOR DRINKING WATER TREATMENT IN MEDITERRANEAN COUNTRIES, 2015, Environmental Engineering and Management Journal, 14, 7, 1721-1733.
- Somma, A., R., Sisto, L., Lamaddalena, N., Occhialini, W., Crisi idrica recupero e riuso delle acque reflue tra opportunità e criticità per una gestione sostenibile dell'acqua, 2017, CIHEAM Bari, 1-188.
- Gadgil, A., DRINKING WATER IN DEVELOPING COUNTRIES, 1998, Lawrence Berkeley National Laboratory, Environmental Energy Technologies, 23, 1-34.
- Wen, X., Chen, F., Lin, Y., Zhu, H., Yuan, F., Kuang, D., Jia, Z., Yuan, Z., Microbial Indicators and Their Use for Monitoring Drinking Water Quality—A Review, 2020, Sustainability, 12, 1-14.

Grazie per l'attenzione!

