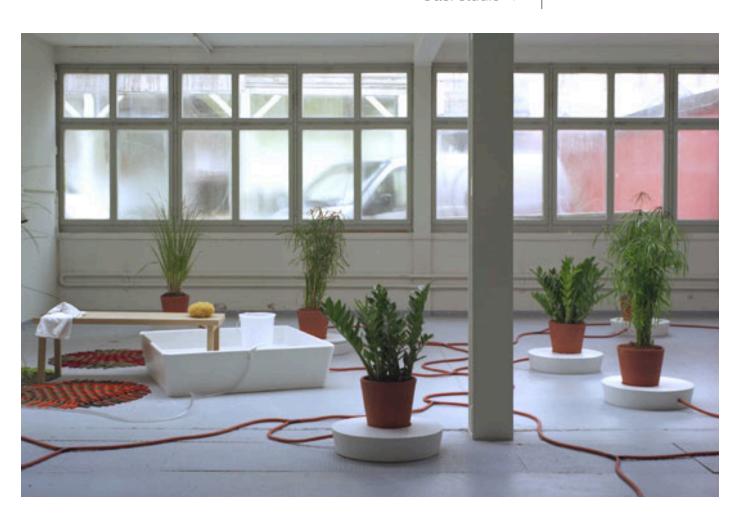
L'ACQUA IN AMBIENTE DOMESTICO

6

- Riferimenti storici <
- Dalla visione attuale alla visione sistemica <
 - Casi studio <



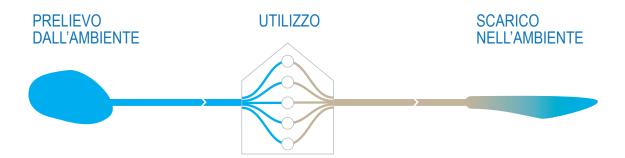
Il percorso di ricerca ha permesso di comprendere più a fondo le proprietà emergenti dell'acqua vista come un sistema dissipativo complesso, e individuare due tecnologie innovative che potrebbero essere utilizzate per il suo trattamento, specialmente in ambito domestico.

Si riporta di seguito un successivo approfondimento del percorso di Ricerca focalizzato quindi sul ripensamento dei flussi di acqua che sono utilizzati a livello domestico, con particolare riferimento all'acqua direttamente usata sia per il consumo umano che per i servizi (lavaggio, pulizia, irrigazione, scarico dei WC, etc.).

Per uso dell'acqua in ambiente domestico s'intende quella quota parte di acqua utilizzata quotidianamente per svolgere le funzioni primarie in casa, sia in ambito urbano in piccole comunità, che in contesti isolati.

Nello specifico si fa qui riferimento all'acqua direttamente utilizzata a livello domestico generalmente destinata per soddisfare funzioni fisiologiche (bere e cucinare), per l'igiene personale, per la pulizia di stoviglie e vestiti, per la pulizia degli ambienti, per lo scarico dei sanitari, etc.

Di seguito si descrive attraverso uno schema essenziale il flusso d'acqua direttamente utilizzata all'interno del sistema domestico che rappresenta i confini del sistema qui considerato.



Nelle aree in cui è presente una rete infrastrutturale adeguata, l'acqua proviene generalmente da un acquedotto che ha il compito di trattare e distribuire alle abitazioni l'acqua potabile utilizzata indistintamente per tutte le attività domestiche.

A questo punto le acque reflue confluiscono nel sistema fognario

e riversate in corpi idrici riceventi attraverso un trattamento di depurazione.

A livello mondiale, tuttavia, i sistemi di depurazione dei reflui risultano scarsi tanto che circa l'80% delle acque di scarico sono rilasciate nell'ambiente senza alcun tipo di trattamento¹. L'aumento della popolazione da un lato e la diffusione di sostanze scarsamente biocompatibili e inquinanti dall'altro, ha acuito nel tempo questa problematica con particolare severità nelle aree ad alta concentrazione demografica, in cui la mancanza di gestione delle acque è sovente causa di diffusione di epidemie.

L'acqua, come noto, è il solvente universale e di conseguenza l'acqua pura, costituita unicamente da molecole di H20, non esiste in natura.

Pertanto la qualità dell'acqua dipende fortemente dal contenuto delle sostanze disciolte o in sospensione, presenti lungo il suo ciclo. E' facilmente comprensibile che la qualità dell'acqua possa essere influenzata in qualsiasi istante dal contatto con materiali, siano essi i contenitori in cui fluisce o le diverse sostanze che in essa sono immesse.

Considerando quindi lo schema essenziale descritto in precedenza, è facile intuire che, durante le diverse fasi del ciclo di vita, l'acqua possieda caratteristiche e qualità specifiche.

Generalmente, secondo la visione attuale di gestione e uso dell'acqua, il refluo in uscita da un processo ha una qualità inferiore rispetto all'acqua in entrata.

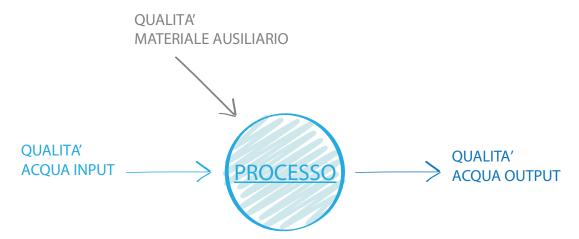
Durante le varie attività in cui è impiegata a livello domestico, l'acqua viene in contatto, infatti, con inquinanti il cui trattamento è poi demandato all'impianto di depurazione a valle.

Di conseguenza è facilmente intuibile che le sostanze che riversiamo nell'acqua e i materiali in cui la conteniamo rivestano un ruolo fondamentale per definirne la sua qualità e, di conseguenza, per selezionare i trattamenti a cui dobbiamo eventualmente sottoporla.

In ambito domestico l'acqua potabile entra in contatto con una gran

¹ Fonte: FAO

varietà di sostanze che ne influenzano la qualità: dal materiale con cui sono realizzate le tubature, ai sedimenti, ai detergenti che sono utilizzati per la pulizia e il lavaggio, alle sostanze organiche, fitofarmaci e pesticidi presenti sui prodotti alimentari, alle feci e alle urine prodotte quotidianamente, etc.



Appare evidente che per migliorare la qualità di acqua in uscita dal processo sia necessario intervenire sulla qualità del processo stesso e quindi sulla qualità degli input.

A questo proposito, la natura può fornire spunti preziosi sul meccanismo di gestione dell'acqua.

Come noto, in natura non esiste il concetto di scarto e ogni sostanza prodotta da un processo diventa materia prima e nutrimento per altri processi.

La gestione delle acque in natura risponde a questa legge e, durante il suo fluire, l'acqua diventa carrier di energia e di nutrimenti per l'attivazione vari processi biologici che danno origine alla vita.

"Immaginare (...) un edificio come una specie di albero. Esso purifica l'aria, accumula l'energia solare, produce più energia di quanta ne consumi, crea un riparo e un habitat, arricchisce il suolo, e cambia al mutare delle stagioni." (McDonaugh, 2002)

Anche l'albero espande le proprie radici sul territorio per cercare l'approvvigionamento idrico e nutritizio necessario ma, nel farlo, restituisce un enorme beneficio al territorio stesso, generando

energia attraverso la fotosintesi, regolando la ventilazione e gli scambi di nutrienti con l'esterno, diventando esso stesso un "contenitore" di acqua.

L'evapotraspirazione serve a regolare il ciclo dell'acqua e a permettere il suo rinnovamento.

Esistono diverse specie di alberi che hanno imparato ad adattarsi al territorio più o meno arido.

Le città moderne invece tendono all'omologazione perdendo il dialogo con il territorio. Nei territori aridi, per esempio, si spende tantissima energia per desalinizzare e irrigare e generalmente la città fagocita tutte le risorse idriche dal territorio circostante, e non solo, utilizza tantissima acqua molto più di altri territori attraverso il consumo di prodotti e cibi, restituendo all'ambiente queste risorse degradate come scarti.

Di seguito si ripercorrere brevemente l'evoluzione storica della gestione delle acque in ambiente urbano, per comprendere i motivi e le cause che hanno portato alla gestione attuale della risorsa idrica e recuperare, se possibile, alcuni spunti utili al processo progettuale.

RIFERIMENTI STORICI

Si affronta qui un breve excursus storico legato alle tecniche di raccolta e trattamento delle acque con l'obiettivo principale di individuare determinati tratti evolutivi della gestione idrica, senza la finalità di affrontare l'argomento in maniera completa ed esaustiva.

Da quando l'uomo, tra il 10.000 e l'8.000 a.C.(in un periodo di poco precedente all'epoca Neolitica), è passato ad una vita sedentaria, ha dovuto confrontarsi con le problematiche legate all'approvvigionamento idrico.

Generalmente si ritiene che Gerico in Palestina, sulla depressione del Mar Morto, sia stato il primo insediamento umano al mondo.

La cosiddetta mezzaluna fertile intorno al Mar Morto è comunemente considerata l'area in cui, in seguito all'insediarsi dei primi villaggi, è nata la civiltà.

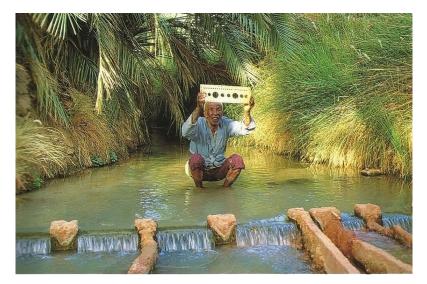
Il passaggio da vita nomadica a stanziale ha favorito la comparsa dei primi nuclei abitativi in terra cruda, circondati spesso da fossati la cui funzione difensiva potrebbe essere secondaria a quella di raccolta e drenaggio dell'acqua.

Proprio a Gerico è ancora da definire con esattezza la funzione del fossato, del muro e della torre di pietra che sembrano avere uno stretto rapporto con la raccolta dell'acqua.

L'approvvigionamento idrico nelle aree aride e semiaride in cui nacquero i primi insediamenti era particolarmente importante e costrinse l'uomo ad ingegnarsi per avere un afflusso costante di acqua.

E' interessante notare, infatti, come con i primi insediamenti umani la rivoluzione apportata dalla pratica agricola in epoca Neolitica sia nata in quelle aree tropicali e subtropicali con climi aridi e semiaridi, in apparenza meno adatti a svilupparla (Childe, 1954).

Con lo sviluppo della pratica agricola in epoca Neolitica, la scelta geografica dell'insediamento era strettamente relazionata alla fertilità del suolo più che ad un facile approvvigionamento idrico per le mansioni domestiche.



Un maestro dell'acqua dell'oasi algerina di Adrar mostra la piastra perforata (hallafa) con cui vengono misurati i flussi allo sbocco della grande foggara. (Laureano 2001)

Spesso, infatti, l'acqua per uso personale era raccolta anche a qualche kilometro di distanza dall'insediamento abitativo.

Nel caso in cui non fossero presenti acque superficiali (fiumi o laghi), si utilizzava acqua freatica pompata in alto attraverso i pozzi o trasportata in canali sotterranei (Laureano, 2001).

Lo sviluppo della coltivazione permise una notevole crescita demografica che comportò anche un maggior fabbisogno idrico. L'acqua dovette essere quindi prelevata da varie sorgenti situate anche a notevole distanza dall'insediamento abitativo.

Interessanti sistemi di captazione, filtrazione e raccolta di acqua si svilupparono in tutta l'area mediorientale e mediterranea.

È di particolare interesse il sistema sviluppato nella città di Quana, nello Yemen, che costituiva l'antico sbocco della via dell'incenso sull'Oceano Indiano.

La grande conca su cui fu costruita la città serviva a condensare i vapori marini carichi di umidità.

L'acqua era raccolta in vasche fornite di dispositivi di filtraggio e decantazione. Le stesse tecniche si ritrovano anche nella città di Aden, oggi alimentata a fatica da una complessa rete di acquedotti e costosi impianti di desalinizzazione.

Un'opera colossale di ingegneria idraulica risalente al IIIº secolo

a.C. riforniva Marib, la capitale dei Sabei (popolazione semitica dell'Arabia sud-occidentale; la regione occupata inizialmente dai Sabei corrispondeva alla parte centro-orientale dello Yemen attuale) di un quasi costante flusso idrico che andava a fertilizzare il terreno di due tra i più bei giardini dell'antichità.

Un'imponente diga permetteva di ripartire ai due lati le piene del wadi Dhana, estendendo la zona fertile creata dal corso d'acqua a due aree laterali in cui furono realizzati giardini e campi coltivati, ricchi di humus e terreno fertile imbevuto d'acqua. Il sistema di ripartizione diveniva attivo durante le piene del wadi distribuendo il flusso d'acqua.

L'acqua potabile era garantita da enigmatici cunicoli e da torri realizzate in tutto il deserto, i mahfid, dispositivi per la raccolta dell'acqua che utilizzavano la massa della muratura e la doppia camicia muraria come camera di condensazione dei vapori contenuti nell'aria.

Sistemi analoghi si ritrovano in epoche più recenti nelle architetture diffuse della civiltà islamica, ma anche nei nuraghi in Sardegna o nella Zisa di Palermo. I sistemi di condensazione e raccolta dell'umidità dell'aria basati su cumuli di pietre erano molto diffusi in tutta l'area mediorientale e mediterranea.

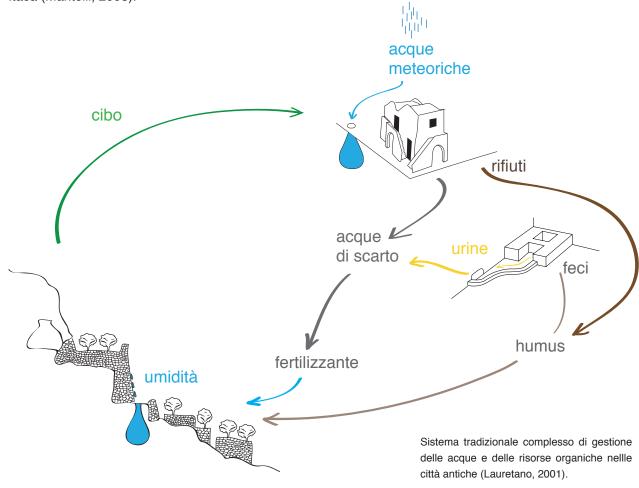
Il Qanat, a differenza dell'acquedotto, è un condotto sotterraneo che viene progressivamente spinto dal punto previsto di uscita verso un vicino rilievo, sino a raggiungere la base di un pozzo con cui si è preventivamente verificata l'esistenza di una falda acquifera; nel corso di tale scavo vengono regolarmente intervallati pozzi di collegamento con la superficie per l'aerazione del condotto e per un più immediato accesso alla prosecuzione dello scavo. (Castellani, 2001)

I Sumeri, la più antica civiltà mesopotamica, furono i primi a creare gli acquedotti per convogliare le acque del Tigri e dell'Eufrate verso i centri abitati.

Queste condutture erano costituite da cunicoli sotterranei scavati nella roccia e da condotti coperti. Secondo lo storico e geografo greco Strabone, a Babilonia si usava addirittura la cosiddetta coclea - una macchina idraulica che serve per sollevare l'acqua da piccole profondità - per farla arrivare ai giardini pensili.

E' noto che il re assiro Sennacherib fece costruire un canale per condurre sino a Ninive le acque del fiume Kosher, attraverso una struttura in calcare di circa 80 km.

Numerosi acquedotti scavati nella roccia furono inoltre costruiti in Fenicia e in Palestina: particolarmente grandioso era l'acquedotto di Siloe, che portava acqua a Gerusalemme. Durante il 2° millennio a.C. la tecnica degli acquedotti sotterranei si trasmise dall'Oriente al bacino del Mediterraneo: resti di tubi di terracotta cementati in calce appartenenti alla civiltà minoica sono stati trovati sotto il pavimento dell'insediamento palaziale di Knosso, mentre tracce di condotti relativi al periodo miceneo sono state portate alla luce a Micene e a Itaca (Mantelli, 2008).



Nell'antica Grecia l'acqua di sorgente, l'acqua di pozzo, e l'acqua piovana furono molto sfruttate dato il rapido aumento della popolazione urbana.

I Greci furono fra i primi a dimostrare interesse verso la qualità dell'acqua utilizzando, ad esempio, dei bacini di aerazione per la depurazione dei reflui.

Knosso

Ai primi del '900, Sir Arthur Evans ha scoperto e restaurato il palazzo di Knosso sulla collina Kefala, nel mezzo dell'isola di Creta.

Le parti più antiche del palazzo risalgono a circa il 2.100 – 2.000 a.C. Knosso aveva un sistema idrico all'avanguardia.

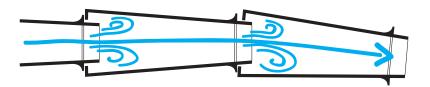
Erano presenti condotti separati per l'acqua dolce, per le acque grigie e quelle nere. Le acque grigie, una volta raccolte, venivano mandate a depurarsi in un sistema di lagunaggio e poi accumulate per l'agricoltura. Le acque nere invece erano convogliate nei prati e trattate attraverso la fitodepurazione.

C'era anche un gabinetto provvisto di acqua corrente.

Nella decorazione delle pareti si può vedere come gli abitanti del palazzo fossero ispirati dai vortici di acqua. I vortici e i motivi a spirale, infatti, abbondano.

Probabilmente l'aspetto più interessante riguarda il sistema di approvvigionamento di acqua dolce.

L'acqua veniva convogliata da una sorgente che sgorgava dall'altro lato della valle in un sistema molto particolare di tubi di ceramica.



Questi tubi hanno una sezione conica longitudinale; la parte più stretta di ciascun raccordo si incastra in quella successiva. La parte più stretta è posta avanti nella direzione del flusso, dando così vita a un flusso toroidale all'interno del tubo.

In questo modo è stato possibile convogliare acqua per una grande

distanza e, grazie all'utilizzo di dispositivi idonei di sifonamento, è stato anche possibile trasportarla in salita.

Questo sistema costituisce un possibile spunto progettuale per la realizzazione di condotte e tubature.

Tuttavia, uno studio, condotto presso la National Technical University of Athens sulla fluidodinamica dei tubi, mostra come la loro efficienza sia inferiore rispetto ai tubi a sezione circolare (Tseropoulos et. al., 2013).

Nello specifico, sono state valutate le dinamiche che avvengono in tali tubi mediante l'adozione di modelli numerici e computazionali avanzati, al fine di produrre un'immagine comparativa della efficienza idraulica dei tubi conici minoici.

Questi calcoli indicano chiaramente che i tubi conici minoici mostrano significative cadute di pressione lungo la loro lunghezza, più elevate rispetto ad un condotto rettilineo equivalente.

Nella loro parte più larga appare un ricircolo esteso, volto a eliminare le impurità che possono essere presenti nell'acqua ma che, allo stesso tempo, non possono essere depositate sulla parete del tubo.

Tale aspetto può risultare di particolare interesse per la progettazione della purificazione dell'acqua durante il suo trasporto, come già ipotizzato da Schauberger (Coats, 2000).

Questo studio dimostra che i tubi minoici sono energeticamente dispendiosi e di conseguenza la loro sostituzione con tubi cilindrici era inevitabile.

Pertanto, sembra che il vantaggio principale e lo scopo della particolare geometria fosse dovuta alla facilità di collegarli in loco, senza dover aggiungere raccordi, formando percorsi rettilinei o curve.

A Knosso le acque reflue venivano trattate in piscine speciali prima dell'immissione nell'ambiente secondo il principio per cui l'acqua dovesse essere restituita alla Natura nella stessa condizione in cui era quando la si era "presa in prestito".

I Romani furono tra i più grandi architetti e costruttori di acquedotti nella storia.

Come notava Strabone, infatti, nel costruire le loro città i Romani si preoccupavano, più che della bellezza e delle fortificazioni, di creare strade lastricate, fognature e acquedotti. Nel 10 a.C. Augusto istituì addirittura una magistratura speciale di rango senatorio, quella del curator aquarum, preposta all'amministrazione delle acque.

I Romani furono i primi a schematizzare i tre distinti e indipendenti livelli di un sistema acquedottistico (captazione, adduzione e distribuzione).

L'importanza che la qualità dell'acqua rivestiva per i Romani era notevole e, per questo motivo, la posizione delle sorgentie, il sapore e la temperatura dell'acqua assumevano un'importanza fondamentale nella scelta e nella progettazione di un acquedotto. I metodi di analisi per la valutazione della qualità delle acque non erano analitici ma ugualmente efficaci per distinguere tra quella particolarmente pura destinata alle fontane e alle ville imperiali e quella ritenuta inferiore, derivata da corpi idrici superficiali, che era destinata ad usi per lo più artigianali². E' interessante questa distinzione qualitativa che associa la funzione che l'acqua deve svolgere alla qualità che deve avere.

Dopo la caduta dell'impero romano, la rete di acquedotti venne in parte abbandonata.

Nel Medio Evo si usavano prevalentemente tubature di legno e le condizioni igieniche erano spesso critiche per la mancanza di un sistema fognario con conseguente sviluppo di epidemie, soprattutto nei centri molto affollati.

Il Rinascimento segnò una ripresa rilevante delle opere di ingegneria idraulica.

Si segnala ad esempio l'acquedotto fatto costruire da Luigi XIV per rifornire Versailles e quello realizzato da Carlo III nel 18° secolo per portare l'acqua alla reggia di Caserta.

Nel corso dei secoli successivi la rete di acquedotti si è estesa e perfezionata costantemente, arrivando alla costruzione di opere faraoniche come l'acquedotto della California Water Plan, lungo 700

2 www.treccani.it

km.

Nel XVII secolo ci fu la costruzione delle prime reti fognarie che tuttavia sollevarono alcune perplessità per il fatto di smaltire una quantità sempre maggiore di reflui in acqua, inquinando le riserve idriche naturali:

Le fogne inquineranno le risorse idriche naturali. Andando contro ogni protesta e buonsenso, la tecnologia dello smaltimento dei rifiuti con acqua renderà infida e fonte di malattie ogni polla, fonte e sorgente, segnando per la prima volta l'impossibilità per gli abitanti di un luogo di essere dissetati dal loro stesso terreno: dando inizio all'astrazione degli abitanti dalla realtà ecologica del proprio vivere quotidiano.

Il luogo viene ucciso nella sua capacità di sostentare i suoi abitanti. La stessa evidenza e memoria di tale possibilità viene occultata (La Cecla, 2005).

Durante i secoli scorsi l'umanità ha sofferto di malattie quali la peste e il colera, ancora oggi causa di morte per oltre 100.000 persone all'anno (WHO)3.

L'origine di tali malattie fu fraintesa fino a quando John Snow, un medico inglese, scoprì che l'epidemia del colera, scoppiata a Londra nel 1854, fu causata dal pompaggio di acqua contaminata.

Nello stesso anno Filippo Pacini individuò per la prima volta il batterio causa della malattia.

L'importanza della salubrità dell'acqua e il rischio di contaminazione furono in questo modo correlati e ciò stimolò la ricerca di una soluzione per la purificazione dell'acqua da microrganismi.

Nel diciannovesimo secolo fu scoperto l'effetto dei disinfettanti, come il cloro, largamente utilizzati nella fase di disinfezione delle acque e, solamente in questo periodo, iniziò la costruzione di acquedotti moderni e su larga scala.

Le strade di Parigi di inizio '800 erano una discarica a cielo aperto, in

³ http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs107/en/

quanto la pulizia era affidata quasi esclusivamente alle piogge che scaricavano tutto nella Senna.

Nel 1806 nella capitale francese fu messo in opera un grande impianto per il trattamento dell'acqua che veniva lasciata sedimentare per 12 ore prima di essere filtrata. I filtri erano costituiti da sabbia e carbone da legna ed erano sostituiti ogni sei ore.

Nonostante questi accorgimenti, nel 1832 si sviluppò un'epidemia di colera che indusse le autorità a prendere provvedimenti che si risolsero nella costruzione di una prima rete di tubazioni che portava acqua alle abitazioni.

Si cominciò quindi a riconoscere la relazione tra la diffusione delle malattie e l'igiene.

Nel 1835 la scrittrice inglese Francis Milton Trollope osserva:" (...) quasi in tutte le famiglie di Parigi l'acqua necessaria per gli usi più indispensabili arriva a due secchi alla volta, faticosamente issati fino alle abitazioni da portatori calzati di zoccoli. I francesi pertanto non si lavano". (Bigatti, 1997)

Il primo impianto di distribuzione di acqua potabile che riforniva un'intera città fu realizzato nel 1804 a Paisley, in Scozia, da John Gibb, con l'intento di fornire acqua al suo locale di candeggio e a tutta la città. Nel giro di tre anni, l'acqua filtrata fu trasportata a Glasgow.

In Inghilterra, già alla fine del XVIII° Secolo cominciò a diffondersi il "water closet", un WC costituito da una vaschetta su cui era sagomato il sedile forato del gabinetto; la vaschetta era dotata sul fondo di uno scarico su cui era sistemata una valvola piatta che permetteva l'apertura del condotto per mezzo di un'asticella.

L'introduzione di un sifone che rendeva il water closet più igienico e funzionale avvenne solo decine di anni più tardi, all'inizio del XIX° secolo.

L'adozione dei water closet aumentava tuttavia la quantità dei liquami che si riversava nel Tamigi dove finivano tutte le condotte fognarie.

Nel 1865 la nuova rete fognaria di Londra fu completata risolvendo parzialmente il problema.

In Italia, da un'inchiesta sanitaria condotta nel 1885, risultò che 6.404 comuni su 8.258 erano assolutamente privi di un sistema di smaltimento delle acque luride; in 1313 il sistema di smaltimento era limitato alle acque piovane, mentre in 541 comuni era presente una rete fognaria spesso inadeguata (Butera, 2004).

Nell'Ottocento Napoli era la città più densamente popolata d'Italia e la distribuzione dell'acqua avveniva attraverso dei condotti sotterranei o scavati nel tufo che alimentavano le fontane pubbliche e i pozzi dei vari caseggiati.

Si stima che ciascun napoletano avesse in media a disposizione 26 litri di acqua al giorno.

Fu tra la fine del XIX° e l'inizio del XX° secolo che si diffuse una rete di distribuzione di acqua potabile.

La disponibilità di acqua corrente indusse un forte incremento dei consumi, modificando le abitudini e i modi d'uso. Parallelamente si svilupparono degli impianti di depurazione per il trattamento dei liquami provenienti dalle fogne.

Da questo breve excursus storico si evince come l'aumento della concentrazione demografica in aree urbane abbia costituito una forte problematica rispetto alla gestione delle acque e, quindi, al mantenimento della salute pubblica.

La necessità di rifornire una quantità sempre crescente di abitanti e, allo stesso tempo, di gestire una quantità sempre più importante e invasiva di reflui ha portato allo sviluppo di reti idriche e fognarie sempre più complesse.

L'aumento della domanda di acqua potabile in molti casi ha portato al graduale esaurimento delle acque naturalmente potabili (sorgenti di acque profonde), rendendo necessario il ricorso all'acqua di origine superficiale (mari, fiumi, laghi naturali e artificiali).

Di conseguenza si sono resi fondamentali potabilizzazione atti a modificare le caratteristiche e a migliorare la qualità dell'acqua, in base alle sue caratteristiche specifiche e/o al grado di inquinamento.

Per definire la potabilità dell'acqua sono nati degli standard in grado

di garantirne una qualità adeguata a preservare la salute delle persone. In questo modo, nelle aree più sviluppate è stato eliminato il pericolo legato al propagarsi di epidemie che, come si è visto, ha caratterizzato in maniera drammatica la fase di urbanizzazione seguita alla Prima e Seconda Rivoluzione Industriale.

La sicurezza dell'acqua potabile è oggi protetta dalla guida di riferimento dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO). Tale guida costituisce un indirizzamento per la qualità dell'acqua e contiene gli standard per l'analisi del rischio, la progettazione del sistema idrico, la prevenzione ed il controllo dell' inquinamento ed il trattamento delle acque.

Contiene inoltre gli standard per le concentrazioni massime delle sostanze inquinanti e dei disinfettanti che possono essere presenti nell'acqua. (WHO, 2003)

Tuttavia la necessità di controllare la qualità dell'acqua potabile su una scala sempre maggiore ha portato a considerare la qualità stessa unicamente in relazione al contenuto di sostanze e inquinanti, perdendo in parte di vista quel concetto di qualità complessiva, considerata importante da alcune culture nel passato.

La potabilizzazione e disinfezione dell'acqua, che da un lato ha il grande pregio di garantire una bevanda più sicura da consumare, dall'altro ha omologato l'acqua a prodotto semi-industriale, con la larga diffusione di disinfettanti chimici quali cloro e ozono.

La tendenza oggi è quella di superare i trattamenti di tipo chimico che sono spesso causa di sottoprodotti di disinfezione quali ad esempio i trialometani (THM), gli acidi acetici alogenici (HAA), l'MX, etc⁴.

Questi ultimi sono, infatti, sostanze chimiche, organiche e inorganiche che possono formarsi durante la reazione di un disinfettante con materiale organico naturalmente presente nell'acqua.

340

⁴ United States Environmental Protection Agency. 40 CFR parts 9, 141 & 142 National Primary Drinking Water Regulations: Long term 2 enhanced surface water treatment rule; final rule. Federal Register 71, 653-702 (2006)

DALLA VISIONE ATTUALE ALLA VISIONE SISTEMICA

Si procede di seguito a un approfondimento su quelle che sono definite come Visione Attuale, Visione Transitoria e la Nuova Visione Sistemica del trattamento delle acque all'interno del sistema casa che trovano una corrispondenza in quelle che in precedenza sono state definite come Fase industriale, Fase Post-industriale e Fase Sistemica.

Il punto di partenza è quindi l'analisi della situazione attuale, intesa come sistema di trattamento delle acque a livello domestico a oggi maggiormente diffuso nei paesi sviluppati.

La Visione Transitoria si pone come momento di transizione appunto tra le problematiche del sistema attuale e la proposta di una visione innovativa, basata sulle proprietà emergenti dell'acqua e chiamata Sistemica, in grado di definire un "sistema casa" assolutamente integrato con quello naturale.

Quello qui descritto è un approfondimento secondario al progetto di tesi, e quindi non vuole essere esaustivo, ma costituisce una sintesi di un percorso più ampio avviato sul

VISIONE ATTUALE

L'uso e la gestione dell'acqua a livello domestico dipendono fortemente dall'area geografica, dal contesto sociale e culturale e dalla disponibilità di risorse sul territorio.

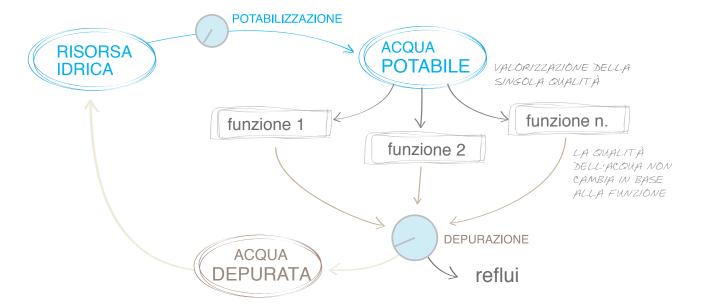
E'sostanzialmente impossibile, nonché superfluo, cercare di definire un sistema casa standard che riesca ad accogliere la complessità delle caratteristiche e delle problematiche specifiche su cui basare le riflessioni progettuali.

Tuttavia, la globalizzazione tecnologica, la standardizzazione e la produzione seriale di sistemi e applicazioni per l'uso dell'acqua a livello domestico, hanno omologato in varie parti del pianeta le tecniche di gestione dei flussi idrici per il sistema casa.

Di conseguenza è possibile descrivere una situazione attuale sufficientemente rappresentativa in cui individuare ambiti di utilizzo dell'acqua a livello domestico comuni per gran parte della popolazione (si veda ad esempio l'acqua utilizzata per il consumo umano).

In questo senso, come si vedrà più avanti, sarà possibile declinare alcune soluzioni progettuali a differenti realtà e contesti specifici.

Nello specifico, si fa qui riferimento a un sistema casa inserito in un contesto moderno di gestione delle acque come può essere quello dell'area torinese.



Attualmente, l'acqua utilizzata a livello domestico è possibilmente potabile, indistintamente dalla tipologia di attività per cui viene impiegata.

L'acqua prelevata dal territorio viene trattata per raggiungere il grado di potabilità richiesto a livello legislativo.

Attraverso una rete di distribuzione arriva nelle varie abitazioni, dove è utilizzata per svolgere diverse attività, da quelle legate al consumo umano a quelle di servizio.

A questo punto i reflui (acque grigie e nere) sono indirizzati, attraverso un sistema fognario, alla depurazione e quindi reimmesse nell'ambiente.

Il percorso di Ricerca è quindi iniziato dall'analisi del sistema casa attuale, prendendo come principale caso-studio un'abitazione tipo dell'area torinese, fornita dalla rete acquedottistica gestita dalla Società Metropolitana Acque Torino S.p.A. (SMAT).

L'Acqua prodotta da SMAT per l'area torinese è di oltre 238 milioni di metri cubi all'anno. Sulla base di questi dati il bacino di utenza servito da SMAT è stimato in 2.252.340 persone.

Il consumo pro-capite è di circa 219 litri/giorno, di cui la quota destinata esclusivamente all'uso domestico è di circa 168 litri/giorno a persona.

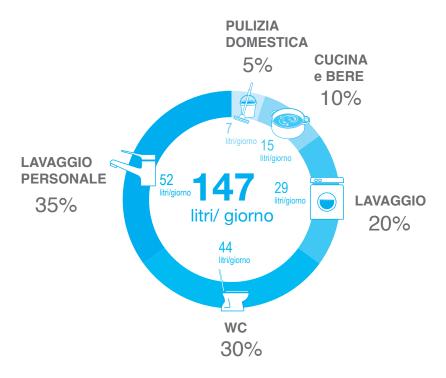
Acqua prelevata dal territorio



Durante le operazioni di distribuzione, circa il 24% dell'acqua prodotta da SMAT viene persa per un ammontare di circa 58 milioni di metri cubi annui, tradotti in circa 71 litri al giorno procapite.

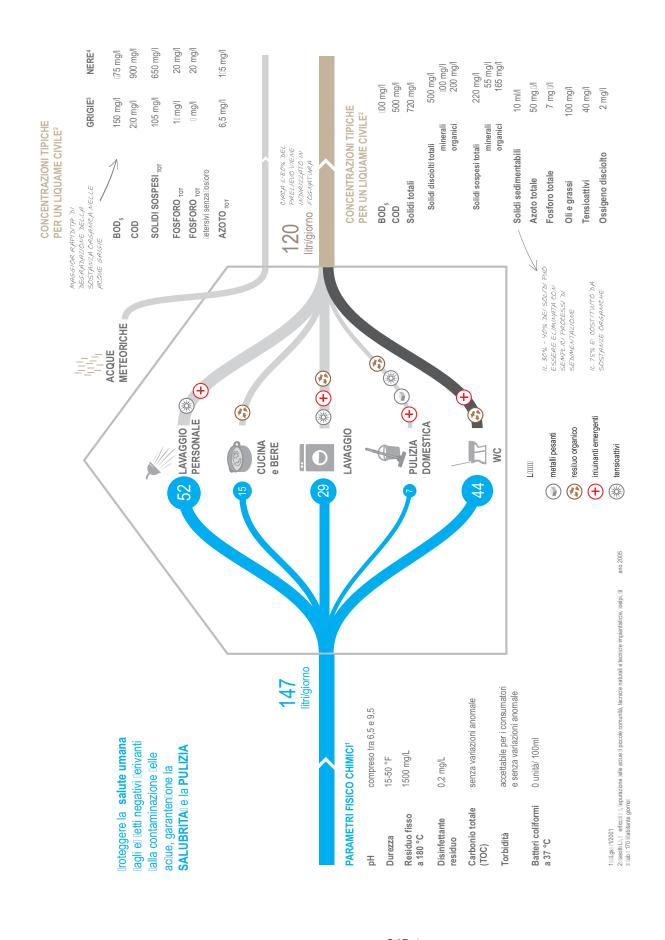
Il consumo di acqua diretta in ambiente domestico trova impiego in diverse funzioni: dalla pulizia, alle operazioni di cucina, al lavaggio di panni e stoviglie, all'igiene personale fino allo sciacquone del WC. Come evidenziato graficamente, circa il 90% dell'utilizzo di acqua potabile è da attribuire a operazioni non destinate direttamente al consumo umano.

Tuttavia la normativa vigente⁵ indica chiaramente che è necessario un trattamento di potabilizzazione per "le acque trattate o non trattate, destinate ad uso potabile, per la preparazione di cibi e bevande o per altri usi domestici, a prescindere dalla loro origine, siano esse fornite tramite una rete di distribuzione, mediante cisterne, in bottiglie o in contenitori".



Di seguito si riporta un dettaglio del flusso di acqua all'interno dell'abitazione riferito alla realtà torinese a livello quantitativo.

⁵ D.Lgs. 31/2001 come recepimento della Direttiva Europea 98/83/CE



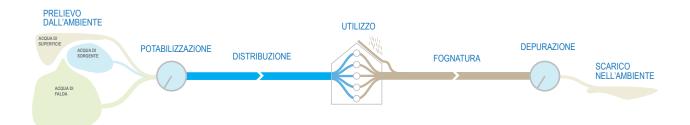
Nonostante l'acqua abbia una capacità naturale di auto depurazione mediante l'interazione con l'ambiente, in molti casi questa capacità auto depurativa non è abbastanza rapida da produrre acqua potabile a causa della quantità e della varietà di inquinanti industriali ed agricoli che hanno contaminato le acque superficiali e freatiche per molte decadi.

Come riportato nella Direttiva 2000/60/CE, che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque:

"In teoria, le acque superficiali e sotterranee sono risorse naturali rinnovabili. In particolare, per garantire un buono stato delle acque sotterranee è necessario un intervento tempestivo e una programmazione stabile sul lungo periodo delle misure di protezione, visti i tempi necessari per la formazione e il ricambio naturali di tali acque. Nel calendario delle misure adottate per conseguire un buono stato delle acque sotterranee e invertire le tendenze significative e durature all'aumento della concentrazione delle sostanze inquinanti nelle acque sotterranee è opportuno tener conto di tali tempi".

Sostanzialmente, come evidenziato precedentemente, l'attuale sistema di gestione delle acque a livello domestico si basa su metodi di trattamento artificiali che, in parte, riproducono i meccanismi di autodepurazione naturale.

Tuttavia il largo impiego di sostanze chimiche per la disinfezione delle acque e la necessità di grandi infrastrutture che richiedono un notevole apporto energetico per il loro funzionamento, segnano un confine netto tra quanto avviene in natura e il modello di gestione delle acque più diffuso attualmente nei paesi industrializzati.



In sintesi si riporta in via schematica "il ciclo dell'acqua per scopi domestici" relativo alla Visione Attuale, composto sostanzialmente da sette fasi che partono dalla captazione per giungere alla depurazione e alla reimmissione dell'acqua nell'ambiente.

Nello specifico, lo schema fa riferimento al ciclo dell'acqua tipico nei paesi con un sistema idrico sviluppato come quello del Comune di Torino in cui l'acqua a uso domestico viene prelevata dall'ambiente (acqua di falda, acqua di superficie, etc.), potabilizzata mediante una serie di trattamenti che la rendono conforme alle normative vigenti, utilizzata quindi indistintamente per le varie attività domestiche e infine, attraverso l'impianto fognario, indirizzata agli impianti di depurazione centralizzata e alla reimmissione nell'ambiente.

Analisi Critica

Durante l'analisi del sistema di distribuzione e gestione delle acque a livello domestico sono state evidenziate alcune criticità che fanno riferimento, in maniera più generale, alla concezione attuale dell'acqua e quindi ai metodi di trattamento e di gestione di questa risorsa.

Come anticipato, l'analisi della visione attuale pone l'accento sulla gestione dell'acqua nella società moderna e quindi sulla porzione di mondo industrializzato e "sviluppato" in cui s'inserisce il caso studio.

Nella società moderna l'acqua è comunemente considerata come una risorsa fondamentale per soddisfare la necessità d'idratazione degli esseri viventi (animali e piante), ma anche una risorsa molto utile per altre attività: da quelle domestiche a quelle manifatturiere e produttive.

Le sue proprietà caratteristiche e la sua grande diffusione sul nostro Pianeta la rendono adatta, oltre a generare la vita, a favorire molteplici attività umane: dal trasporto, alla pulizia, alla trasmissione di calore ed energia, ma anche a svolgere azioni di tipo meccanico nonché ad essere il solvente ideale per numerose applicazioni.

La visione meccanicista imperante nella società moderna fa tuttavia riferimento all'acqua principalmente come ad un mero fluido in grado appunto di contenere, trasportare, muovere, etc., senza considerare tutte quelle che sono le sue proprietà complesse.

In precedenza è stato illustrato, infatti, come il comportamento

dell'acqua a livello molecolare sia ancora quasi del tutto incompreso, nonostante ci siano delle evidenze sul fatto che l'acqua ricopre un ruolo fondamentale per lo scambio di informazioni biologiche. Nonostante sia stato stimato che le molecole d'acqua costituiscono circa il 99% delle molecole presenti nel corpo umano, gli sforzi scientifici maggiori si sono tuttavia concentrati sull'indagine del restante 1% delle molecole (Pollack, 2011).

Questo è un esempio significativo di come molti aspetti legati alla vera natura dell'acqua siano stati a lungo trascurati e possano avere un'influenza enorme sulla modalità con cui trattiamo questa risorsa fondamentale alla vita.

Lo sviluppo produttivo ha fatto grande affidamento su prodotti chimici e di sintesi che hanno causato un serio inquinamento dell'ambiente e quindi delle acque.

Allo stesso tempo anche l'acqua, al pari di un prodotto industriale, è stata ed è tuttora sottoposta a ritmi e trattamenti che sono spesso molto distanti dal comportamento che assume in ambiente naturale.

La presenza di un sempre più alto numero d'inquinanti ha costretto gli impianti acquedottistici ad adottare negli anni trattamenti di potabilizzazione e disinfezione sempre più invasivi, portando ad una conseguente "omologazione" delle diverse qualità delle acque trattate.

Inoltre, la crescente richiesta di acqua potabile nelle aree urbane ha reso necessaria la captazione di acqua da diverse fonti, in alcuni casi distanti anche centinaia di kilometri, con caratteristiche molto differenti tra loro.

In questo modo si è perso in parte quel legame con il territorio e con le caratteristiche geofisiche che determinano la qualità dell'acqua stessa. Il caso della distribuzione in bottiglia delle acque minerali costituisce probabilmente l'esempio più rappresentativo della trasformazione dell'acqua in prodotto industriale.

A valle del processo si trova la rete fognaria, che ha il compito di trattare una quantità di acque reflue sempre maggiore e dalle caratteristiche sempre più diverse.

Nelle aree urbane la tendenza è, infatti, quella di avere una rete

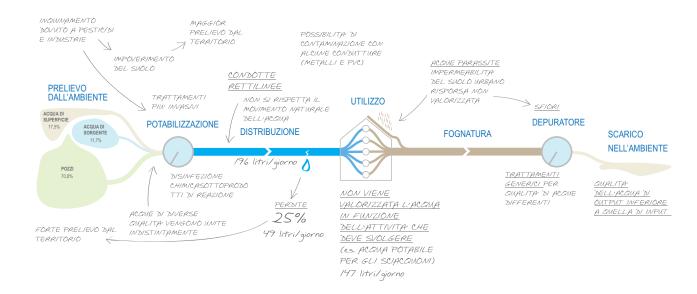
fognaria centralizzata in cui confluiscono tutti i reflui che sono poi trattati a valle in impianti di depurazione.

L'assenza di trattamenti puntuali in uscita dalle abitazioni rende quindi molto difficile il possibile riutilizzo delle acque grigie o nere all'interno delle abitazioni stesse o per attività limitrofe.

Il fatto di collezionare insieme acque grigie, nere e bianche tende ancora una volta ad omologare le diverse qualità di acqua in un unico refluo, il cui trattamento impone tecniche invasive che rendono difficile il recupero delle qualità utili ad altre attività, quali ad esempio l'irrigazione o il lavaggio.

Nel sistema naturale invece è possibile individuare tanti piccoli trattamenti diffusi attraverso cui l'acqua si trasforma e si rigenera costantemente, rilasciando man mano le sostanze utili all'ambiente e arricchendosi di altre.

C'è un'interazione continua dettata dal movimento che sviluppa determinate caratteristiche e qualità attraverso una complessa rete di relazioni con il territorio.



ACQUA POTABILE

L'acqua è fonte di vita e, grazie alla sua caratteristica di solvente universale, in natura non la si trova praticamente mai in forma pura ma sempre come aggregato di diversi componenti.

Alcuni di questi sono essenziali per la vita stessa altri, invece, dannosi e, in qualche caso, patogeni.

Gli elementi chimici che possiamo trovare nell'acqua dolce si suddividono in macro e in microelementi (o oligoelementi o elementi in traccia).

Entrambi sono indispensabili per i processi metabolici dell'organismo umano e perciò risulta necessario il loro apporto con cibi o bevande. Nel caso dell'acqua, questi elementi sono presenti sotto forma di sali, ioni e, in misura minore, come composti organici (Atzori, 2002).

In Italia le acque potabili sono disciplinate dal D.Lgs. 31/2001, che costituisce il recepimento della Direttiva Europea 98/83/CE, che definisce anche i criteri e i parametri analitici ai quali un'acqua deve sottostare per essere definita potabile.

Sostanzialmente, una volta definita la potabilità dell'acqua che entra in ambiente domestico, non viene fatta una distinzione qualitativa per le funzioni che questa deve svolgere (idratazione, detergenza, preparazione dei cibi, etc.).

Allo stesso modo l'acqua reflua, che sia "grigia" o "nera", è convogliata indistintamente nel sistema fognario.

Il Decreto Legislativo del 3 aprile 2006, n.152, recante norme in materia ambientale, riporta i principali parametri che determinano la potabilità delle acque e l'idoneità delle acque reflue ad essere smaltite in un corpo ricettore.

Tuttavia è opportuno sottolineare che, per modeste quantità, come nel caso di case isolate, la Direttiva europea 98/83/CE, concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano, consente in maniera esplicita agli Stati membri di escludere dal campo di applicazione le acque a servizio di comunità costituite da meno di 50 persone o quelle distribuite in volumi inferiori a 10 mc/giorno.

In questo caso, se il distributore pubblico non serve queste comunità, è necessario prevedere un Piccolo Sistema di Potabilizzazione (Coccagna, 2008).

Le acque grezze destinate a essere trattate per risultare idonee al consumo umano possono generalmente provenire da tre diversi scenari:

- acqua naturale sotterranea
- acqua naturale superficiale
- sorgenti

Nello specifico, in base alle caratteristiche di qualità delle acque superficiali destinate alla produzione di acqua potabile, sono individuate tre categorie:

Categoria A1 – Trattamento fisico semplice e disinfezione

Categoria A2 – Trattamento fisico e chimico normale e disinfezione

Categoria A3 - Trattamento fisico e chimico spinto, affinazione e disinfezione

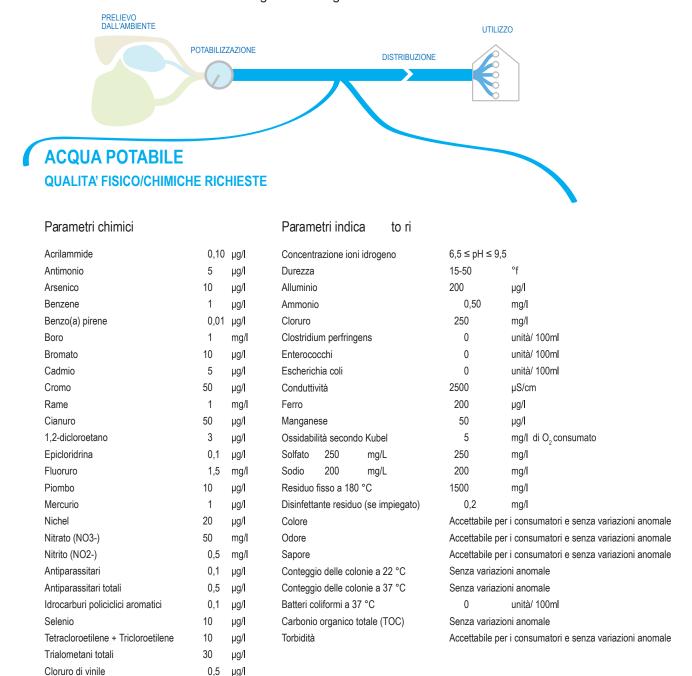
Per quanto riguarda le acque sotterranee, generalmente è necessario considerare il contenuto di costituenti ordinari tipici, con particolare attenzione ai parametri più significativi dipendenti dall'origine dell'acqua come:

ammoniaca, materia organica, ferro e manganese, gas disciolti, parametri microbiologici tipici e la presenza di alcune sostanze quali ad esempio boro, fluoruri, nitrati, bario, arsenico, nichel e radon.

Per le acque di superficie è invece necessario prestare particolare attenzione ad alcuni parametri indicatori di inquinamento come la torbidità, la concentrazione di solidi sospesi e sedimentabili, il colore, il contenuto di materia organica e i parametri microbiologici ordinari, nonché all'eventuale presenza di animali selvatici e domestici e di attività agricole che possono caratterizzare l'inquinamento organico e microbiologico delle acque stesse.

Generalmente, nel caso di piccoli sistemi di potabilizzazione, è auspicabile che le acque grezze superficiali non siano di qualità peggiore rispetto a quelle classificate in categoria A2.

Di seguito si riportano in via schematica i principali parametri che definiscono la potabilità dell'acqua in ingresso e l'idoneità delle acque reflue a essere smaltite in un corpo ricettore, secondo la legislazione vigente in Italia.



Qualità fisico chimiche richieste all'acqua potabile dal D.Lgs. 31/2001

0,5 μg/l

μg/l

μg/l

700

50

Clorito

Vanadio

TRATTAMENTO DI POTABILIZZAZIONE

La potabilizzazione dell'acqua consiste nella rimozione delle sostanze contaminanti dall'acqua grezza per ottenere un'acqua che sia idonea al normale consumo domestico, in accordo con i limiti previsti dalla direttiva 98/83/CE recepita in Italia dal DL 31/01 (decreto attuativo dal 25/12/03 e che supera il DPR 236/88).

Le fonti di approvvigionamento idrico, a causa delle caratteristiche specifiche dell'acqua e/o del grado di inquinamento, devono essere spesso sottoposte a cicli di trattamenti di potabilizzazione necessari a garantirne una qualità adeguata al consumo. Nello specifico l'acqua trattata deve avere:

- idonee caratteristiche organolettiche: sapore, odore, colore, torbidità, etc.;
- idonee caratteristiche fisiche: temperatura, conducibilità elettrica e pH, etc.;
- idonee caratteristiche chimico-biologiche: durezza, salinità, bassa concentrazione di microinquinanti, basso carico organico, etc.

Contaminanti

I contaminanti presenti nelle acque grezze possono essere sia di origine naturale (ferro e manganese, solfati, idrogeno solforato, etc.) che antropica (metalli pesanti, microinquinanti organici, ammoniaca, nitriti, nitrati, etc.).

Oltre alle sostanze contaminanti le acque grezze contengono anche forme di vita microbiologica come plancton, batteri e patogeni, virus, miceti, alghe, etc.

Di seguito si riporta una classificazione delle sostanze di natura organica e inorganica presenti generalmente nelle acque grezze, a seconda delle dimensioni e quindi del trattamento di potabilizzazione:

solidi grossolani distinguibili in:

- solidi grossolani sedimentabili (ghiaia, sabbia grossa, terriccio);
- solidi grossolani non sedimentabili (foglie, piccola fauna, alghe); solidi sospesi costituiti da particelle di dimensioni comprese tra 0,1

e 1 µm anch'essi si distinguono in: solidi sospesi sedimentabili (argilla, sabbia fine); solidi sospesi non sedimentabili (microflora e microfauna, plancton).

solidi filtrabili costituiti da:

sostanze colloidali costituite da particelle di dimensioni tali (10-7 - 10-5 cm) da non poter essere separati dall'acqua con alcun trattamento meccanico;

sostanze disciolte o solute omogeneamente disperse nell'acqua allo stato molecolare o ionico.

Trattamenti

I trattamenti di potabilizzazione dipendono quindi fortemente dalla qualità delle acque grezze in ingresso all'impianto.

Pertanto i metodi di rimozione utilizzati possono essere di natura fisica, chimico-fisica e biologica, in funzione del tipo di sostanze da eliminare dall'acqua grezza.

Generalmente sono classificati nel seguente modo:

trattamenti fisici semplici: hanno il compito di eliminare i solidi sospesi sedimentabili e quelli grossolani non sedimentabili (grigliatura e sedimentazione) e quelli non sedimentabili (stacciatura e filtrazione).

trattamenti fisici e chimici normali e spinti: sono articolati in più fasi con l'obiettivo di eliminare i solidi sospesi non sedimentabili (chiariflocculazione) e correggere le caratteristiche chimiche delle acque grezze, eliminando quelle sostanze disciolte che risultano incompatibili con l'uso a cui l'acqua è destinata (addolcimento, stabilizzazione, deferrizzazione, demanganizzazione, desilicazione, fluorazione e defluorazione, aerazione).

trattamenti di affinazione: hanno l'obiettivo di migliorare le caratteristiche organolettiche dell'acqua (adsorbimento su carboni attivi) e abbassare il contenuto di solidi disciolti (demineralizzazione)

disinfezione: ha lo scopo di eliminare la presenza di microrganismi (clorazione, cloroammoniazione, ozonizzazione, attinizzazione)

CARICHI DEGLI INQUINANTI A LIVELLO DOMESTICO

A livello domestico l'acqua potabile viene utilizzata per differenti scopi: dal bere alla trasformazione del cibo, al lavaggio di prodotti alimentari, tessuti, stoviglie, pavimenti fino al risciacquo di feci e urine nei sanitari.

Queste varie azioni modificano la qualità dell'acqua mediante la contaminazione con varie sostanze organiche, detergenti, disinfettanti, etc.

L'acqua in uscita dai vari processi è quindi considerata di rifiuto e non più potabile.

Generalmente le acque reflue prodotte a livello domestico si differenziano principalmente in acque grigie e acque nere, a seconda del carico organico. In particolare sono considerate acque nere solo quelle in uscita da WC e acque grigie tutte le restanti.

Nei paesi industrializzati è ormai quasi impossibile trovare liquami civili derivanti esclusivamente da rifiuti organici umani; sia perché vengono correntemente utilizzati prodotti chimici quali detersivi, solventi, oli, etc. sia perché anche nei piccoli centri abitati sono presenti utenze del sistema fognario di tipo industriale come stazioni di servizio, lavanderie, laboratori artigiani, etc.

Di conseguenza il carico d'inquinanti varia notevolmente a seconda delle abitudini adottate a livello domestico, prevalentemente nell'uso di prodotti per la pulizia della casa e per la trasformazione del cibo. Le acque reflue domestiche possono quindi essere caratterizzate da alcuni parametri di carattere biologico e fisico-chimico.

Solidi Sospesi

I solidi sospesi costituiscono quella porzione di solidi presenti nelle acque reflue che, insieme alle sostanze colloidali, sono la principale causa della torbidità dell'acqua. Generalmente sono classificate come solidi sospesi quelle sostanze trattenute da un filtro di porosità compresa tra gli 0,45 e 1,2 μ m. I solidi sospesi totali comprendono quindi i solidi sedimentabili, quelli non sedimentabili e i solidi disciolti. La frazione di sostanze organiche costituisce un componente fondamentale dei solidi sospesi totali nelle acque reflue domestiche. I trattamenti secondari devono garantire un abbattimento tale che nel refluo trattato non debbano esserci concentrazioni superiori a 20-30 mg/l.

Carico organico

Il carico organico rappresenta la portata in massa delle sostanze organiche da trattare e determina in maniera prevalente il dimensionamento del trattamento biologico.

Il carico organico viene comunemente espresso come g di BOD₅/d (richiesta biologica di ossigeno per l'ossidazione da parte dei microrganismi delle sostanze organiche presenti) o come COD (richiesta chimica di ossigeno per l'ossidazione delle sostanze organiche con permanganato di potassio).

Generalmente nei liquami civili le concentrazioni medie di BOD_5 variano fra i 150 e 450 mg/l a seconda della diluizione, mentre l'apporto organico unitario (ovvero l'apporto pro capite) è spesso assunto pari a 54 gBOD5/d (Imhoff, 1979) anche se valori superiori sono attualmente consigliati per i centri abitati più industrializzati.

I processi di trattamento secondario devono garantire nell'effluente finale il raggiungimento di concentrazioni massime dell'ordine di 20 - 30 mg/l di BOD_5 e di 100 - 125 mg/l di COD.

Azoto e fosforo

La concentrazione di azoto e fosforo, nelle varie forme, costituisce un parametro importante per il controllo del fenomeno dell'eutrofizzazione alla base di pesanti manifestazioni di deterioramento in fiumi, laghi e nel mare.

Nelle acque reflue l'azoto si trova prevalentemente sotto forma ridotta come azoto organico (dovuto principalmente alla presenza di proteine e urea) e azoto ammoniacale (circa il 75% sul totale).

L'azoto totale viene comunemente misurato in TKN (Total Kejeldhal Nitrogen).

Nella depurazione delle acque reflue le concentrazione dei composti azotati è espressa principalmente attraverso il contenuto di azoto (N) sotto forma di ammoniaca (mg/l N-NH4+), nitriti (mg/l N-NO2-) e nitrati (mg/l N-NO3-).

Le proporzioni fra azoto organico e azoto ammoniacale sono piuttosto variabili poiché in ambiente ridotto l'azoto organico tende a trasformarsi piuttosto rapidamente in azoto ammoniacale e quindi l'acqua reflua è tanto più ricca di ammoniaca quanto più a lungo soggiorna prima del trattamento.

Il fosforo si trova nei reflui domestici in concentrazioni piuttosto modeste dal momento che, recentemente, la legislazione ha imposto l'uso di detersivi a basso tenore di fosforo.

Pertanto le concentrazioni sono variabili fra i 3 e i 12 mg/l di fosforo come P con un apporto unitario che si attesta su valori dell'ordine di 1,1-2,5 g/d.

Parametri microbiologici

Nelle acque reflue si possono trovare alte concentrazioni di microrganismi vari (batteri, funghi, protozoi, alghe, etc.) che sono alla base di molti processi biologici aerobici e anaerobici di depurazione delle acque.

Tuttavia, tra i vari microrganismi sono presenti anche i cosiddetti patogeni che sono all'origine di molte malattie per l'uomo e per gli animali.

Tra questi ritroviamo alcuni batteri, virus, protozoi o elminti fonte, specialmente in passato, di pesanti epidemie. Il tempo di sopravvivenza di questi microrganismi nelle acque reflue è inversamente proporzionale alla temperatura e all'azione di agenti esterni antagonisti, altri batteri, radiazioni solari.

L'eliminazione di tali microrganismi mediante i trattamenti depurativi avviene attraverso la competizione indotta dai microrganismi che presiedono alla depurazione e per alterazione delle loro caratteristiche mediante specifici trattamenti di disinfezione.



CARICHI DEGLI INQUINANTI A LIVELLO DOMESTICO

QUALITA' FISICO/CHIMICHE TIPICHE

CONCENTRAZIONI TIPICHE PER UN LIQUAME CIVILE²

| BOD ₅ | 300 mg/l |
|---|----------------------------------|
| COD | 500 mg/l |
| SOLIDI TOTALI | 720 mg/l |
| Solidi disciolti totali minerali organici | 500 mg/l 300 mg/l 200 mg/l |
| Solidi sospesi totali minerali organici | 220 mg/l 55 mg/l 165 mg/l |
| SOLIDI SEDIMENTABILI | 10 ml/l |
| FOSFORO TOTALE | 7 mg P/I |
| AZOTO TOTALE | 50 mg N/I |
| OLI E GRASSI | 100 mg/l |
| TENSIOATTIVI | 40 mg/l |

2 mg/l

OSSIGENO DISCIOLTO

ACQUA DEPURATA QUALITA' FISICO/CHIMICHE RICHIESTE

LIMITI ALLO SCARICO IN ACQUE SUPERFICIALI PER I PRINCIPALI PARAMETRI DI INQUINAMENTO

| BOD ₅ | 20 - 40 mg/l |
|--|-------------------------|
| COD | 100-150 mg/l |
| SOLIDI SOSPESI $_{\text{TOT}}$ | 25-40 mg/l |
| FOSFORO (P) TOT | 8-10 mg/l |
| FOSFORO (P) _{TOT} in aree sensibili | 1-2 mg/l |
| AZOTO AMMONIACALE (NH ₄) | 10-20 mg/l |
| AZOTO NITRICO (N) | 15-20 mg/l |
| AZOTO _{TOT} in aree sensibili | 10 - 15 mg/l |
| OLI e GRASSI | 15-20 mg/l |
| TENSIOATTIVI TOT | 2-4 mg/l |

Fonte: Masotti L., Verlicchi P., Depurazione delle acque di piccole comunità, tecniche naturali e tecniche impiantistiche, Hoelpi, Milano 2005

Tensioattivi

I tensioattivi sono presenti come inquinanti nelle acque reflue domestiche per l'utilizzo di detergenti in una concentrazione media compresa tra i 9 e i 18 mg/l.

La grande diffusione di formulazioni detergenti commerciali industriali e domestiche, dagli anni '50 in poi ha avuto un notevole

impatto ambientale.

Tutti gli ingredienti tipici possono interferire con gli ecosistemi acquatici.

I principali tensioattivi possono, infatti, provocare la formazione di schiume che ostacolano l'aerazione e l'illuminazione dei corpi idrici, sono spesso causa della dissoluzione di membrane cellulari (effetto battericida specialmente per i tensioattivi cationici) e hanno una limitata biodegradabilità.

In conseguenza a questi effetti negativi negli ultimi decenni sono state apportate, a livello normativo, radicali variazioni nelle formulazioni ammesse e imposti vincoli più stringenti per limitare ad esempio il rilascio nell'ambiente di fosfati (principale causa dell'eutrofizzazione), dei chelanti pericolosi dei tensioattivi non biodegradabili.

Oli e grassi

Gli oli e i grassi di origine vegetale e minerale si trovano mediamente in concentrazioni comprese tra i 70 e i 110 mg/l

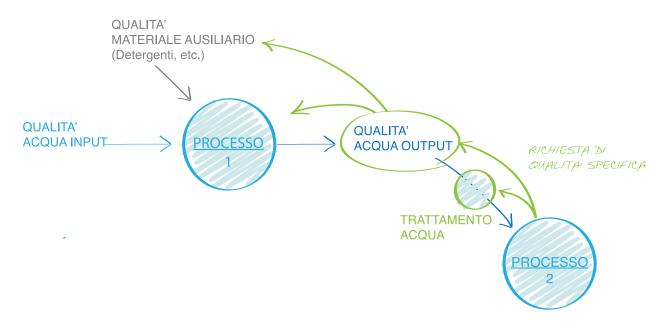
Qualità delle acque di output

La maggior parte dell'acqua consumata a livello domestico viene utilizzata per il lavaggio e la pulizia personale o di oggetti e spazi, ed entra quindi in contatto con numerosi detergenti e detersivi.

Di conseguenza, oltre allo "sporco", l'acqua grigia in uscita contiene una quantità variabile di tensioattivi e sostanze chimiche in funzione della quantità e della qualità dei detersivi impiegati durante le fasi di lavaggio.

Emerge quindi con chiarezza la relazione esistente fra materilia ausiliari (es. detersivi, etc.) utilizzati e la qualità delle acque reflue.

L'utilizzo di prodotti tradizionali implica spesso la presenza di molte sostanze dannose disciolte nelle acque reflue quali i tensioattivi etossilati, i brillantanti, gli sbiancanti ottici, i fosfati, gli agenti schiumogeni, gli enzimi OGM, i coloranti, gli addensanti, gli antiridepositanti, etc..



Per questo motivo l'uso di detersivi a basso impatto ambientale che impieghino ad esempio tensioattivi vegetali, enzimi a base di zuccheri e altri prodotti biocompatibili, biodegradabili e fotodegradabili, influiscono in maniera positiva sulla qualità delle acque grigie e quindi sulla tipologia di trattamenti a cui saranno sottoposte.

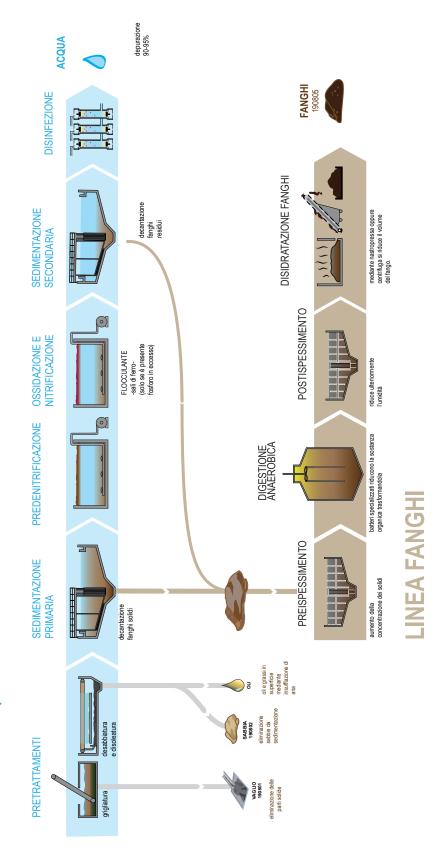
La qualità dell'acqua in uscita da un processo è quindi determinata dalla qualità di acqua in entrata, dalla tipologia di trattamento a cui è sottoposta (es. lavaggio in lavatrice) e dai materiali ausiliari utilizzati per il determinato processo (es. detersivi, etc.).

TRATTAMENTO DELLE ACQUE REFLUE

In ambiente urbano ove sia presente una rete fognaria, le acque reflue vengono generalmente convogliate ad un impianto di depurazione in cui subiscono diversi trattamenti volti ad abbattere gli inquinanti.

Il primo trattamento grossolano ha l'obiettivo di eliminare la presenza di sassi, sabbia e grassi mediante processi meccanici come la vagliatura, il deposito o la flottazione.

LINEA ACQUE



Successivamente il trattamento primario ha l'obiettivo di eliminare i materiali solidi sospesi attraverso il passaggio delle acque reflue in apposite vasche di decantazione o flottazione.

Il trattamento biologico secondario prevede il passaggio delle acque reflue attraverso vasche in cui, grazie all'azione di specifici microrganismi, avviene la trasformazione del materiale organico ancora presente in fanghi di depurazione.

Un buon impianto di trattamento, progettato adeguatamente per effettuare il trattamento secondario, può ridurre la quantità di materiale organico fino a oltre il 90% e la presenza di germi fecali fino al 99%.

Trattamenti più avanzati prevedono stadi successivi quali l'eliminazione dei nutrienti o la disinfezione.

I nutrienti, come i nitrati o i fosfati, possono essere eliminati tramite processi biologici (ad esempio, usando l'azoto) e aggiungendo sostanze chimiche come il fosforo.

Le tecniche di disinfezione possono prevedere la radiazione UV o l'ozonizzazione.