

GRUPPO HERA
PROGETTO HERA LAB RAVENNA

**“BANDO DI CONCORSO DI IDEE PER IL RECUPERO DELLE
ACQUE METEORICHE E REFLUE IN AMBITO URBANO”**

**“Recupero di acque meteoriche e reflue in ambito urbano, in
specifico nel Quartiere “Darsena di città”, in un’ottica di
riduzione dello spreco e di riutilizzo utile per il privato e per la
comunità”**

RELAZIONE TECNICO - ILLUSTRATIVA

Gruppo di Lavoro:

Mattia Casadio

Davide Cozzolino

Eleonora Galati

Giulia Paolizzi

INDICE

PREMESSA	1
L'IDEA, IL PROGETTO	2
RECUPERO DELLE ACQUE METEORICHE ED ACCORGIMENTI PER IL RISPARMIO IDRICO ALL'INTERNO DEGLI EDIFICI.....	4
MATERIALI IMPIEGATI.....	5
DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO.....	6
calcolo della resa annuale della pioggia in litri – r	6
calcolo del volume del serbatoio – v	6
COSTO DELL'IMPIANTO	7
MANUTENZIONE DELL'IMPIANTO	7
RECUPERO DELLE ACQUE REFLUE	8
SCELTA DEI PRETRATTAMENTI.....	9
CONFIGURAZIONE IDRAULICA	10
DIMENSIONAMENTO IMPIANTO	11
Dimensionamento vasca di sedimentazione	11
Dimensionamento impianto fitodepurazione.....	11
SCELTA DELLE PIANTE	12
MANUTENZIONE DELL'IMPIANTO	12
COSTO DELL'IMPIANTO.....	12
L'ORTO URBANO	15
GESTIONE DELL'ORTO	17
CONCLUSIONI	17
RINGRAZIAMENTI	18

PREMESSA

A muovere le nostre idee è stato lo sguardo verso il nostro futuro.

Stiamo vivendo in un'epoca in cui si avverte forte la necessità di risparmiare le nostre risorse, che sembrano più che mai in esaurimento.

L'acqua è una di queste, e sicuramente una delle più preziose per noi.

Fin dalle origini è sempre stata fonte di vita e pertanto risorsa necessaria alla nostra sopravvivenza.

In questi ultimi anni si sta cercando di sensibilizzare molto al risparmio di questa risorsa, peraltro del tutto assente in molte zone del mondo, nonché un bene economico che sta diventando sempre più caro.

Imparare a rispettare e a risparmiare l'acqua è quindi un gesto di civiltà che ognuno di noi dovrebbe far rientrare nel suo codice etico.

Pertanto abbiamo accolto con entusiasmo l'invito di Hera a partecipare a questo concorso di idee, con la speranza di sensibilizzarci al tema del risparmio di questa preziosissima risorsa e cercando di promuoverne un utilizzo consapevole, evitando gli sprechi, e, soprattutto, un riutilizzo che possa andare incontro ai bisogni della società.

Per questo, collegandoci anche al tema centrale della manifestazione Expo 2015 che ben rappresenta il quadro delle esigenze odierne, "Nutrire il Pianeta, Energia per la Vita", abbiamo sviluppato la nostra **"Darsena di campagna"**.



L'IDEA, IL PROGETTO

La nostra idea progettuale nasce dal desiderio di creare un quartiere ecosostenibile dal punto di vista edilizio e ambientale con particolare attenzione al tema del risparmio idrico riferito, distintamente, alle acque meteoriche e reflue.

Il quartiere ospiterà delle palazzine le cui acque reflue, depurate attraverso un impianto di fitodepurazione, alimenteranno un orto urbano, per la produzione e promozione di prodotti a km zero ed eventi legati al tema che animeranno la zona al fine di far rivivere il quartiere Darsena di Ravenna. Inoltre, sempre in linea al tema del risparmio idrico, oggetto del concorso, sono stati pensati alcuni stratagemmi per il recupero ed il riutilizzo delle acque meteoriche all'interno degli edifici.

L'area interessata dal progetto riguarda i comparti n. 12 e 13 sulla destra del Canale Candiano.



Il quartiere oggetto del progetto ospita quattro palazzine di 4 piani orientate verso Nord-Est rivolte verso il mare Adriatico. Gli edifici sono sede di uffici, zone ricreative nei piani inferiori ed alloggi nei piani superiori per un'utenza pari a 200 abitanti/equivalenti, in accordo con le richieste del POC. L'ingresso dell'area abitativa è posto lateralmente al comparto 13 (Via Pirano) dove è collocato l'accesso ai parcheggi coperti. È prevista la demolizione del fabbricato esistente facente parte del vecchio complesso industriale.

Le palazzine presentano una geometria piuttosto semplice e sono caratterizzate da quattro parallelepipedi accoppiati e con una copertura inclinata a forma di "farfalla". Questo tipo di copertura permette un'ottima raccolta e stoccaggio dell'acqua piovana in modo da garantire una buona autosufficienza idrica. In questo modo si riduce la dispersione di acqua piovana che sarà convogliata nei canali di gronda, nei pluviali e infine nei serbatoi interrati delle palazzine. Inoltre, la copertura ospita l'installazione di pannelli fotovoltaici data la sua particolare forma e inclinazione. Gli alloggi saranno infatti costruiti con i principi tecnologici di ultima generazione dal punto di vista energetico.

Durante lo sviluppo del progetto, nella fase di indagine dei suoli, si è venuti a conoscenza della presenza all'interno del comparto 13 di sostanze inquinanti come amianto (crisotilo) nei terreni del Top Soil, in concentrazioni superiori alle CSC previste dalla Tabella 1 in Allegato 5 al Titolo V del D.Lgs 152/06, sia per suoli ad uso Verde pubblico, privato e residenziale sia per suoli ad uso commerciale/industriale unitamente a rame e piombo. In seguito al monitoraggio ambientale si è esclusa la presenza di fibre aerodisperse di amianto nell'aria.

Oltre alla tipologia ed al quantitativo di inquinanti dell'area non è stato però possibile conoscere la precisa collocazione dei saggi inquinati.

I dati emersi hanno costretto a ragionare sulle possibili soluzioni per evitare problematiche legate alla fattibilità dell'intervento. L'orto urbano, infatti, è stato posizionato nel comparto 12, privo di sostanze inquinanti nel suolo, mentre l'impianto di fitodepurazione è stato inserito all'interno del comparto inquinato in quanto interamente impermeabilizzato; questo non compromette, infatti, il funzionamento e l'efficacia dell'impianto.

Per quanto riguarda il comparto 13, sul quale sorgeranno le palazzine, si rende necessario attuare una bonifica. A tal proposito, all'interno dell'allegato A, sono state proposte alcune soluzioni di bonifica del suolo, includendo anche rimedi di ultima generazione.

In un futuro progetto preliminare lo stato del suolo dovrà essere ovviamente studiato in maniera approfondita al fine di valutare la tipologia di intervento di bonifica da realizzare.

RECUPERO DELLE ACQUE METEORICHE ED ACCORGIMENTI PER IL RISPARMIO IDRICO ALL'INTERNO DEGLI EDIFICI

Poiché la politica di gestione sostenibile delle risorse idriche si basa sulla conservazione dell'acqua e quindi su un utilizzo razionale della risorsa per il sostentamento delle attività umane e che tale filosofia ha un indubbio valore educativo, si ritiene indispensabile l'individuazione di una strategia progettuale mirata ad un risparmio nel tempo dell'acqua stessa. **Un minore consumo di acqua, infatti, costituisce un risparmio economico nei costi di gestione della struttura ed è un'occasione di controllo consapevole per la protezione dell'ambiente.**

In quest'ottica è stato pensato all'interno delle palazzine l'inserimento di una doppia tubazione (una per acqua potabile e una per i WC che sfruttano acqua meteorica). Oltre a questo, si propongono ulteriori accorgimenti come:

- l'installazione di tazze wc di dimensioni idonee ad assicurare il corretto ricambio di acqua e quindi a consentire una buona pulizia delle stesse con il quantitativo minore possibile di acqua (3,5/4 litri al massimo, contro i 9/16 litri normalmente impiegati per i Wc degli adulti); inoltre i wc saranno costituiti da doppio tasto per lo scarico;
- l'installazione di rubinetti a leva che consentono di suddividere lo spazio di apertura della leva stessa in due distinte zone, una di economia, dove una lieve azione frenante ricorda che si è raggiunta un'erogazione pari a circa 5 l/min, e l'altra di pieno regime, che consente di usufruire della consueta erogazione d'acqua pari a circa 10 l/min;
- all'interno di ogni alloggio sarebbe opportuno installare elettrodomestici di Classe A+ o superiori per avere un risparmio energetico importante a livello di energia e acqua (esempio per lavastoviglie, lavatrici ecc.)
- l'installazione di serbatoi interrati esterni per la raccolta dell'acqua piovana da riutilizzare per l'alimentazione delle cassette di risciacquo dei WC. L'acqua meteorica dei tetti e di superfici non sottoposte a traffico veicolare, infatti, può essere raccolta ed utilizzata per gli impieghi che ammettono anche una classe di qualità dell'acqua non potabile. Infatti non contiene né calcare né cloro, cosa che la rende particolarmente idonea per l'impiego per lo scarico dei wc.

FUNZIONAMENTO

La soluzione citata all'ultimo punto ha lo scopo di recuperare l'acqua piovana per alimentare le cassette degli scarichi dei wc. L'impianto è composto da un serbatoio interrato per ogni coppia di palazzina, da un sistema filtrante e da una centralina di controllo. L'acqua viene raccolta tramite le grondaie e, attraverso un condotto, convogliata verso il filtro all'interno del serbatoio.

Il filtro, quindi, ha la funzione di separare l'acqua dalla sporcizia e incanalarla all'interno del serbatoio tramite una tubazione la cui parte finale è rivolta verso l'alto al fine di non creare turbolenze e quindi non smuovere eventuali sedimenti giacenti sul fondo del serbatoio. L'aspirazione dell'acqua avviene a 15 cm sotto il livello dell'acqua tramite un tubo flessibile con galleggiante posto all'interno del serbatoio in modo da pescare l'acqua più pura.

Una centralina composta da un quadro elettrico e da una pompa integrata controlla l'intera sistema dall'interno dell'abitazione; essa ha inoltre il compito di comandare l'afflusso dell'acqua potabile quando si esaurisce la riserva d'acqua piovana nel serbatoio. In caso di troppo pieno, il serbatoio, collegato alla rete fognaria esistente, scaricherà l'acqua nella fognatura.

Un altro stratagemma pensato per il recupero e per il riutilizzo delle acque meteoriche è quello di realizzare raccoglitori esterni in PVC fuori terra a forma di albero che potranno essere rivestiti con materiale naturale tipo bambù; essi possono fungere anche da elementi architettonici di arredo dell'area esterna. Questi sono collocati nell'area del parcheggio e possono essere utilizzati per il lavaggio delle auto. Vicino all'erogatore, inoltre, possono essere installati anche dei recipienti con bottiglie per il prelievo dell'acqua piovana raccolta, utili per molteplici utilizzi.



Serbatoio a forma di albero per la raccolta dell'acqua piovana

MATERIALI IMPIEGATI

La copertura è pensata con materiali naturali, come l'ardesia, al fine di ottenere un alto coefficiente di deflusso per raccogliere l'acqua piovana ed al fine di non rilasciare elementi inquinanti. Infatti, coperture metalliche come quelle in rame, zinco o piombo non risultano particolarmente indicate se non a fronte di trattamenti protettivi.

I canali di gronda sono previsti in rame e dotati di una **lamiera parafoglie** per non far confluire corpi estranei, come le foglie, all'interno del canale e per alleggerire i filtri dei serbatoi interrati.

I serbatoi sono ideati in materiale plastico PE (polietilene); questo materiale comporta una facilità di installazione e di trasporto, una facilità di lavorazione (allacciamenti) ed infine non presenta problemi di contaminazione dell'acqua e viceversa. Serbatoi realizzati in calcestruzzo ed in acciaio, invece, presentano maggiori difficoltà dal punto di vista del trasporto e, nel caso di un materiale metallico, rischi di corrosione.

I serbatoi sono interrati ai piedi delle palazzine. In essi sono convogliate le acque provenienti dalla coperture degli edifici e dei parcheggi coperti, davanti alle costruzioni.

DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO

All'interno del progetto, come già accennato precedentemente, viene utilizzata l'acqua piovana da immettere nelle cassette di scarico dei wc delle nuove costruzioni progettate. Avendo stimato 100 abitanti/equivalenti all'interno degli edifici (per ogni blocco di palazzine) e calcolando un consumo medio di 4 litri ogni volta che si utilizza il wc, con un media di 6 volte al giorno, risulta che:

Acqua consumata al giorno per i Wc: $4 \text{ LT} \times 100 \text{ ab.eq.} \times 6 = 2.400 \text{ Litri}$

Acqua consumata all'anno per i Wc: $2.400 \text{ LT} \times 365 \text{ gg.} = 876.000 \text{ Litri}$

- **calcolo della resa annuale della pioggia in litri – r**

$$R = S \text{ (m}^2\text{)} \times Vp \text{ (litri/m}^2\text{)} \times c \times Vt$$

Dove:

S = Superficie tetto proiettata pari alla base della casa, indipendentemente dalla forma e dall'inclinazione. (480 mq ogni palazzina)

Vp = Valori di precipitazione: indica la quantità di pioggia annuale (dati reperiti dal sito ARPA Emilia Romagna)

c= Efficacia del filtro (%)

Vt = Valore copertura tetto. Varia in funzione del materiale di costruzione tetto (Tetto in ardesia: 0,8)

$$R = 480 \text{ mq} \times 700 \text{ mm} \times 0,8 \times 0,95 = 255.360 \text{ Litri}$$

Nota la resa annuale della pioggia in litri, è possibile calcolare il volume del serbatoio con la seguente formula:

- **calcolo del volume del serbatoio – v**

$$V = R \times Psm / GA$$

Dove:

R = Apporto annuo di pioggia in litri

Psm = Periodo secco medio, ovvero il numero di giorni durante i quali si può verificare l'assenza di precipitazioni, in letteratura solitamente considerato di 21 giorni.

GA = Giorni dell'anno

$$V = 255.360 \times 21 / 365 = 14.691,95 \text{ Litri (Volume del serbatoio per ogni coppia di palazzina)}$$

Si pensa quindi di installare per ogni coppia di palazzina due serbatoi da 15.000 Lt ciascuno.

Avendo calcolato precedentemente il consumo medio annuo per gli scarichi dei wc, , tramite la differenza dei due dati, può essere calcolato il quantitativo di acqua risparmiata utilizzando quella piovana:

Consumi annui wc per coppia palazzina= **876.000 Litri = 876 mc**

Acqua piovana a disposizione per coppia di palazzine = **14.691,95 Litri = 14,69 mc**

COSTO DELL'IMPIANTO

Per quanto riguarda la valutazione dei costi di realizzazione e di gestione dell'impianto, sono stati raccolti alcuni dati forniti da ditte impiantistiche al fine di costituire un parziale quadro di indirizzo economico.

È stato stimato il costo annuo generato dagli scarichi di una coppia di palazzine:

$876 \text{ mc} \times 2,37 \text{ €/mc}$ (dati Hera 2015) = **2076 €**

ed il costo annuo generato dagli scarichi di una coppia di palazzine utilizzando l'acqua piovana:

$(876-14,69 \text{ mc}) \times 2,37 \text{ €/mc}$ = **2041,30 €**

Il risparmio annuo ottenuto riutilizzando l'acqua meteorica è pertanto:

2076 € - 2041,30€ = 34,70 €

Il risparmio totale riferito ad entrambe le costruzioni è dunque di 69,4 €.

I costi relativi alla realizzazione e messa in opera dell'impianto di recupero delle acque meteoriche sono i seguenti:

costo serbatoio: 2600 €

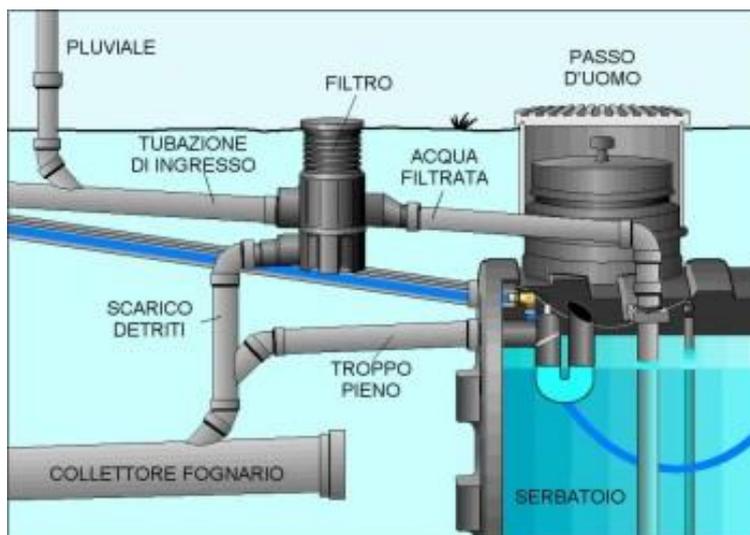
costo pompa dell'acqua: 400 €

costo manodopera+tubazioni: ca. 3000 €

Il costo totale dell'impianto per le due coppie di palazzine è quindi da considerarsi di circa 12.000 €.

MANUTENZIONE DELL'IMPIANTO

Dal punto di vista della manutenzione i serbatoi devono essere controllati periodicamente, soprattutto la parte del filtro. Un filtro intasato riduce o addirittura impedisce l'ingresso dell'acqua nel serbatoio o peggio ancora porta i detriti all'interno del serbatoio, causando l'intasamento della pompa e delle utenze ad essa collegate. Questo tipo di manutenzione necessita di poco tempo con costi irrisori. La periodicità varia tra 6 mesi e un anno per la verifica dell'ostruzione dei pluviali, la verifica della pulizia dei filtri, la verifica del funzionamento del sistema di pompaggio e ogni 10 anni, l'intervento di manutenzione straordinaria con svuotamento del volume di accumulo per la pulizia e l'eventuale rimozione del sedimento. Qui di seguito lo schema dell'impianto e delle sue parti.



Schema impianto acqua piovana

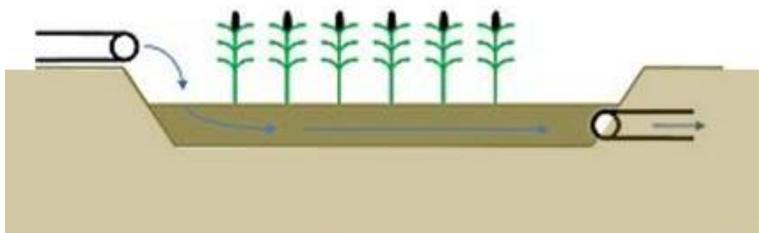
RECUPERO DELLE ACQUE REFLUE

Per il recupero e il riutilizzo delle acque reflue delle palazzine si è scelto l'utilizzo di una tecnica naturale di depurazione quale la fitodepurazione. Questo sistema è contemplato dal Decreto Legislativo del 3 Aprile 2006, n.152, che, al capo II della parte terza (norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di tutela delle acque dall'inquinamento e di gestione delle risorse idriche) punto 8, cita tecnologie di depurazione naturale per il trattamento delle acque reflue quali, appunto, la fitodepurazione.

Questa tecnica depurativa ricostruisce in maniera artificiale un contesto naturale come quello delle paludi e delle zone umide in cui da sempre avvengono processi depurativi.

In sintesi, la fitodepurazione è un sistema costituito essenzialmente da un bacino le cui pareti laterali ed il fondo sono impermeabilizzati attraverso adeguati materiali di rivestimento, questo stesso bacino presenta uno strato superficiale costituito da piante acquatiche ed è poi riempito interamente con del materiale ghiaioso. Questo materiale ghiaioso è di diversa granulometria poichè la sua funzione principale è quella di fare da filtro alle acque reflue che poi dovranno essere depurate.

Il processo di depurazione delle acque avviene mediante la combinazione di una serie di azioni chimiche che si vengono a creare tra la ghiaia, le varietà vegetali che vengono impiantate e i microrganismi che si vengono a sviluppare all'interno di questo contesto.



Schema di funzionamento fitodepurazione

Questo sistema di depurazione comporta diversi vantaggi, fra i quali:

- Utilizzo di componenti naturali come le piante ai fini depurativi evitando l'utilizzo di sostanze chimiche o di tecnologie complesse e di grande impatto ambientale. Il sistema offre un'ottima efficienza di abbattimento della sostanza organica e della carica batterica;
- Presenta una grande capacità di adattamento ad ogni particolare scenario, inserendosi piacevolmente all'interno del paesaggio e, quindi, riqualificandolo;
- Presenta un'estrema semplicità concettuale, realizzativa e manutentiva;
- Presenta costi di realizzazione più bassi rispetto ai sistemi compatti;
- Presenta un'estrema economicità gestionale grazie ad un ridottissimo apporto di input energetici.

Si è ritenuto pertanto che la fitodepurazione fosse la tecnica più adeguata al caso in esame e soprattutto adatta all'estensione del comparto scelto.

Non da ultima la scelta di utilizzare questo sistema per contribuire alla riqualificazione urbana ed ambientale dell'area; possono essere utilizzate, infatti, diverse specie di piante anche ornamentali. Questi sistemi possono inoltre diventare aree fruibili con percorsi didattici sulle tematiche della depurazione naturale e della flora acquatica, con piste ciclopedonali collegate ai percorsi panoramici all'interno del Parco delle Arti.

L'idea progettuale è quella di utilizzare le acque reflue, in particolare quelle grigie, delle costruzioni progettate sul fronte Canale Candiano e di convogliarle nell'impianto di fitodepurazione da cui, una volta terminato il processo di depurazione, potranno essere utilizzate per irrigare un orto urbano.

La scelta di non riutilizzare le acque nere all'interno di questo progetto deriva dal fatto che la realizzazione dell'impianto che tratta tali acque comporterebbe un raddoppio dei costi di realizzazione ed essendo queste cariche di inquinanti e di solidi grossolani si rischierebbe di compromettere fortemente la funzionalità dell'impianto e di richiedere opere di manutenzione piuttosto costose e frequenti. Le acque nere, pertanto, vengono convogliate in una vasca Imhoff appositamente dimensionata ed inviate alla fognatura esistente.

Le acque grigie convogliate all'impianto di fitodepurazione subiscono alcuni pretrattamenti prima di essere immesse nel letto di fitodepurazione.

SCELTA DEI PRETRATTAMENTI

I pretrattamenti svolgono un ruolo chiave per garantire l'efficienza del sistema di trattamento e la funzionalità nel tempo dei sistemi di fitodepurazione. Ai pretrattamenti si demanda infatti il compito di rimuovere la totalità dei solidi grossolani ed almeno il 60 % dei solidi sospesi presenti nelle acque reflue.

Trattandosi di acque reflue, ossia di acque provenienti da cucine, lavanderie, docce e servizi, si rende necessario l'utilizzo di un degrassatore la cui funzione principale è quella di separare i grassi, i saponi ed i rifiuti alimentari contenuti nelle acque reflue domestiche e/o assimilate.

Il de grassatore è posizionato prima dell'impianto di fitodepurazione ed a seguito di un pozzetto di entrata che ospita le acque reflue provenienti dalle costruzioni.

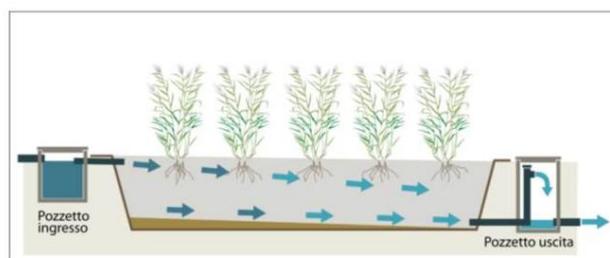
CONFIGURAZIONE IDRAULICA

I sistemi di fitodepurazione si dividono in sistemi a flusso sommerso (orizzontale e verticale) ed in sistemi a flusso libero che si differenziano per il fatto che nella prima tipologia il livello dell'acqua è mantenuto costantemente al di sotto della superficie del materiale di riempimento mentre nella seconda tipologia il livello dell'acqua è costantemente mantenuto sopra la superficie del medium.

Si è scelto di utilizzare la prima tipologia poiché vengono utilizzate delle acque reflue e, pertanto, cariche di inquinanti. Con questa configurazione, quindi, si può evitare la proliferazione di batteri e dispersione aerea di odori.

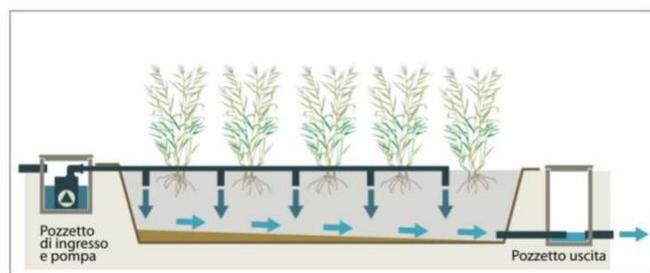
Per le portate in gioco considerate, si è pensato di utilizzare un sistema integrato a flusso sommerso orizzontale e verticale.

Nei sistemi a flusso sommerso orizzontale (horizontal flow – HF) Il flusso d'acqua è mantenuto costantemente al di sotto della superficie del materiale di riempimento, all'interno del quale si crea un ambiente prevalentemente anossico, ricco di micro-siti aerobici posti in corrispondenza delle radici delle piante, che funzionano sostanzialmente come sistemi di trasferimento dell'ossigeno dall'atmosfera all'interno del letto filtrante. Mentre il refluo attraversa il materiale di riempimento e viene in contatto con la rizosfera delle macrofite, la sostanza organica e azotata in esso contenuta viene degradata dall'azione microbica; invece il fosforo ed i metalli pesanti vengono fissati per adsorbimento sul materiale di riempimento. Le specie vegetali contribuiscono al processo depurativo, favorendo da un lato lo sviluppo di un'efficiente popolazione microbica aerobica nella rizosfera e, dall'altro, attraverso l'azione di pompaggio dell'ossigeno atmosferico dalla parte emersa all'apparato radicale alla porzione di terreno circostante, con conseguente migliore ossidazione del refluo e creazione di una alternanza di zone aerobiche, anossiche ed anaerobiche, consentendo lo sviluppo di diverse famiglie di microrganismi specializzati e la scomparsa pressoché totale dei patogeni, particolarmente sensibili ai rapidi cambiamenti del tenore di ossigeno disciolto.



Schema di funzionamento di un sistema di fitodepurazione subsuperficiale orizzontale

Anche nel caso dei sistemi a flusso sommerso verticale (vertical flow - VF) si hanno delle vasche impermeabilizzate riempite con materiale inerte su cui vengono fatte sviluppare macrofite radicate emergenti. La differenza principale consiste nel modo in cui il refluo scorre attraverso il medium di riempimento, esso, infatti, viene immesso nelle vasche in modo discontinuo e scorre in direzione prevalentemente verticale. L'alimentazione intermittente con cicli di riempimento e svuotamento consente di poter regolare i tempi di riossigenazione del letto, variando frequenza e quantità del carico idraulico del refluo in ingresso.



Schema di funzionamento di un sistema di fitodepurazione subsuperficiale verticale

La scelta di combinare queste due tecniche di fitodepurazione porterà a garantire, oltre ad un abbattimento piuttosto elevato del carico organico, dei solidi sospesi e della carica batterica, i processi di nitrificazione e denitrificazione del refluo ottenendo abbattimenti rilevanti anche per l'azoto totale.

I sistemi a flusso sommerso verticale, infatti, in ragione dei maggiori ratei di ossigeno trasferito dall'atmosfera, sono più efficaci nei processi di ossidazione e nitrificazione, mentre la denitrificazione risulta piuttosto limitata. Viceversa, i sistemi a flusso sommerso orizzontale, ugualmente efficaci nella rimozione del carico organico per azione congiunta di processi anaerobici ed aerobici, raggiungono percentuali di nitrificazione piuttosto basse mentre sono molto efficaci nella denitrificazione e nella disinfezione.

DIMENSIONAMENTO IMPIANTO

A fronte della scelta dei pretrattamenti e dei sistemi di fitodepurazione da utilizzare è stato effettuato un calcolo del carico idraulico disponibile al fine del dimensionamento degli stessi, considerando un'utenza di 200 abitanti equivalenti insediati nelle costruzioni progettate.

- **Dimensionamento vasca di sedimentazione**

Considerando un consumo di refluo giornaliero pari a 200 litri per abitante equivalente e considerando il fatto che le acque grigie costituiscono circa il 70 % delle acque reflue, si ottiene un consumo di acque grigie pari a circa 140 LT al giorno per abitante equivalente. Il carico giornaliero totale è dunque di circa 28000 LT.

La vasca di sedimentazione è stata dimensionata con un volume di permanenza pari a 24h; il volume di tutto il carico giornaliero (28.000 Lt), quindi, è il volume della vasca.

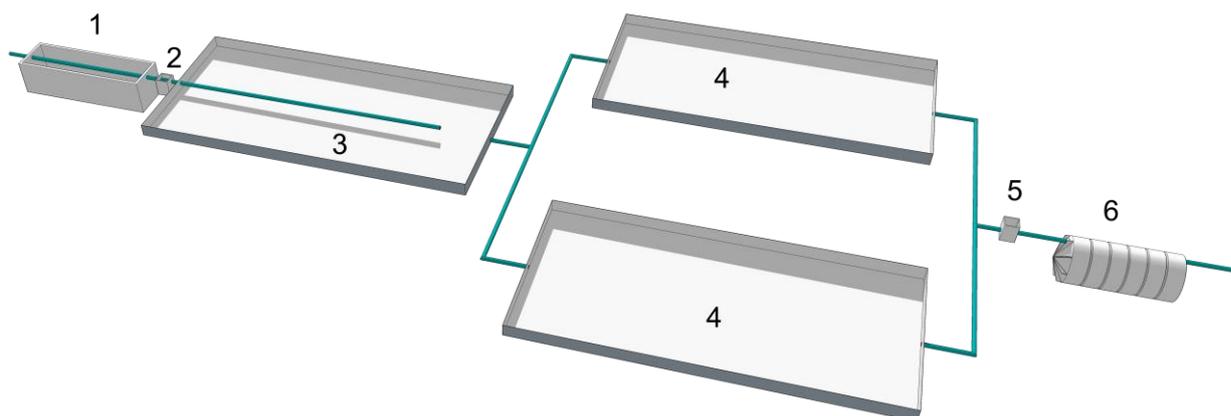
- **Dimensionamento impianto fitodepurazione**

Per quanto riguarda il dimensionamento dell'impianto di fitodepurazione è stato considerato un indice di 3 mq per abitante equivalente. Il sistema, quindi, presenta una superficie totale di 600 mq.

Il sistema di fitodepurazione sub superficiale orizzontale occupa i 2/3 della superficie totale (400 mq) necessaria mentre quello verticale il rimanente 1/3 (200 mq).

La forma delle vasche è necessariamente rettangolare.

Lo schema di impianto finale è il seguente:



1. Degrassatore
2. pozzetto di entrata
3. Vasca di fitodepurazione sub superficiale verticale
4. Vasca di fitodepurazione sub superficiale orizzontale
5. Pozzetto in uscita
6. Serbatoio di accumolo

SCELTA DELLE PIANTE

Come già precedentemente detto, la scelta di utilizzare questo sistema contribuisce alla riqualificazione urbana ed ambientale dell'area. Pertanto, accanto alle piante ritenute più prestanti dal punto di vista depurativo come la *Phragmites Australis* e la *Typha Latifolia*, si è pensato di utilizzare piante ornamentali che offrono fioriture differenti da Marzo ad Ottobre come l'*Iris*, la *Calla*, la *Canna indica*, la *Pontederia Cordata*.

MANUTENZIONE DELL'IMPIANTO

La manutenzione dell'impianto progettato è piuttosto semplice e si riferisce principalmente allo sfalcio delle piante durante il periodo invernale, effettuato una volta all'anno.

Inoltre è consigliato ispezionare l'ingresso del letto con una cadenza trimestrale; in caso di ostruzione è necessario lavare con acqua a pressione.

Per quanto riguarda il degrassatore, al fine di ottimizzare il funzionamento di questo elemento impiantistico, è necessaria una manutenzione periodica per la rimozione del sedimento che si deposita all'interno dello scomparto dedicato. La cosiddetta "crosta" che infatti si forma all'interno del degrassatore può impedire all'acqua di defluire correttamente e causare fenomeni di intasamento delle tubazioni.

COSTO DELL'IMPIANTO

Per quanto riguarda la valutazione dei costi di realizzazione e di gestione dell'impianto, sono state raccolte alcune informazioni presenti in bibliografia al fine di costituire un parziale quadro di indirizzo economico.

Per impianti integrati di fitodepurazione HF e VF si possono stimare costi di 150 €/mq.

Ne segue che:

Costo di realizzazione impianto= 150 € x 600 ab.eq= 90.000 €

A ciò andranno sommati i costi relativi alla gestione dell'impianto stesso, riferiti principalmente allo sfalcio annuo della macrofite ed allo smaltimento dei fanghi primari, stimati attorno agli 8 €/mq/anno.

Ne segue che:

Costo di gestione annuo: 8€ x 600 mq= 4.800 €

È stata inoltre effettuata una simulazione per individuare le conseguenze economiche derivate dall'applicazione del progetto; è stato stimato, infatti:

- l'ammontare dei costi che dovrebbero essere sostenuti se si utilizzasse acqua potabile per l'irrigazione dell'orto

(I costi che dovrebbero essere sostenuti se si dovesse utilizzare acqua potabile sono stati stimati utilizzando le tariffe di acqua di Hera 2015, ossia) :

costo al m3 di acqua= 2,16 €

costo al m3 di acqua + 10% IVA= 2,37

Considerando che delle acque grigie immesse nell'impianto di fitodepurazione (140 litri) ne risulta realmente fruibile circa il 64%, otteniamo un quantitativo di acqua fitodepurata per ab.eq. pari a 89,60 litri.

Considerando un'utenza di 200 ab.eq:

quantitativo totale di acqua grigia fitodepurata: 89,60 Lt x 200 ab.eq.= 17.920 Lt (17,92 m3)

Al fine di irrigare l'orto, il costo giornaliero dell'acqua ammonterebbe a:

2,37€ x 17,92 m3= 42,58€

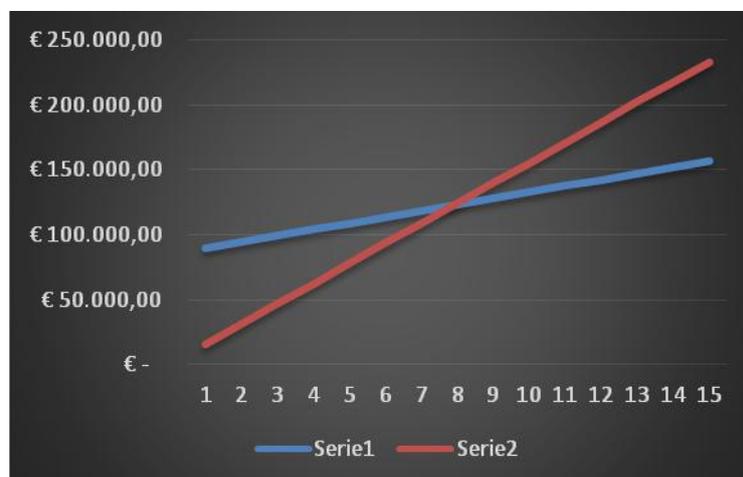
E quello annuo:

42,58€ x 365= 15.542,72 €

- a cui sono stati sottratti i costi di realizzazione e gestione dell'impianto di fitodepurazione:
Costo di realizzazione impianto = 90.000 €
Costo di gestione annuo = 4.800 € (a partire dal secondo anno)

al fine di ottenere il risparmio idrico annuo e di poter, infine, ipotizzare i tempi di ritorno dell'investimento, come mostrano la tabella ed il grafico seguente:

Anni	Costi Iniziali	Costi manutenzione	Costi totali progetto (somma anni precedenti)	Risparmi Totali	Risparmio su irrigazione
1	€ 90.000,00		€ 90.000,00	€ 15.542,72	€74.457,28
2		€ 4.800,00	€ 94.800,00	€ 31.085,45	€63.714,55
3		€ 4.800,00	€ 99.600,00	€ 46.628,17	€52.971,83
4		€ 4.800,00	€ 104.400,00	€ 62.170,89	€42.229,11
5		€ 4.800,00	€ 109.200,00	€ 77.713,62	€31.486,38
6		€ 4.800,00	€ 114.000,00	€ 93.256,34	€20.743,66
7		€ 4.800,00	€ 118.800,00	€ 108.799,06	€10.000,94
8		€ 4.800,00	€ 123.600,00	€ 124.341,78	€741,78
9		€ 4.800,00	€ 128.400,00	€ 139.884,51	€11.484,51
10		€ 4.800,00	€ 133.200,00	€ 155.427,23	€22.227,23
11		€ 4.800,00	€ 138.000,00	€ 170.969,95	€32.969,95
12		€ 4.800,00	€ 142.800,00	€ 186.512,68	€43.712,68
13		€ 4.800,00	€ 147.600,00	€ 202.055,40	€54.455,40
14		€ 4.800,00	€ 152.400,00	€ 217.598,12	€65.198,12
15		€ 4.800,00	€ 157.200,00	€ 233.140,85	€75.940,85



serie 1: costi di realizzazione e manutenzione negli anni; serie 2: risparmio negli anni

Dalle rappresentazioni grafiche soprastanti si può notare come dall'ottavo anno si superi il punto di pareggio, ovvero come i risparmi accumulati siano diventati maggiori rispetto ai costi sostenuti, rendendo in tal modo il progetto economicamente conveniente, situazione che si ripete progredendo con gli anni.

A ciò va unito un dato ancora più importante, ossia il risvolto sociale dell'intervento. Infatti, dai calcoli emersi, 6.540 m³ di acqua anziché venire sprecati saranno riutilizzati per fini utili alla società.

L'ORTO URBANO

L'orto progettato ha dimensioni 105m x 53m, con il lato maggiore orientato da nord a sud.

È perimetrato da quattro strade di larghezza 1m e attraversato da altre quattro sempre di uguali dimensioni.

La superficie viene quindi divisa in 8 aree, ognuna delle quali presenta aiuole delimitate da camminamenti larghi mezzo metro.

Le aiuole coltivate si estendono dai 5,5m ai 6m lungo l'asse nord-sud con una larghezza di 1,2m e sono sopraelevate dal suolo 20cm e bordate da legnetti per evitare l'attecchimento di specie erbacee indesiderate. L'orientamento permette di sfruttare a pieno la radiazione solare, ottimizzando quindi l'esposizione e avere un maggiore rendimento.

La larghezza delle aiuole (circa due braccia) facilita il lavoro evitando il calpestio degli ortaggi, mentre le strade ed i camminamenti tra un'aiuola e l'altra permettono il passaggio degli utenti, così da arrivare comodamente a qualsiasi punto.

Il magazzino in cui riporre gli attrezzi di lavoro (di dimensioni 13m x 6,3m) è ubicato al centro dell'orto così da essere ben raggiungibile.

La fornitura d'acqua viene effettuata tramite subirrigazione. Questo impianto di distribuzione si adatta perfettamente al caso, in quanto, visto che l'acqua proviene da un impianto di fitodepurazione, le spese per l'interramento delle tubazioni vengono ridotte e si ha il vantaggio di non ostacolare le lavorazioni superficiali del terreno e di non avere perdite di acqua per evaporazione. La scelta, comunque, risulta essere pressoché obbligata in quanto un apporto di acqua a contatto con la parte superiore dei vegetali comporterebbe considerevoli problematiche per la crescita di quest'ultimi.

La superficie che necessita irrigazione (4918mq) è stata calcolata sottraendo all'area totale la superficie occupata dalla strada e dal magazzino.

$$A_{tot} = 105m \times 53m = 5.565mq$$

$$A_{strade} = 105mq \times 3 + (50mq \times 5) = 565mq$$

$$A_{magazzino} = 6m \times 6,3m = 81,9mq \approx 82mq$$

$$A_{irrigare} = 5.565mq - 565mq - 82mq = 4.918mq$$

utenze= 200 abitanti equivalenti

consumo refluo giornaliero per persona= 200 litri

Considerando che le acque grigie costituiscono circa il 70 % delle acque reflue:

acque grigie= 140 Lt ca.

acque nere= 60 Lt ca.

Considerando come output dell'impianto di fitodepurazione il 64% del totale delle acque grigie immesse nell'impianto:

64% di 140 l= 89,60 Lt

89,60 Lt * 200 ab.eq.= 17.920 Lt= **17,92 mc (litri di acqua fitodepurata al giorno)**

Se si considera un bisogno d'acqua che va da circa 7 L/(giorno x mq) nei periodi più siccitosi dell'anno a praticamente 0 L/(giorno x mq) nei mesi più freddi è possibile svolgere un calcolo del volume d'acqua giornaliero mediato lungo l'anno utile all'irrigazione, approssimando inizialmente a $V_{mean}=3,5L/(giorno \times mq)$

Virri-giornaliero = $A_{irrigare} \times V_{mean} = 4918mq \times 3,5L/(giorno * mq) = 17.213L/giorno =$
17,213mc/giorno

Secondo il calcolo l'apporto irriguo soddisfa a pieno le richieste idriche dei coltivi; a rafforzare la valenza di ciò basti pensare che nel calcolo non sono state considerate le aree non soggette a evapotraspirazione da parte degli ortaggi come i camminamenti e che l'area non presenta pendenza e quindi non è soggetta a fenomeno di ruscellamento.

Gli ortaggi da coltivare vengono alternati a rotazione e seminati e raccolti secondo il seguente calendario:

ORTAGGI	SEMINA	RACCOLTA
Anguria	aprile/maggio	giugno/novembre
Basilico	aprile/settembre	fino al gelo
Broccolo	maggio/giugno	dicembre/gennaio
Cardo	aprile/maggio	settembre/ottobre
Carota	febbraio/novembre	tutto l'anno
Cavolo cappuccio	aprile/giugno	giugno/dicembre
Cavolo verza	giugno/agosto	agosto/marzo
Cavolfiore	maggio/giugno	luglio/dicembre
Cetriolo	maggio/luglio	luglio/ottobre
Cicoria	marzo/settembre	maggio/novembre
Cipolla gialla	febbraio/aprile	giugno/settembre
Fagiolo	aprile/luglio	luglio/settembre
Fave semina primaverile	febbraio/marzo	estate
Fave semina autunnale	ottobre/dicembre	primavera
Finocchio	luglio/agosto	luglio/novembre
Lattuga estiva	aprile/luglio	giugno/ottobre

Lattuga invernale	settembre	fine/inverno
Melanzana	aprile/maggio	giugno/ottobre
Melone	aprile/maggio	luglio/settembre
Peperone	aprile/maggio	agosto/ottobre
Pisello semina primaverile	febbraio/aprile	estate
Pisello semina autunnale	settembre/dicembre	primavera
Pomodoro	marzo/aprile	giugno/settembre
Porro	giugno/luglio	settembre/marzo
Prezzemolo	febbraio/settembre	fino al gelo
Ravanello	marzo/settembre	aprile/novembre
Rucola	tutto l'anno	maggio/ottobre
Sedano	aprile/giugno	agosto/marzo
Zucca	aprile/giugno	settembre/ottobre
Zucchini	maggio/luglio	giugno/ottobre

GESTIONE DELL'ORTO

I Soluzione: le attività riguardanti l'orto saranno affidate in gestione a comunità sociali, così da far nascere un progetto di collaborazione atto ad incentivare l'integrazione di comunità in difficoltà. I prodotti raccolti verranno successivamente venduti all'interno del mercato ortofrutticolo che si trova di fronte all'orto ed a ridosso del Canale Candiano, adibito alla vendita di ortaggi coltivati in loco (ritorno al concetto di mercato coperto con relazione e scambio diretto tra produttore e compratore di risorse a Km 0) con la possibilità di effettuare visite all'interno della zona coltivata (anche per le scuole), in particolare mostrando il funzionamento dell'impianto di fitodepurazione e la varietà degli ortaggi coltivati.

II Soluzione: la gestione dell'orto viene affidata ai cittadini in cambio di un canone (da versare nei confronti del proprietario) con la possibilità di usufruire dei prodotti coltivati o di venderli all'interno del mercato adibito alla compravendita. Questi prodotti saranno un esempio di genuinità e sostenibilità con prodotti a km 0. I responsabili della gestione avranno anche la possibilità di mostrare agli acquirenti il lotto da loro lavorato e l'impianto della fitodepurazione che alimenta l'orto. Tra tutti i gestori del terreno viene poi eletto un responsabile che avrà l'onere di interagire con il proprietario del lotto.

CONCLUSIONI

Le soluzioni studiate per il trattamento della risorsa idrica potrebbero costituire una strada verso la diminuzione degli sprechi e l'uso consapevole della risorsa acqua.

Per quanto riguarda le acque meteoriche, occorre effettuare una considerazione; A Ravenna la piovosità media annuale è circa pari a 700 mm. Questo dato risulta inferiore rispetto alla media nazionale, il volume di acqua, quindi, che può essere raccolta all'interno dei serbatoi di accumulo

costituirà una piccola parte rispetto al fabbisogno annuale. Dalle stime effettuate e precedentemente mostrate si può evincere, infatti, come il risparmio totale annuo non risulti particolarmente alto e l'ammortamento dei costi può essere stimato per decine di anni, come per la fitodepurazione. Tuttavia non è sufficiente considerare questi dati in sé, quanto considerare l'importante risvolto sociale dell'intervento, criterio che ha guidato tutte le scelte di questo progetto.

E' fondamentale evitare o comunque diminuire lo spreco di acqua potabile che rimane un elemento di straordinaria importanza per tutto il nostro Pianeta.

Dalle considerazioni effettuate, che hanno avuto origine da medie di dati di consumi reali, si è venuti a conoscenza del considerevole quantitativo di acqua che viene impiegato e, la maggior parte delle volte, non impiegato.

E' opportuno quindi, per gli usi nei quali è prevista, utilizzare acqua non potabile, di scarto, risparmiando ogni anno utili mc per usi primari. Interventi come quelli studiati possono quindi presentare un grandissimo **valore sociale** per tutta la città di Ravenna e potrebbero costituire un esempio per altre città nel sottolineare e non dimenticare che l'ambiente, la natura e l'acqua sono elementi fondamentali per la nostra sopravvivenza e che solo con politiche attente a queste tematiche si può pensare al risparmio delle risorse ed a offrire un futuro alle generazioni che verranno.

Un aspetto fondamentale per la realizzazione di progetti di questo genere, in particolare in questo delicato momento economico, è **la sinergia fra privati e pubbliche amministrazioni**. Il lotto in esame è di proprietà privata e per realizzare l'intero progetto si ritiene sia molto importante l'intervento degli enti pubblici e di aziende private come Hera per poter aiutare i privati nell'investimento iniziale ed ammortizzare i costi nel minor tempo possibile.

RINGRAZIAMENTI

A conclusione del progetto, vorremmo innanzitutto ringraziare il Gruppo Hera per questa interessante iniziativa ed opportunità che può essere molto utile per la nostra vita professionale ed anche occasione per sensibilizzarci a questo importantissimo tema dal quale non si può più prescindere anche nella fase di progettazione ed urbanizzazione.

Un grazie speciale al Comune di Ravenna, in particolare al funzionario tecnico Arch. Leonardo Rossi, per la sua disponibilità e gentilezza.

Un ringraziamento altrettanto speciale va anche al Geometra Mauro Lajo, di ARTEC AMBIENTE, per la consulenza ed i consigli nella progettazione dell'impianto di fitodepurazione.

Inoltre, vorremo citare le molte persone che hanno fornito un importante apporto al nostro progetto: il Prof. Ernesto Antonini, il Prof. Geologo Andrea Cantoni, il geologo Emilio Zamagna, il Prof. Enrico Dinelli, il tecnico della prevenzione della AUSL di Reggio Emilia William Montorsi per le indicazioni relative alla bonifica del terreno e tutte le persone che ci hanno fornito utili consigli per giungere alla fine di questo percorso.

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- KARL HEINZ BOSE, *Recuperare l'acqua piovana per la casa e il giardino*, Terra Nuova Edizioni, 2013
- RICCARDO BRESCIANI, FABIO MASI, *Manuale pratico di fitodepurazione- Come trattare e recuperare le acque di scarico con sistemi di depurazione naturale*, Terra Nuova Edizioni, 2013
- MAURIZIO BORIN, *Fitodepurazione – Soluzioni per il trattamento dei reflui con le piante*, Edizioni Agricole Sole 24 Ore, 2003

SITOLOGIA PRINCIPALE

- Sito Arpa Emilia Romagna: <http://www.arpa.emr.it/>
- Sito Comune di Ravenna – Darsena di Città: <http://www.comune.ra.it/Aree-Tematiche/Ambiente-Territorio-e-Mobilita/Urbanistica/Progettazione-Urbanistica/Darsena-di-Citta>
- Sito Hera: <http://www.gruppohera.it/>
- Sito HeraLab: <http://www.heralab.gruppohera.it/#top>
- Sito Edilimpianti: <http://www.edilimpianti.rn.it/>
- Sito Serbatoi Graf: <http://www.watersaving.it/graf.php>
- Sito Artec Ambiente: <http://www.artecambiente.it/>

NORMATIVE PRINCIPALI E LINEE GUIDA

Oltre le normative citate nel Bando abbiamo consultato:

- COMUNE DI RAVENNA, *POC (Piano Operativo Comunale)*
- PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO, *Linee guida per la gestione sostenibile delle acque meteoriche*
- ARPA EMILIA ROMAGNA, *Linee Guida per il trattamento delle Acque reflue domestiche*

ALLEGATO A

Le proposte per ovviare al problema della presenza di sostanze inquinanti all'interno del suolo del comparto 13 sono:

- **Rimozione**

Risulta il metodo di bonifica più diffuso poiché è la soluzione risolutiva che elimina ogni potenziale fonte di esposizione ed ogni necessità di attuare specifiche di contenimento future, liberando l'edificio dall'amianto in via definitiva. Consiste nella rimozione dei materiali contenenti amianto, trasformandoli in rifiuti, e nella loro sostituzione eventuale con materiali alternativi. Le operazioni di rimozione comportano un rischio estremamente elevato per i lavoratori addetti e per la contaminazione dell'ambiente. La rimozione, inoltre, produce notevoli quantitativi di rifiuti tossici che devono essere correttamente smaltiti in appositi impianti e per i quali è elevato il costo di stoccaggio. Le operazioni devono essere condotte salvaguardando quanto più possibile l'integrità del materiale. In genere richiede l'applicazione di un nuovo materiale, in sostituzione dell'amianto rimosso. (rif. leg. D.Lvo 81/2008 del 9/04/2009 D.M. 06.09.1994).

Il costo che può essere previsto per la rimozione è di circa **80 €/mq** ma nel caso specifico dell'area in esame (comparto 13 del POC) non risulta possibile effettuare una stima del costo complessivo poiché non pervenute informazioni così precise inerenti alla quantità effettiva di amianto.

Tale sistema, comunque, rappresenta la soluzione più valida poiché le concentrazioni rivelate superano i limiti di Legge previsti.

Tuttavia si propongono in seguito alcune tecniche innovative, benché siano ancora sperimentali, ma che in un prossimo futuro potrebbero costituire un aiuto a migliorare la procedura di neutralizzazione dell'inquinante evitando il conferimento in discarica.

Le tecniche, nello specifico, sono:

- **Tecniche di bonifica innovative Funghi anti amianto – (bonifica terreni attraverso biorimediazione)**

Da una ricerca del CNR di Torino è stato scoperto che alcune comuni varietà di fungo sono capaci di rendere inoffensive le fibre di amianto presenti nel terreno. Alcune specie di microrganismi (*Fusarium oxysporum*, la *Mortierella hyalinae* l'*Oidiodendron maius*) studiati dalla dott.ssa Silvia Perotto sono risultati molto efficienti nel rendere innocuo l'amianto. Questi funghi strappano gli atomi di ferro dalle fibre di amianto usandolo per produrre l'energia di cui hanno bisogno. È un processo che rende l'amianto molto meno pericoloso, poiché è proprio il ferro una delle componenti più tossiche di questo materiale. Il ferro, infatti, è un elemento reattivo: quando entra in una cellula scatena la produzione dei radicali liberi, molecole che possono danneggiare il DNA e provocare il cancro. Le specie studiate, sono risultate molto voraci e longeve. Il vantaggio della bonifica dei terreni con la bio-rimediazione risulta evidente, infatti non sono necessari lavori di scavo in quanto è sufficiente spargere i microrganismi sull'area da trattare, "concimare" con sostanze nutrienti gradite ai funghi e aspettare. L'uso dei funghi ha anche un altro vantaggio: le fibre di amianto vengono ingabbiate e immobilizzate in una fitta rete formata dalle ife fungine. In questo modo la rimozione del terreno contaminato è molto meno pericolosa.

- **Siero del latte**

L'amianto potrebbe trasformarsi da **rifiuto tossico** a risorsa grazie al lavoro di ricerca del professor Norberto Roveri, docente presso il dipartimento di Chimica dell'Università di Bologna.

L'équipe di ricercatori infatti ha messo a punto una soluzione sostenibile a lungo termine per lo smaltimento dell'amianto. Per rendere innocuo l'amianto e minimizzarne l'impatto sull'ambiente e sulla salute pubblica hanno escogitato un metodo innovativo che sfrutta gli scarti industriali prodotti nei caseifici, un materiale ampiamente disponibile e dai costi irrisori.

Grazie a una reazione chimica innescata quando l'eternit viene a contatto con il siero di latte, i rifiuti tossici diventano inoffensivi, perdendo il loro potenziale contaminante. La soluzione sviluppata dall'équipe permetterebbe di ottenere un duplice risultato: smaltire gli scarti industriali dei caseifici e l'eternit.

I benefici di questo innovativo metodo non si fermano allo smaltimento rapido ed economico dell'amianto e degli scarti dei caseifici. Il prodotto finale della reazione dei rifiuti tossici potrebbe infatti fornire nuove materie prime all'industria.

Risorse che potrebbero essere impiegate con successo nella realizzazione di diversi prodotti tra cui fertilizzanti e idropittura. Ogni regione potrebbe dotarsi di un impianto di smaltimento dell'amianto velocizzando la bonifica del territorio dall'eternit.