

PROVINCIA DI BOLOGNA



VARIANTE IN RECEPIMENTO  
DEL PTA REGIONALE

RELAZIONE

allegati

1-2-4-5-6-7-8-9



**VARIANTE IN RECEPIMENTO  
DEL PIANO REGIONALE DI TUTELA DELLE ACQUE**

**Buone pratiche per la gestione sostenibile delle acque**

**ALLEGATO 1**

a cura di  
Anna Bombonato, Bruno Boz, Giulio Conte



con la collaborazione di



# 1. GESTIONE DELLE ACQUE DI PIOGGIA E RINNOVAMENTO URBANO

## "Bologna come Berlino"

La gestione delle acque di pioggia è uno dei grandi problemi ambientali delle città anche di Bologna la cui fognatura è in gran parte mista, per cui, quando piove, si attivano gli "scolmatori" della rete che riversano nei corsi d'acqua acque inquinate. La soluzione che viene in genere proposta è la realizzazione di "vasche di laminazione o vasche di prima pioggia": in pratica si tratta di grandi vasche collegate alla rete fognaria, che possano "immagazzinare" le acque dei primi minuti di pioggia (le più inquinate) e rilasciarle lentamente alla rete fognaria che le porta al depuratore.

In breve: la gestione delle acque nelle aree urbane non è fatta solo di fogne, ma di scelte urbanistiche ed edilizie. In molte città europee, gli interventi di rinnovamento urbanistico sono l'occasione per introdurre nuovi sistemi di gestione dell'acqua e - all'opposto - la necessità di intervenire per risolvere problemi idraulici e sanitari offre l'opportunità di riqualificare interi quartieri.

Vi sono però altre possibili soluzioni, che possono dare ulteriori benefici. E' possibile, ad esempio, agire "a monte" del problema, riducendo le superfici impermeabilizzate: tetti, cortili, parcheggi, marciapiedi possono essere "verdi", ovvero realizzati in modo da assorbire l'acqua e aumentare l'evapotraspirazione e al tempo stesso "arredare" la città. Oppure realizzare dei volumi di accumulo delle acque indipendenti dalla rete fognaria, in modo che l'acqua, immagazzinata non finisca nelle fogne ma - opportunamente trattata - possa essere destinata ad usi compatibili (scarico dei WC, lavaggio strade e piazzali, irrigazione, ecc.).

Un buon esempio è quello di Berlino: nuove soluzioni "eco-compatibili" vengono applicate sia nei grandi interventi di riqualificazione urbanistica (Potsdamer Platz) che in piccoli interventi edilizi su singoli edifici (Lankwitz).

## L'ESEMPIO DI BERLINO

### Potsdamer Platz



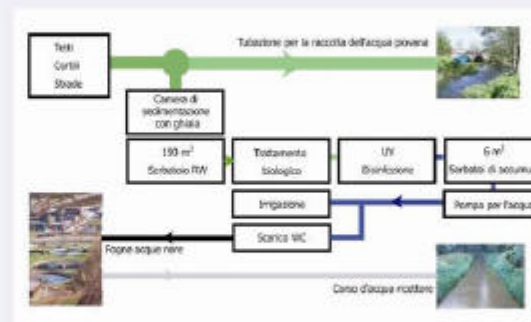
La gestione dell'acqua potrebbe apparire un aspetto marginale nella progettazione di Potsdamerplatz, il "centro" della nuova Berlino riunificata: ma il Comune e i progettisti hanno scelto di usare proprio l'acqua come fulcro del nuovo spazio, dando vita a un sistema di nuovi canali e zone umide di diverse migliaia di metri quadri che creano un piccolo "parco" urbano nel centro di Berlino.

Ma non si tratta solo di uno spazio pubblico per la fruizione: il sistema è un grande serbatoio in grado di accumulare oltre 4000 metri cubi di acque di pioggia, cui si aggiungono alcune centinaia di metri cubi che vengono immagazzinati nei tetti verdi degli edifici. In pratica per eventi meteorici ordinari, il 100% dell'acqua piovana che cade sull'area di Potsdamer Platz (diversi ettari di superficie impermeabilizzata) viene immagazzinato e, purificato attraverso un sistema di fitodepurazione perfettamente inserito nel paesaggio urbano, riutilizzato per fontane pubbliche e per lo scarico dei WC di alberghi e ristoranti della zona.

### Berlin-Lankwitz

Ma per applicare concetti innovativi nella gestione delle acque non servono grandi progetti urbanistici. A Berlin-Lankwitz, un quartiere periferico, si è intervenuti su una piccola area (11.770 m2 di superficie impermeabilizzata, di cui 63% costituita da tetti, 35% cortili interni e marciapiedi e 12% superfici stradali).

Le acque di pioggia sono accumulate in una cisterna da 190 m3 e da qui, depurate in un semplice filtro vegetato (istallato all'interno dell'edificio) seguito da un trattamento di disinfezione a UV. Le acque così trattate forniscono acqua per lo scarico dei WC e per l'irrigazione dei giardini di 80 appartamenti e 6 negozi, per un totale di circa 200 abitanti.





## 2. 1000 "AQUASAVE" NEGLI ALBERGHI DI BOLOGNA: REALIZZARE A GRANDE SCALA IL PROGETTO ITALIANO CHE HA FATTO SCUOLA NEL MONDO

La maggior parte del consumo domestico di acqua è dovuto ad usi, come lo scarico del WC o la lavatrice, che non richiedono necessariamente l'utilizzo di acqua potabile.

Gli alberghi sono grandi consumatori d'acqua, soprattutto nel periodo più critico, l'estate: ridurre i consumi idrici negli alberghi avrebbe quindi grandi benefici ambientali (e può comportare, allo stesso tempo, anche minori costi di gestione).

Il Progetto "Aquasave" (Progetto Life 97) ha dimostrato che si possono ridurre i consumi di acqua potabile del 50% utilizzando soluzioni tecnologiche che permettono il risparmio, il riutilizzo dell'acqua piovana e il riciclo delle acque grigie.

Le soluzioni sperimentate con successo con il progetto "Aquasave" possono essere applicate - tutte o in parte - agli alberghi della Provincia di Bologna.



IL PROGETTO "AQUASAVE" **ENEA** PROT-IDR

Il Progetto "Aquasave", completato nell'autunno del 2000 - realizzato con il coordinamento di ENEA, in collaborazione con il Comune di Bologna e con il cofinanziamento dell'Unione Europea - ha sperimentato in un edificio residenziale di 8 appartamenti abitati da 22 persone una serie di tecniche che consentono la riduzione dei consumi dell'acqua, a parità di confort e prestazioni.

### Il risparmio tra le mura domestiche

I principali sistemi di risparmio installati sono:

- sistemi di scarico WC che richiedono solo 3,5 litri di acqua contro i 9 litri dei sistemi tradizionali, dotati di cassette a doppio pulsante e possibilità di interrompere lo scarico quando non è richiesto un elevato volume;
- rubinetti dotati di sistema di iniezione di aria nell'acqua;
- lavatrici che richiedono solo 60 litri contro i 100 litri per ciclo utilizzati per il tradizionale lavaggio degli indumenti;
- lavastoviglie che richiedono 14 litri contro i 20 litri per ciclo utilizzati per il tradizionale lavaggio dei piatti.



Frangigetto



Rubinetti con temperizzazione



Rubinetti monocomando



Rubinetti termostatico

### Utilizzo dell'acqua di pioggia

Le acque piovane vengono raccolte da cisterne sui tetti e, dopo essere state filtrate e disinfettate, vengono impiegate nelle lavatrici e nelle lavastoviglie. L'utilizzo di acqua piovana per questi usi ha anche altri vantaggi: l'acqua piovana ha infatti la caratteristica di una bassa durezza e richiede quindi un consumo inferiore di detersivi, contribuendo così a ridurre anche l'inquinamento delle acque di scarico.



### Le acque reflue come risorsa

Le acque grigie vengono raccolte dai lavandini, dalle docce e dalle vasche da bagno per mezzo di una rete appositamente dedicata e, una volta filtrate, utilizzate nello sciacquone. L'acqua grigia alimenta così il 23% dell'acqua usata per lo scarico.





### 3. NON SOLO FOGNE: I SISTEMI NATURALI PER IL TRATTAMENTO DEGLI SCARICHI

L'applicazione di sistemi naturali costruiti (constructed wetlands) per il trattamento delle acque di scarico rappresenta ormai una scelta ampiamente diffusa nella maggior parte del mondo. Tali sistemi nel nostro paese sono comunemente chiamati di "fitodepurazione".

Un sistema di **fitodepurazione** è in pratica un ecosistema umido artificiale, in cui le varie componenti (piante, animali, microrganismi, terreno, radiazioni solar) contribuiscono alla rimozione degli inquinanti presenti nelle acque di scarico.

Esistono diverse tecniche di fitodepurazione (a flusso sommerso orizzontale e verticale e a flusso libero) ciascuna con sue specificità: la progettazione di un impianto è complessa e non può essere improvvisata. L'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente e del Territorio (APAT) ha recentemente emanato delle linee guida che costituiscono il riferimento tecnico per la realizzazione di sistemi di fitodepurazione (<http://www.artecambiente.it/pdf/APAT.pdf>).



Sistema a flusso superficiale (FWS)



Sistema a flusso sommerso orizzontale (SFS - H o HF)



Sistema a flusso sommerso verticale (SFS - V o VF)

I sistemi di fitodepurazione sono applicabili in contesti diversi, per molte tipologie di scarichi (civili, industriali, agricoli, percolato di discariche, ecc.): sul territorio riminese le applicazioni più interessanti riguardano i piccoli centri isolati e le case sparse, il postrattamento dei grandi depuratori, il trattamento degli scolmatori delle reti miste e delle acque di prima pioggia.

#### La fitodepurazione per le piccole utenze civili

Un impianto di fitodepurazione ben progettato permette un ottimo trattamento degli scarichi domestici e richiede gestione e manutenzione molto modeste: ecco perché questa tecnica è sempre più diffusa a servizio dei centri urbani di piccole dimensioni (fino a poche migliaia di abitanti) e delle case sparse.



A Dicomano (FI 3500 abitanti) è in funzione il più grande impianto di fitodepurazione per il trattamento secondario di scarichi civili.



Celle sul Rigo (SI 620 abitanti), attraverso i terrazzamenti è possibile realizzare impianti di fitodepurazione anche in collina.

#### La fitodepurazione per il postrattamento e riuso dei grandi depuratori

La realizzazione di sistemi di fitodepurazione a valle degli impianti di depurazione convenzionali, permette di:

- Migliorare ulteriormente la qualità degli scarichi (rimuovendo ulteriormente BOD, azoto e batteri)
- Tamponare eventuali malfunzionamenti dell'impianto a monte (una delle cause del degrado dei corpi idrici)
- Accumulare l'acqua trattata per un eventuale riutilizzo



Il postrattamento del depuratore di Jesi (AN 60.000 abitanti) permette di riusare per raffreddamento industriale parte dello scarico

#### La fitodepurazione per il trattamento delle acque meteoriche e degli scolmatori

Diverse tecniche di fitodepurazione possono essere usate anche per depurare le acque di prima pioggia e le acque provenienti dagli scolmatori. Questi sistemi possono essere inseriti in aree periferiche e industriali contribuendo a riqualificare il paesaggio e migliorando la biodiversità.



Impianto a flusso sommerso per il trattamento di scolmatori di reti miste (Germania)



Impianto per il trattamento delle acque di prima pioggia in Toscana



## 4. PIÙ NATURA NELLE STRADE DI BOLOGNA

L'aumento delle superfici impermeabili dovuto all'urbanizzazione causa diversi problemi ambientali:

- impedisce l'infiltrazione dell'acqua e ne aumenta la velocità, incrementando il rischio idraulico;
- contribuisce all'inquinamento sia direttamente - veicolando il carico inquinante raccolto dalle superfici stradali - che indirettamente - in caso di fognatura "mista", provocando l'attivazione degli scolmatori

"In caso di fognature miste, diluisce le acque inquinate che arrivano ai depuratori, causandone il malfunzionamento.

### TETTI VERDI

In tutta Europa si sta diffondendo la pratica della copertura degli edifici con sistemi vegetati (prati o piante ornamentali): si tratta di soluzioni che possono essere applicate su coperture piane o spioventi, che permettono sia di "eliminare" l'acqua di pioggia (che evapotraspira attraverso le piante) sia di accumularla e rilasciarla gradualmente. L'acqua infatti viene "immagazzinata" nel materiale poroso su cui sono messe a dimora le piante e rilasciata lentamente nelle ore successive. Avendo caratteristiche di qualità molto buone, l'acqua può essere facilmente riutilizzata, anche per usi non potabili all'interno degli edifici (lavaggio biancheria e scarico dei WC).



Esempi di tetti verdi  
(Fonte: Copyright ZinCo)

### CANALI FILTRANTI

Meno diffusi dei parcheggi drenanti, i canali filtranti al margine delle strade possono essere estremamente efficaci nel ridurre i problemi ambientali dovuti alle piogge: la maggior parte delle acque di pioggia, infatti, proviene dal drenaggio delle strade. Si tratta di concepire in modo diverso i canali (o le condotte) di raccolta delle acque stradali: invece che facilitare il deflusso delle acque, allontanandole il più rapidamente possibile verso i collettori fognari, i canali filtranti accumulano le acque di pioggia e le rilasciano gradualmente. A seconda di come vengono progettati, possono svolgere anche una funzione depurante, per permettere lo scarico nei corpi idrici o il riutilizzo.



Esempi di canali filtranti realizzati  
in Germania:  
in tempo di pioggia e di asciutto

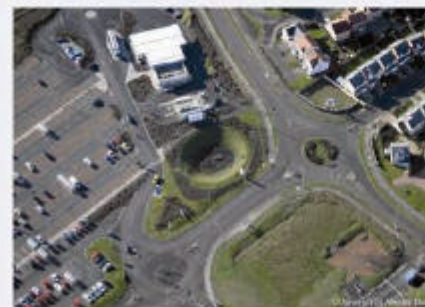
### PARCHEGGI DRENANTI

Le superfici dei parcheggi, sono sempre più spesso costituite di materiali drenanti. Anche per questo superfici vale quanto detto per i tetti verdi, con una importante differenza: le acque drenate possono essere riutilizzate per usi che richiedano bassa qualità (lavaggio strade o irrigazione giardini) o scaricate in corpi idrici recettori. In entrambi i casi, poiché in genere contengono inquinanti legati al traffico veicolare, è necessario sottoporle prima ad un adeguato trattamento.



### BACINI DI RITENZIONE

Si tratta di bacini per accumulare le acque di pioggia, trattarle e restituirle ai corpi idrici lentamente (per ridurre i problemi idraulici) e depurate (per ridurre l'inquinamento). A differenza delle altre soluzioni indicate richiedono più spazio e quindi possono essere realizzati solo in aree extraurbane o in periferie con edilizia poco compatta.







## 5. PIÙ NATURA NELLE CAMPAGNE DI BOLOGNA

### "Fasce tampone e fitodepurazione nell'azienda agricola"



Per ridurre i carichi sia diffusi (fertilizzanti) che puntuali (reflui derivanti da varie attività produttive, zootecnia in particolare) è possibile ricorrere a sistemi di depurazione naturali che oltre alla depurazione delle acque permetterebbero anche di riportare più natura in alcune aree agricole della Provincia.

#### LE FASCE TAMPONE

##### Cosa sono?

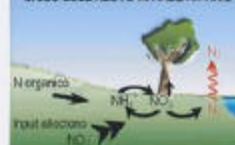
Le Fasce tampone sono "fasce di vegetazione erbacea, arborea ed arbustiva, generalmente, ma non necessariamente poste lungo i corsi d'acqua del reticolo idrografico minore, in grado di agire come filtri per la riduzione di inquinanti che le attraversano". Sono oggi considerate a tutti gli effetti come una delle uniche e più efficaci misure per la riduzione dell'inquinamento diffuso (in particolare da Azoto).

##### Come agiscono?

Per ridurre gli inquinanti esse agiscono mediante diversi meccanismi:

- assimilazione, trasformazione dei nutrienti presenti nel terreno;
- ritenzione del sedimento e degli inquinanti ad esso adsorbiti;
- azione di sostegno all'attività metabolica dei microrganismi del suolo.

##### CICLO DELL'AZOTO IN AREE RIPARIE



La funzione svolta dalle fasce tampone nei confronti dell'azoto è duplice: una certa quantità di azoto viene assorbita attraverso gli apparati radicali e immagazzinata nella biomassa della pianta (uptake); gli apparati radicali della pianta sostengono invece la comunità dei batteri denitrificanti che trasformano l'azoto nitrico in azoto gassoso rimuovendolo di fatto dal sistema.



##### Quali sono gli altri vantaggi?



- Miglioramento paesaggistico
- Qualità dell'aria
- Ombreggiamento
- Produttiva (biomasse, ...)
- Incremento della biodiversità
- Connessione ecologica

##### Quando e quanto sono efficaci?

- Sono strumenti che possono essere realmente efficaci solo se diffusi in modo capillare ed esteso nel territorio agricolo;
- sono efficaci solo se collocate correttamente in base alle caratteristiche idrologiche e pedologiche del sito (devono essere poste in modo che intercettino deflussi superficiali e/o sub-superficiali di acue veicolanti sostanze inquinanti);
- in genere più le concentrazioni dei carichi che le attraversano aumentano più aumenta la loro resa depurativa;
- non sono universalmente efficaci per tutti gli inquinanti diffusi ma possono aumentare notevolmente la loro resa se progettate con opportuni accorgimenti;
- l'efficacia nella rimozione dell'Azoto è in genere molto elevata (70 - 90% di quello che defluisce attraverso il sistema tampone).



Diversificando la progettazione (solo fasce tampone arboree come nel disegno a sinistra, o loro abbinamento con fasce erbacee e scivoli di carico, figura a destra) è possibile massimizzare la resa depurativa per diversi tipi di inquinanti.

#### Perché possono rappresentare un'opportunità valida per il mondo agricolo?

Se escludiamo in genere aree destinate a coltivazioni agricole ad alto valore aggiunto, negli altri contesti culturali le fasce tampone possono costituire una valida opportunità per gli imprenditori agricoli in quanto: non costringono l'imprenditore agricolo a scelte radicali (passare da un tipo di attività ad un'altra) ma si possono sommare all'attività preesistente andando a collocarsi per lo più nelle cosiddette "tare" aziendali; sono perfettamente compatibili con diversi utilizzi, anche produttivi (biomasse legnose) perché l'azione depurativa riguarda principalmente ciò che avviene a livello di apparati radicali; nei documenti programmatici del prossimo PSVR Regionale si parla esplicitamente di un sostegno a questo tipo di misure; a differenza di qualche anno fa sono disponibili materiali vivaistici e indicazioni culturali standardizzate e in grado di rispondere ad ogni esigenza; si sta avviando a vari livelli un discorso di filiera che può ridurre notevolmente i costi di realizzazione/utilizzo degli impianti; si possono ipotizzare dei meccanismi di compenso agli agricoltori per il servizio ambientale (depurazione) svolto.

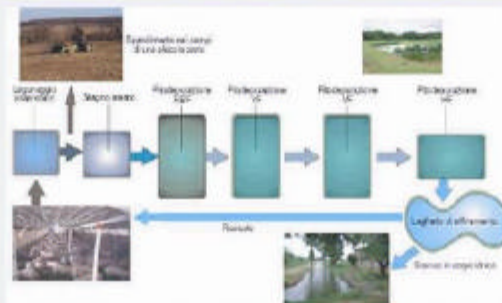
#### LA FITODEPURAZIONE NELL'AZIENDA AGRICOLA

##### Perché depurare i reflui?

Il trattamento dei reflui (in particolare zootecnici) può risultare molto utile perché riduce la quantità di refluo che viene sparsa per unità di superficie, permettendo così di stare nei limiti stabiliti dalla legge (limiti che saranno sempre più restrittivi nell'ottica del raggiungimento degli obiettivi di qualità previsti dalla Direttiva 2000/60, che per questo campo recepisce in buona sostanza la Direttiva Nitrati).

##### Quali vantaggi offre la fitodepurazione?

- minori costi di realizzazione e di gestione;
- minori fabbisogni energetici;
- maggiore flessibilità rispetto al carico inquinante in ingresso;
- buon inserimento paesaggistico/ambientale.



Schema generale di trattamento e gestione dei reflui zootecnici con sistemi di depurazione naturali

##### Come funziona ?

Gli impianti di fitodepurazione sono delle zone umide ricostruite che permettono di ridurre gli inquinanti presenti nei reflui di immissione attraverso l'azione combinata di piante e batteri. A seconda del tipo di inquinante da trattare è necessario ricorrere a soluzioni progettuali diversificate.

Per trattare i reflui zootecnici prodotti dalle aziende agricole gli schemi di impianto più comunemente utilizzati prevedono impianti a più stadi per il trattamento del liquido e per la riduzione degli inquinanti disciolti a concentrazioni tali da consentire il corretto utilizzo agronomico, il ricircolo all'interno delle stalle per i lavaggi e lo scarico in corpi idrici superficiali.







## 6. PIÙ NATURA PER I CORSI D'ACQUA DI BOLOGNA

### "Corsi d'acqua più naturali per favorire l'autodepurazione"

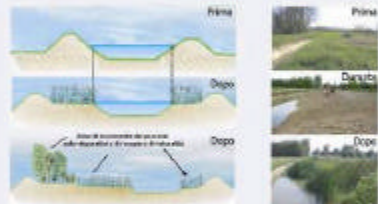
AMBIENTEITALIA  
Ministero dell'Ambiente

Corsi d'acqua integri dal punto di vista ecologico e in condizioni di buona naturalità hanno anche una maggiore funzionalità complessiva che si traduce in genere in un buon funzionamento dei processi e dei cicli biogeochimici che avvengono al loro interno e in un incremento complessivo della loro capacità autodepurativa

### INTERVENTI STRUTTURALI SUI CORSI D'ACQUA

#### Allargamento della sezione

Il restringimento dei corsi d'acqua è causa di problemi ormai noti quali l'aumento del rischio idraulico (incremento dei picchi di piena), la perdita di naturalità (artificializzazione, perdita di connessione laterale e di habitat ripari...) e riduzione della capacità autodepurativa del corso d'acqua (riduzione dei tempi di ritenzione e perdita di aree di contatto con vegetazione e substrati golenali). Tutte queste problematiche possono venire ridotte attraverso interventi di ampliamento della sezione, realizzabili soprattutto in aree non urbanizzate. In generale questo tipo di intervento è applicabile sia a corsi d'acqua naturali che a corsi d'acqua del reticolo artificiale.



#### Diversificazione del tracciato...

Solo per corsi d'acqua artificializzati e con scarso dinamismo geomorfologico (canali, corsi d'acqua con ridotte pendenze) è possibile intervenire per accelerare il recupero di un tracciato più naturale (creazione di meandri, isole, sinuosità...). Anche in questo caso la maggiore diversificazione favorisce un incremento dei processi di autodepurazione.

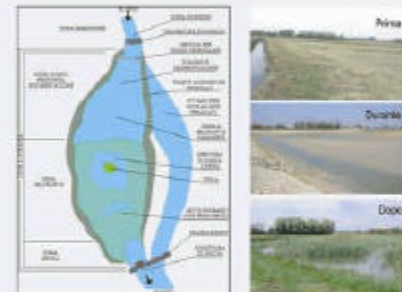


#### ...o del substrato



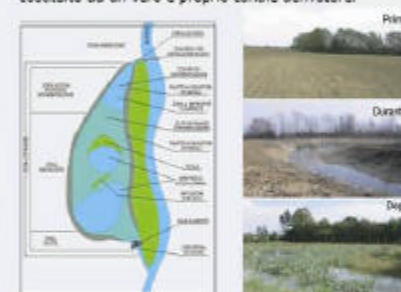
#### Creazione di wetland in alveo

Le zone umide in alveo sono un sistema di fitodepurazione interposto lungo il corso d'acqua per intercettare e trattare l'intera portata e quindi hanno senso solo per corsi d'acqua di piccole dimensioni. Di norma sono costituite da un dissipatore di energia iniziale, seguito da una zona profonda ad acqua libera (per favorire la sedimentazione) e da un sistema a macrofite, che occupa la maggior parte della superficie disponibile.



#### Creazione di wetland fuori alveo

Le zone umide fuori alveo possono essere realizzate sia per trattare solo una quota della portata ordinaria (e quindi ancora sono applicabili solo per corsi d'acqua di piccole dimensioni) sia per trattare le sole portate di piena: in quest'ultimo caso la loro realizzazione è finalizzata, in genere, alla laminazione e solo secondariamente alla funzione depurativa. La struttura della zona umida è sostanzialmente analoga a quella "in alveo", ma differisce per il sistema di "alimentazione" costituito da un vero e proprio canale derivatore.



### UN DIVERSO TIPO DI MANUTENZIONE

#### Preservare la vegetazione spondale

Sia nei corsi d'acqua naturali che nei canali di bonifica soggetti a periodici interventi di manutenzione della vegetazione è possibile preservare una buona naturalità del corso d'acqua adottando tecniche di manutenzione idonee a preservare il più possibile la vegetazione spondale ed acquatica, il cui ruolo, diretto ed indiretto, in termini di azione tampone risulta determinante.



Esempio di manutenzione effettuata preservando una serie di ontani presenti sulla sponda.

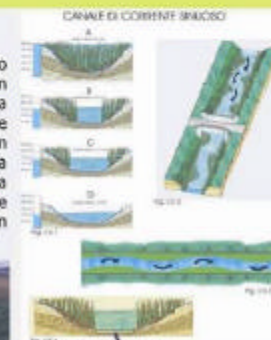
Nell'esempio non solo si preserva la vegetazione acquatica ma si piantano alberi nella gola ricreata.



Nell'esempio non solo non si effettua un taglio selettivo ma oltre a rimuovere completamente la vegetazione (rampa davanti) si procede ad una sua completa eliminazione effettuando una sistematica riprofitura di sponde (rampa dietro).

#### Preservare la vegetazione acquatica

Per ottenere una diversificazione della velocità di corrente, ed un assetto generale del canale molto più simile a quello di un corso d'acqua in condizioni naturali, è necessario preservare la vegetazione acquatica presente al piede di sponda (creando ad esempio un canale di corrente sinuoso). Si procede effettuando un taglio parziale della vegetazione in alveo (1/3 o 2/3 del totale) procedendo con un andamento sinuoso a mezzelune sfalsate tra le due sponde. È importante lasciare una fascia anche ridotta di vegetazione lungo tutto il piede di sponda per evitare fenomeni erosivi che si possono manifestare con maggiore incidenza in presenza di sinuosità e in uscita di curva.



È possibile spostare solo parzialmente la vegetazione erbacea in alveo senza che questo porti a peggioramenti eccessivi della funzionalità idraulica.

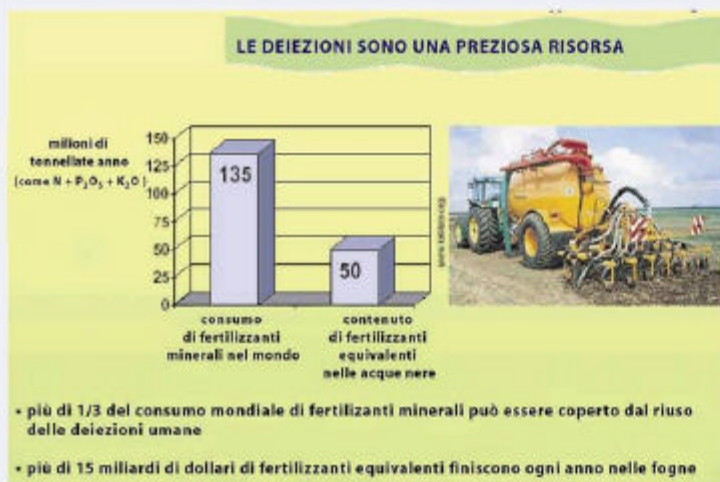


## 7 ...DAI DIAMANTI NON NASCE NIENTE, DAL LETAME NASCONO I FIOR

Il riuso delle acque depurate: una strategia non solo per risparmiare acque ma anche per riequilibrare i cicli biogeochimici.

Da molti anni si parla della opportunità di riutilizzare l'acqua di scarico, una volta depurata: in questo modo, infatti, si avrebbe a disposizione una grande quantità di risorsa idrica, che ora viene "sprecata".

Ma vi è un altro motivo per cui è necessario riutilizzare l'acqua di scarico, in particolare per irrigare i campi: essa contiene sostanze minerali fondamentali per rendere fertili i terreni. Fino a poche decine di anni fa le deiezioni umane erano un materiale prezioso, che - al pari di quelle animali - veniva raccolto nelle concimaie, lasciato maturare e riutilizzato per l'agricoltura.



Con la diffusione dell'acqua nelle città, i nutrienti contenuti nelle deiezioni umane si disperdono nell'ambiente, mentre per garantire la fertilità dei terreni agricoli è necessario ricorrere a fertilizzanti di sintesi. Gli scienziati chiamano questo fenomeno: l'"esperimento di fertilizzazione globale": in pratica si sta accumulando azoto e fosforo nelle acque, causando una alterazione profonda dei cicli naturali che è a sua volta fonte di numerosi problemi ambientali, quali l'inquinamento delle falde e l'eutrofizzazione.

Per questo, una strategia di miglioramento delle acque non può limitarsi a definire strumenti per depurare meglio i liquami, ma deve trovare soluzioni per evitare di recapitare i nostri escrementi nelle acque ed usarli invece per migliorare la fertilità del suolo. L'ideale sarebbe sottoporre a compostaggio i nostri escrementi; tuttavia, essendo ormai universalmente affermato il WC a sciacquone, dovremmo almeno rimediare mediante il riutilizzo agricolo degli scarichi fognari.



### Una strategia efficace per il riuso deve considerare diversi aspetti:

- individuare tecniche di trattamento degli scarichi non troppo costose ma efficaci per eliminare rischi sanitari
- considerare la destinazione delle acque (anche nel periodo invernale, quando l'irrigazione non è necessaria), dando priorità alle colture non alimentari e ai frutteti irrigati a goccia
- studiare l'assimilazione dei nutrienti contenuti nelle acque da parte delle piante, in modo da fornire i nutrienti in giusta quantità e evitarne la dispersione nell'ambiente

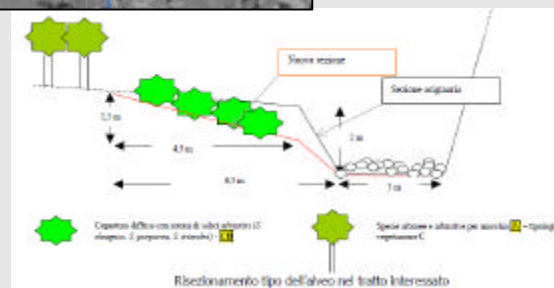
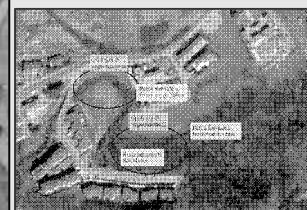
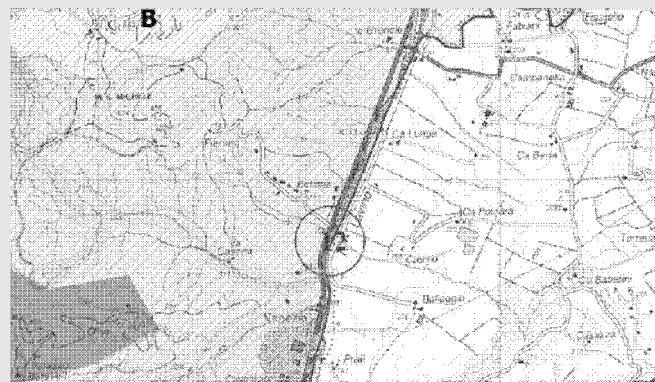


## 8 IL PROGETTO DI RETE ECOLOGICA DEL COMUNE DI MONTE SAN PIETRO

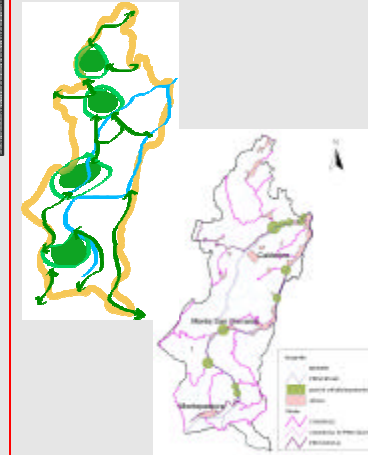
Proposte di intervento strutturale e gestionale per i corsi d'acqua del territorio comunale finalizzate alla riqualificazione fluviale e al miglioramento funzionale per la realizzazione di una rete ecologica locale

Nella fase di analisi territoriale finalizzata al progetto di Rete Ecologica locale, il Comune di Monte San Pietro ha ritenuto opportuno procedere ad uno specifico approfondimento finalizzato alla valutazione della funzionalità ecologica dei principali ecosistemi fluviali che scorrono nel proprio territorio, al fine di determinarne la naturalità, la capacità tampone e il grado di qualità degli habitat.

L'approccio utilizzato ha consentito di individuare tratti a diverso grado di qualità ambientale permettendo di evidenziare, così, aree a diverso livello di criticità e/o potenzialità per il progetto di Rete, oltre la necessità e opportunità di interventi puntuali e/o diffusi di miglioramento della qualità ecologica fluviale.



Oltre agli interventi strutturali, il progetto di Rete Ecologica locale, propone, agli strumenti della pianificazione comunale (PSC, RUE e POC), una serie di indirizzi per la gestione del territorio ai fini del miglioramento ambientale e della fruizione, tra cui trovano spazio specifiche proposte per la gestione degli ecosistemi fluviali.



Con l'approvazione del progetto di Rete Ecologica locale, il Comune di Monte San Pietro ha previsto una serie di interventi di miglioramento ecologico e funzionale dei due principali corsi d'acqua che attraversano il proprio territorio: il torrente Lavino e il suo affluente Landa. Le proposte di intervento sono raccolte in schede sintetiche e fanno riferimento ad un quaderno delle opere tipo. Gli interventi proposti sono coerenti con le disposizioni della pianificazione territoriale e finalizzati al recupero della qualità e al riequilibrio morfologico funzionale dei corsi d'acqua, attraverso:

- ripristino della continuità longitudinale e trasversale dell'ecosistema sistema fluviale
- realizzazione di fasce riparie come aree filtro-tampone nei confronti dell'inquinamento da fonte diffusa
- diversificazione del sistema fluviale e della morfologia dell'alveo
- creazione di zone umide o di rallentamento del flusso
- riduzione dell'inquinamento da sorgente puntiforme incrementando la funzionalità dei sistemi di depurazione delle acque locali e tramite processi naturali
- contributo alla realizzazione del progetto di Rete Ecologica locale tramite la valorizzazione paesaggistico-ambientale e il sostegno alla naturale funzione di corridoio ecologico dei corsi d'acqua per ripristino della connettività ecologica con i versanti.





**VARIANTE IN RECEPIMENTO  
DEL PIANO REGIONALE DI TUTELA DELLE ACQUE**

**ALLEGATO 2  
Schede di approfondimento sul riuso delle acque**



## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>BAZZANO</b> .....	<b>4</b>
2.1	DESCRIZIONE SINTETICA DELL'IMPIANTO .....	4
2.2	RIUTILIZZO POSSIBILE .....	7
2.3	INTERVENTI NECESSARI .....	7
<b>3</b>	<b>BOLOGNA CORTICELLA</b> .....	<b>9</b>
3.1	DESCRIZIONE SINTETICA DELL'IMPIANTO .....	9
3.2	RIUTILIZZO POSSIBILE .....	11
3.3	INTERVENTI NECESSARI .....	12
<b>4</b>	<b>CASTEL SAN PIETRO TERME</b> .....	<b>14</b>
4.1	DESCRIZIONE SINTETICA DELL'IMPIANTO .....	14
4.1	RIUTILIZZO POSSIBILE .....	16
4.2	INTERVENTI NECESSARI .....	17
<b>5</b>	<b>IMOLA SANTERNO</b> .....	<b>19</b>
5.1	DESCRIZIONE SINTETICA DELL'IMPIANTO .....	19
5.2	RIUTILIZZO POSSIBILE .....	21
5.3	INTERVENTI NECESSARI .....	21
<b>6</b>	<b>OZZANO DELL'EMILIA – PONTE RIZZOLI</b> .....	<b>25</b>
6.1	DESCRIZIONE SINTETICA DELL'IMPIANTO .....	25
6.2	RIUTILIZZO POSSIBILE .....	27
6.3	INTERVENTI NECESSARI .....	28
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONI</b> .....	<b>30</b>

## **1 INTRODUZIONE**

Secondo il Piano di Tutela delle Acque Regionale è previsto il riutilizzo diretto per usi irrigui delle acque reflue depurate attraverso la predisposizione del “Piano di riutilizzo”; il riutilizzo, secondo gli articoli 72 e 73 delle norme dello stesso Piano Regionale, deve riguardare in Provincia di Bologna almeno i seguenti depuratori: Bologna Corticella, Imola – Gambellara, Imola – Santerno, Bazzano, Castel S. Pietro e Ozzano Emilia.

Il recepimento delle prescrizioni del PTA Regionale alla scala Provinciale (vedi paragrafo 3.3.3 della Relazione) ha aggiornato la lista degli impianti per cui è previsto il riutilizzo, in seguito alla prevista dismissione degli impianti di Imola Gambellara (il cui carico sarà inviato a Imola Santerno) e Ozzano Emilia (il cui carico sarà inviato a Ozzano Ponte Rizzoli).

In sede di Conferenza di Pianificazione, e specificamente su osservazione della Regione, è emersa la necessità di una prima valutazione tecnica degli interventi necessari al riutilizzo delle acque e delle aree agricole che potrebbero beneficiare del riuso. Tale valutazione per i 5 impianti principali è riportata nel presente allegato.



## 2 BAZZANO

### 2.1 Descrizione sintetica dell'impianto

Denominazione	Tipologia	Potenzialità di progetto (AE)	AE serviti da aut. scarico	Q annua (m <sup>3</sup> /anno)	Q max giornaliera di progetto	Bacino recettore
Bazzano Depuratore intercomunale	Biologico	14.000	13.000	786.550	4.100	Reno

Il depuratore scarica attualmente nel Torrente Samoggia per il quale il Consorzio della Bonifica Reno Palata ha in progetto la realizzazione di un apposito bacino di accumulo acque depurate ed una relativa rete di distribuzione irrigua.

Attuale schema impiantistico (l'intervento di adeguamento è stato completato nel 2007):

Linea acqua:

- Opera di presa e Sollevamento liquami con by-pass d'emergenza;
- Vasca di prima pioggia;
- Grigliatura fine;
- Disabbiatura e Disoleatura;
- Defosfatazione;
- Predenitrificazione;
- Ossidazione-Nitrificazione;
- Sedimentazione finale;
- Filtrazione dell'effluente finale;
- Disinfezione UV-C.

Linea fanghi:

- Ricircolo – supero fanghi attivi;
- Ispessimento fanghi;
- Disidratazione fanghi;
- Aia di stoccaggio fanghi disidratati.

PORTATA	m <sup>3</sup>
2005	822 434
2006	786 550
2007	718 909

Tabella 1: Portata annua trattata dal depuratore di Bazzano

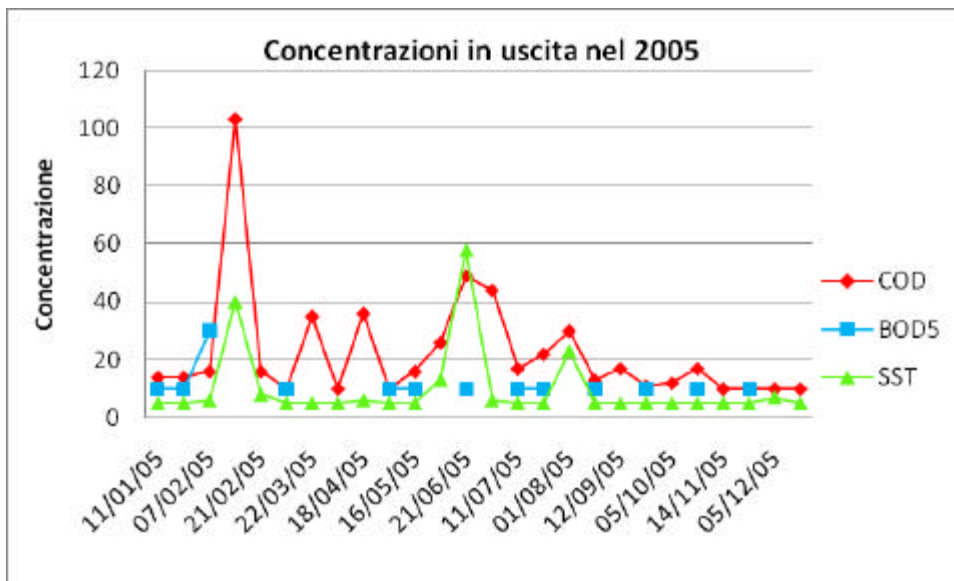


Figura 1: Concentrazioni di BOD5, COD e SST in uscita dal depuratore di Bazzano nel 2005

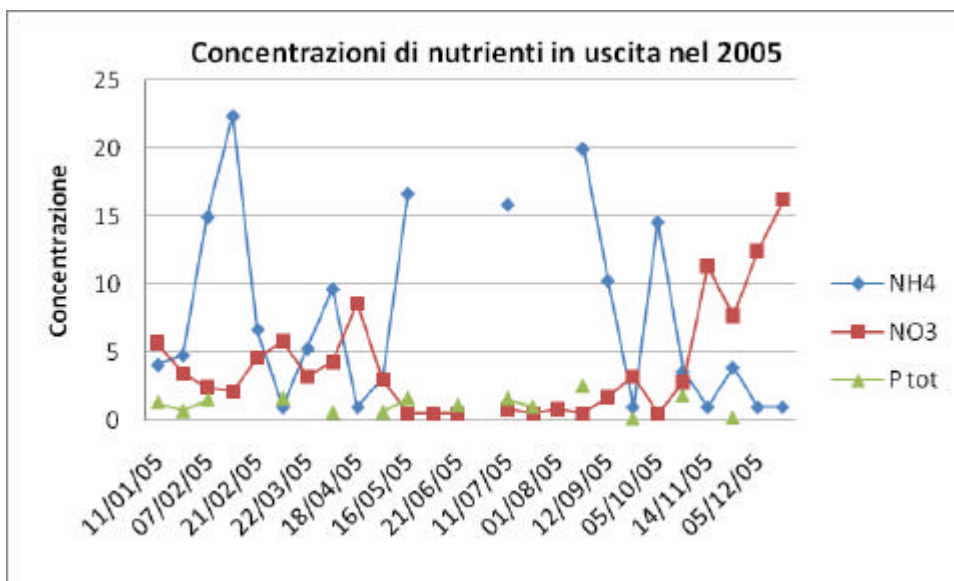


Figura 2: Concentrazioni di nutrienti in uscita dal depuratore di Bazzano nel 2005

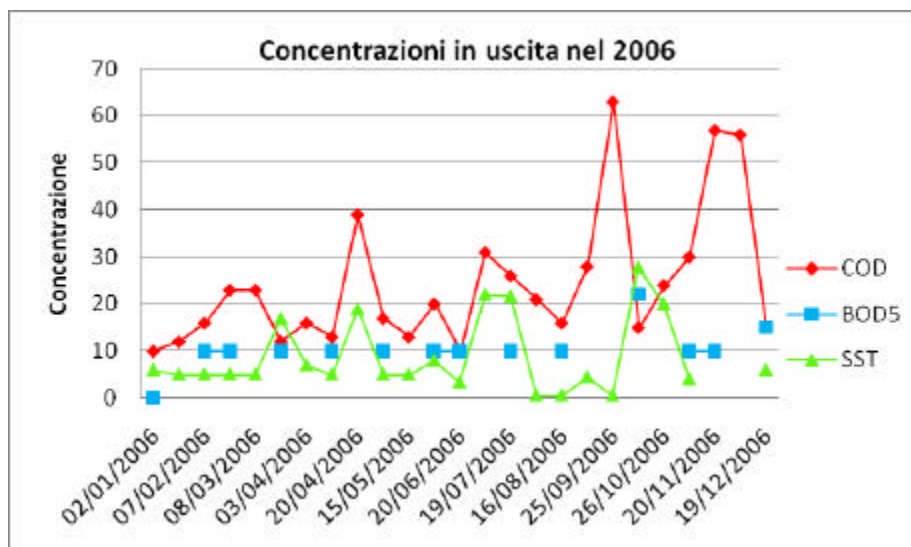


Figura 3: Concentrazioni di BOD5, COD e SST in uscita dal depuratore di Bazzano nel 2006

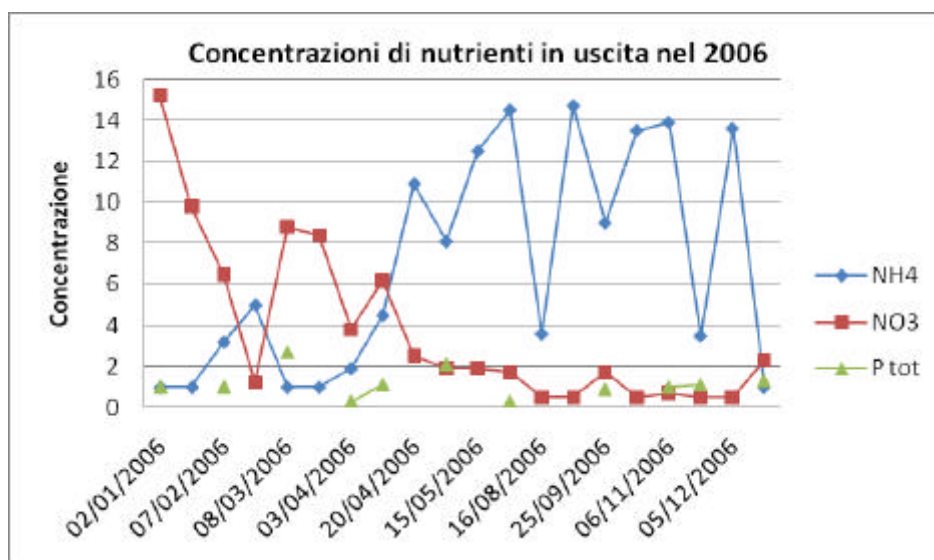


Figura 4: Concentrazioni di nutrienti in uscita dal depuratore di Bazzano nel 2006

NH4	TKN	NO3	NO2	BOD5	COD	P TOT	SST
mg/L NH4	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L O2	mg/L O2	mg/L	mg/L
6,87	12,23	3,22	0,11	11,31	24,24	1,08	8,82

Tabella 2: Concentrazioni medie in uscita da depuratore di Bazzano nel 2006

Dai dati sul funzionamento dell'impianto dopo gli interventi di adeguamento, si riscontra un miglioramento delle prestazioni soprattutto per quanto riguarda la nitrificazione.

Parametro (mg/l)	10/07/2007	13/11/2007	05/12/2007	06/05/2008	22/07/2008	Media
P tot	3	2	1,7	1,8	3,5	2,4
NH4	1,3	0,7	1,8	0,6	1,5	1,18
NO3	3,6	8	10	5	4	6,12

Tabella 3: Dati sul funzionamento del depuratore di Bazzano dopo gli interventi di up-grading

## 2.2 Riutilizzo possibile

Considerando un raggio di circa 3 km intorno all'impianto, dalla carta di Uso del Suolo sono individuabili le seguenti aree agricole che potrebbero riutilizzare le acque reflue depurate.

Uso del Suolo	ha
Seminativo semplice irriguo	546
Frutteti	115

Tabella 4: Uso del Suolo nelle aree limitrofe all'impianto di depurazione

Le dotazioni irrigue della Provincia di Bologna (dati del Piano di Tutela delle Acque regionale approvato in via definitiva con Delibera n. 40 dell'Assemblea legislativa il 21 dicembre 2005) per i frutteti sono stimate in 2.455 m<sup>3</sup>/ha/anno, mentre per altre colture irrigue si può assumere una dotazione media di 3.000 m<sup>3</sup>/ha/anno (naturalmente il dato preciso dipende dal tipo di coltura). In base a tali dati si può stimare il fabbisogno per l'irrigazione in circa **1,9 milioni m<sup>3</sup>/anno**.

## 2.3 Interventi necessari

Dato il recente intervento di up-grading dell'impianto, si ritiene sufficiente come stadio di affinamento per il trattamento del 50% della portata in uscita dal depuratore un sistema a flusso libero superficiale (FWS), con altezza d'acqua variabile fra 40 cm e 1 m.

Potenzialità del depuratore (AE)	14.000
Portata media di progetto (200 l/ae)	2.800 (m <sup>3</sup> /d)
Portata di progetto in base ai dati registrati (150 l/ae)	2.100 (m <sup>3</sup> /d)
Portata di progetto del FWS	1.400 (m <sup>3</sup> /d)

Tabella 5: Dati di progetto

Superficie FWS	7.000 m <sup>2</sup>
Tempo di ritenzione idraulico (h <sub>m</sub> = 40 cm)	2 d

Tabella 6: Caratteristiche del sistema di trattamento

Il costo dell'intervento è stimabile in 350.000 €, assumendo un costo unitario di 50 €/m<sup>2</sup>.



Figura 5: Vista area dell'area interessata dal sistema di post-trattamento

L'area in cui sarebbe possibile realizzare l'intervento di post-trattamento è classificata secondo il PRG del Comune di Bazzano (aggiornato dalla Variante specifica del 2006) come area agricola produttiva.

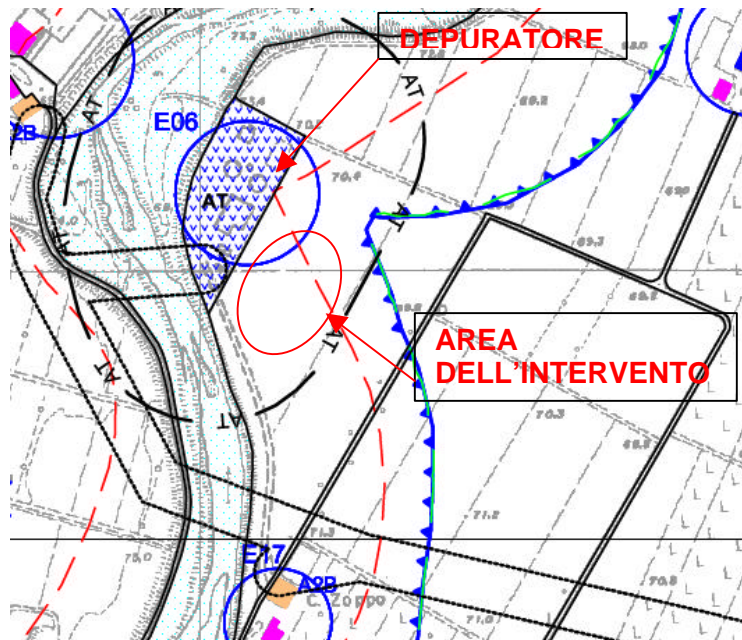


Figura 6: Estratto del PRG del Comune di Bazzano



### 3 BOLOGNA CORTICELLA

#### 3.1 Descrizione sintetica dell'impianto

Denominazione	Tipologia	Potenzialità di progetto (AE)	AE serviti da aut. scarico	Q annua (m <sup>3</sup> /anno)	Q max giornaliera di progetto	Bacino recettore
IDAR Bologna Depuratore intercomunale	Biologico a fanghi attivi	900.000	700.000	5.149.8316	270.000	Reno

I reflui depurati vengono scaricati nel Canale Navile, ma un'opera di intercettazione con condotta di proprietà e gestione del Consorzio della Bonifica Renana consente di deviare la portata dello scarico verso altri corpi idrici gestiti dal Consorzio stesso.

L'impianto è costituito da 2 linee di trattamento così composte:

##### Linea acqua:

- Opera di presa sulla fognatura in ingresso con sfioratore portate eccedenti;
- grigliatura grossolana (n.2 griglie);
- n.2 sezioni di sollevamento con n.3 coclee ciascuna;
- grigliatura fine;
- dissabbiatura e disoleazione (n.6 vasche longitudinali con lama sfioratrice per gli oli);
- sedimentazione primaria (n.2 bacini circolari diametro 60 m);
- ossidazione biologica ad ossigeno puro modello UNOX costituita da una sezione nitrificante ed una non nitrificante;
- sedimentazione secondaria (n.8 vasche -n.4 diametro 44 m e n.4 diametro 64 m);
- disinfezione con acido peracetico (n.2 vasche di contatto).

##### Linea fanghi:

- ispessimento fanghi dai sedimentatori primari e secondari con n.2 ispessitori statici;
- ispessimento fanghi di supero da ossidazione biologica con n.2 vasche di accumulo e successiva centrifugazione;
- digestione anaerobica (n.4 digestori) con produzione e accumulo del biogas prodotto;
- Disidratazione fanghi con n.3 filtro presse.

E' in corso, avviato nel 2008, un grosso intervento di adeguamento e miglioramento impiantistico che nei prossimi tre anni consentirà di realizzare:

- sezione di denitrificazione;
- Adeguamento ed ampliamento sezione di ossidazione;

- Bonifica ed adeguamento sezione digestione anaerobica dei fanghi;
- Rifacimento sezione produzione ossigeno.

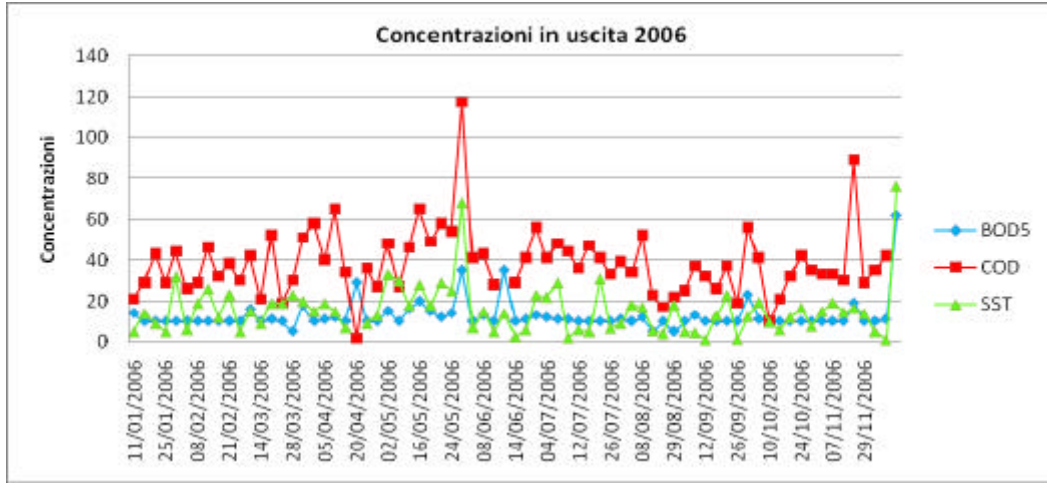


Figura 7: Concentrazioni di BOD5, COD e SST in uscita dal depuratore di Bologna Corticella nel 2006

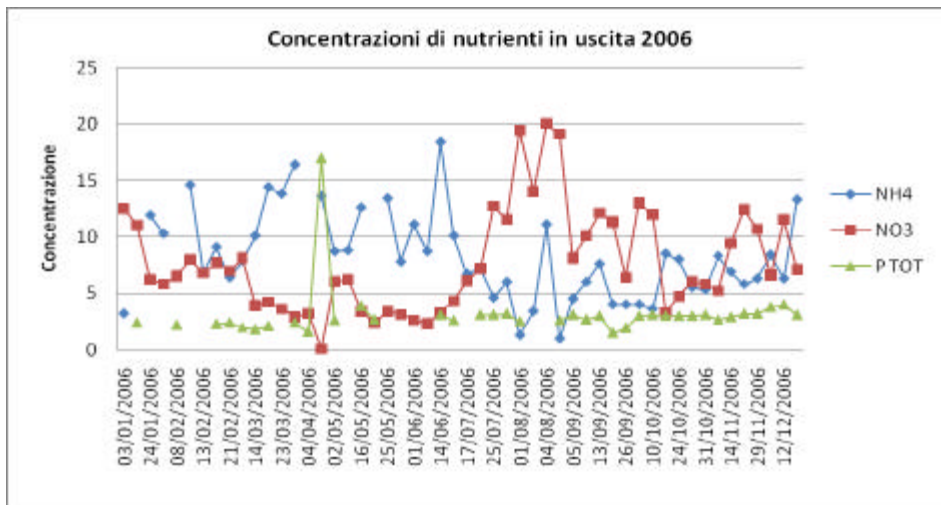


Figura 8: Concentrazioni di nutrienti in uscita dal depuratore di Bologna Corticella nel 2006

NH4	TKN	NO3	NO2	BOD5	COD	P TOT	SST
mg/L NH4	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L O2	mg/L O2	mg/L	mg/L
6,91	8,62	7,61	1,17	12,75	40,43	2,99	14,48

Tabella 7: Concentrazioni medie in uscita da depuratore di Bologna Corticella nel 2006

### 3.3 Interventi necessari

Ipotizzando che gli interventi di adeguamento della sezione di ossidazione dell'impianto comportino un miglioramento delle rese di nitrificazione, si ritiene sufficiente come stadio di affinamento un sistema a flusso libero superficiale (FWS), con altezza d'acqua variabile fra 40 cm e 1 m, per il trattamento del 50% della portata effluente dal depuratore.

Potenzialità del depuratore (AE)	900.000
Portata media di progetto (200 l/ae)	180.000 (m <sup>3</sup> /d)
Portata di progetto FWS	90.0000 (m <sup>3</sup> /d)

Tabella 10: Dati di progetto

Superficie FWS	450.000 m <sup>2</sup>
Tempo di ritenzione idraulico (h <sub>m</sub> = 40 cm)	2 d

Tabella 11: Caratteristiche del sistema di trattamento

Il costo dell'intervento è stimabile in 22.500.000 €, assumendo un costo unitario di 50 €/m<sup>2</sup>.



Figura 10: Localizzazione delle possibili aree per la realizzazione del FWS

In base ai PSC dei Comuni di Castel Maggiore e di Bologna, una possibile collocazione del FWS potrebbe essere a est del depuratore nell'area agricola compresa fra l'autostrada Bologna-Padova e la Via Porrettana, al confine fra i 2 Comuni.

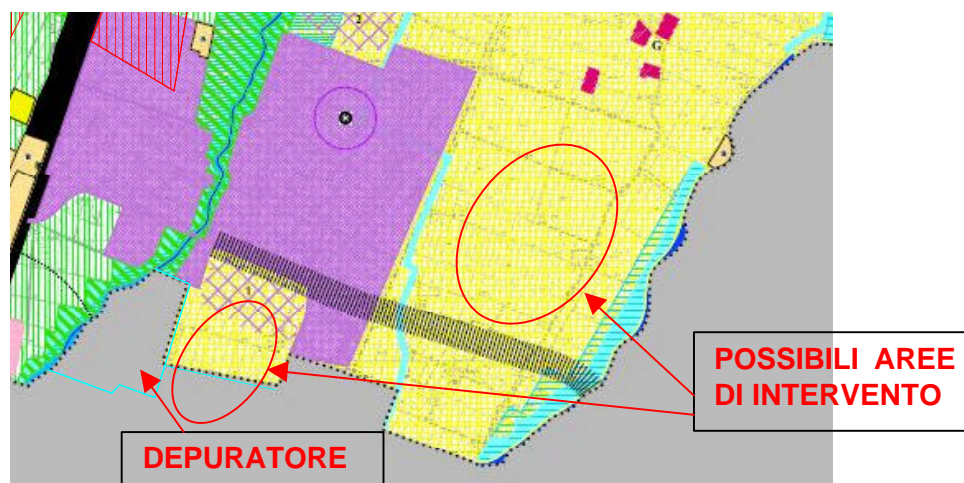


Figura 11: Estratto del PSC del Comune di Castel Maggiore

## 4 CASTEL SAN PIETRO TERME

### 4.1 Descrizione sintetica dell'impianto

Denominazione	Tipologia	Potenzialità di progetto (AE)	AE serviti da aut. scarico	Q annua (m <sup>3</sup> /anno)	Q max giornaliera di progetto	Bacino recettore
Castel San Pietro Terme – Ponte Capoluogo	Biologico	25.000	20.000	1.814.000	4.280	Reno

L'effluente dell'impianto viene recapitato nello Scolo Laghetto, corpo idrico a possibile destinazione irrigua la cui portata idraulica ha prevalente origine dallo scarico stesso e da acque provenienti da sfioratori di piena della rete fognaria di Castel San Pietro.

Schema impiantistico attuale (dopo intervento di adeguamento completato nel 2006)

#### Linea acqua:

- grigliatura fine (6 mm) con compattazione del grigliato;
- filtrococlea per grigliatura fine (6 mm) di emergenza e acque di prima pioggia;
- vasca di emergenza e accumulo acque di prima pioggia;
- sollevamento iniziale;
- dosaggio flocculante per defosfatazione;
- n.2 vasche di dissabbiatura;
- n. 1 vasca di denitrificazione;
- n. 3 vasche di ossidazione biologia con sistema di insufflazione d'aria;
- ricircolo miscela areata;
- n. 2 sedimentatori per sedimentazione finale e ricircolo fanghi;
- disinfezione con acido peracetico.

#### Linea fanghi:

- stabilizzazione;
- letti di essiccamento.

Anno	2004	2005	2006	2007
<b>MESE</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>m<sup>3</sup></b>
Gennaio	123070	128914	143691	163492
Febbraio	109013	152577	133066	116233



Marzo	147873	155084	143691	163492
Aprile	141775	174872	133066	104214
Maggio	146467	129956	143653	139128
Giugno	204372	122080	110700	114069
Luglio	29974	144656	112724	76379
Agosto	115589	121164	130835	76340
Settembre	123029	158561	160097	86636
Ottobre	141360	239673	125242	109610
Novembre	134479	149159	136201	118998
Dicembre	188840	138051	91510	125989
TOT	1605841	1814747	1564476	1394580

Tabella 12: Portate mensili trattate dal depuratore

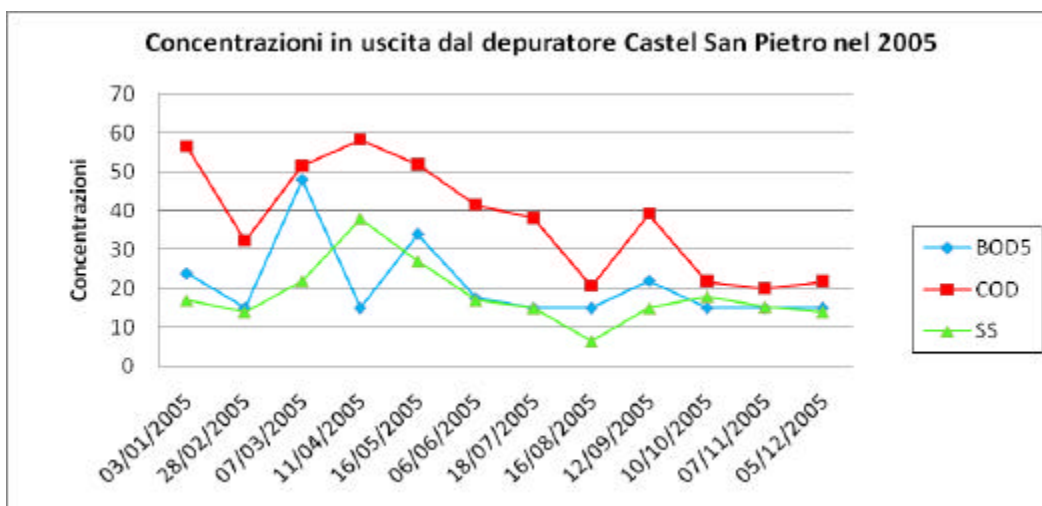


Figura 12: Concentrazioni in uscita dall'impianto di Castel S.Pietro nel 2005

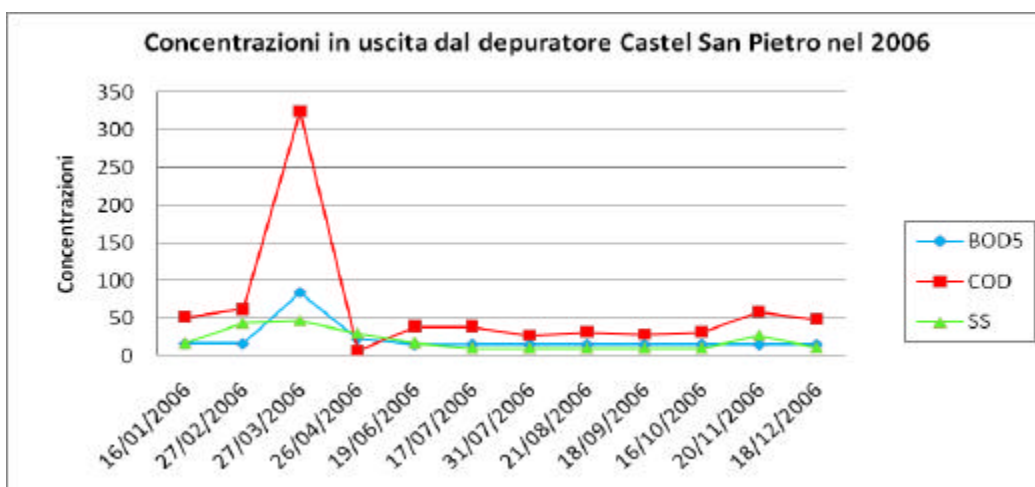


Figura 13: Concentrazioni in uscita dall'impianto di Castel S.Pietro nel 2006

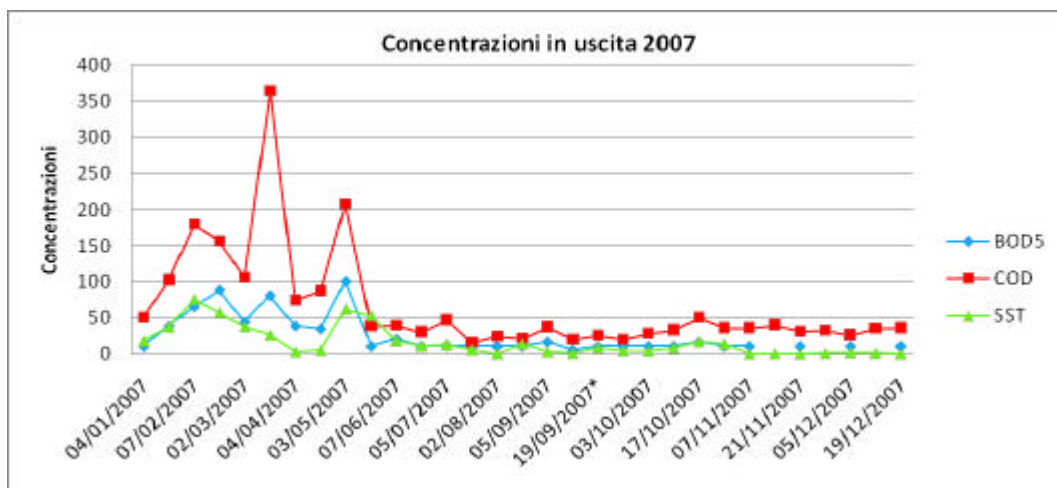


Figura 9: Concentrazioni di BOD5, COD e SST in uscita dal depuratore di Bologna Corticella nel 2007

Anno	Portata (m <sup>3</sup> )
2005	50 869 711
2006	47 617 472
2007	46 865 882

Tabella 8: Portata annua trattata dal depuratore di Bologna Corticella

### 3.2 Riutilizzo possibile

Considerando un raggio di circa 5 km intorno all'impianto, dalla carta di Uso del Suolo sono individuabili le seguenti aree agricole che potrebbero riutilizzare le acque reflue depurate.

Uso del Suolo	ha
Seminativo semplice irriguo	4200
Frutteti	130

Tabella 9: Uso del Suolo nelle aree limitrofe all'impianto di depurazione

Le dotazioni irrigue della Provincia di Bologna (dati del Piano di Tutela delle Acque regionale approvato in via definitiva con Delibera n. 40 dell'Assemblea legislativa il 21 dicembre 2005) per i frutteti sono stimate in 2.455 m<sup>3</sup>/ha/anno, mentre per altre colture irrigue si può assumere una dotazione media di 3.000 m<sup>3</sup>/ha/anno (naturalmente il dato preciso dipende dal tipo di coltura). In base a tali dati si può stimare il fabbisogno per l'irrigazione in circa **13 milioni m<sup>3</sup>/anno**.

Parametro mg/l	10/05/2007	18/07/2007	26/09/2007
P tot	1,7	4	5,6
NH4	1,45	0,8	0,06
NO3	9,3	8	20

Tabella 13: Concentrazioni di nutrienti in uscita dal depuratore di Castel San Pietro nel 2007

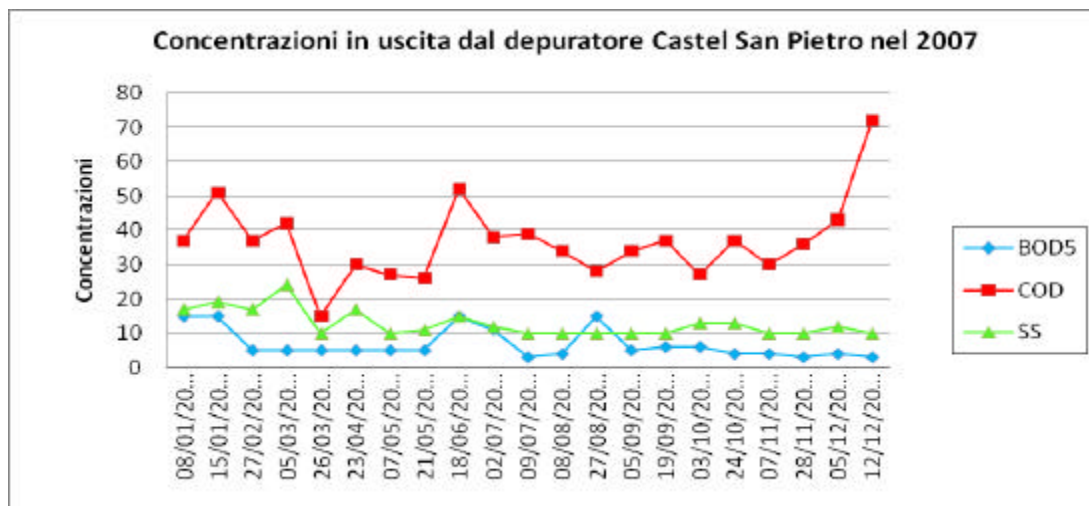


Figura 14: Concentrazioni in uscita dall'impianto di Castel S.Pietro nel 2007

BOD5	COD	SST
mg/L O2	mg/L O2	mg/L
6,81	36,76	12,86

Tabella 14: Concentrazioni medie in uscita da depuratore di Castel San Pietro nel 2007

#### 4.1 Riutilizzo possibile

Considerando un raggio di circa 3 km intorno all'impianto, dalla carta di Uso del Suolo sono individuabili le seguenti aree agricole che potrebbero riutilizzare le acque reflue depurate.

Uso del Suolo	ha
Seminativo semplice irriguo	2800

Tabella 15: Uso del Suolo nelle aree limitrofe all'impianto di depurazione

Le dotazioni irrigue della Provincia di Bologna (dati del Piano di Tutela delle Acque regionale approvato in via definitiva con Delibera n. 40 dell'Assemblea legislativa il 21 dicembre 2005) per le colture irrigue variano da 3.500 m<sup>3</sup>/ha/anno per gli ortaggi a 4000 m<sup>3</sup>/ha/anno a 1800



m<sup>3</sup>/ha/anno per le colture foraggere. Assumendo una dotazione media di 3.000 m<sup>3</sup>/ha/anno, il fabbisogno per l'irrigazione ammonta a in circa **8,4 milioni di m<sup>3</sup>/anno**.

#### 4.2 Interventi necessari

Dato il recente intervento di up-grading dell'impianto, si ritiene sufficiente come stadio di affinamento un sistema a flusso libero (FWS, con altezza d'acqua variabile fra 40 cm e 1 m) che tratti il 50% della portata effluente dal depuratore.

Potenzialità del depuratore (AE)	25.000
Portata media di progetto (200 l/ae)	5.000 (m <sup>3</sup> /d)
Portata media di progetto del FWS	2.500 (m <sup>3</sup> /d)

Tabella 16: Dati di progetto

Superficie FWS	12.500 m <sup>2</sup>
Tempo di ritenzione idraulico (h <sub>m</sub> = 40 cm)	2 d

Tabella 17: Caratteristiche del sistema di trattamento

Il costo dell'intervento è stimabile in 625.000 €, assumendo un costo unitario di 50 €/m<sup>2</sup>.

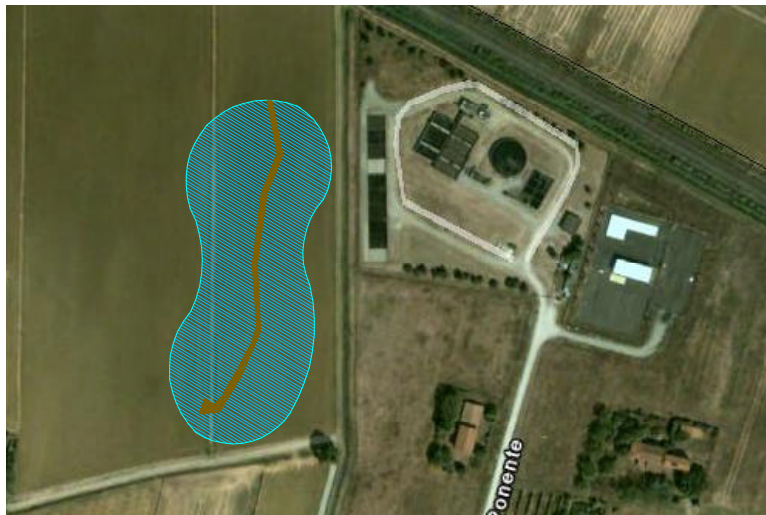


Figura 15: Vista aerea dell'impianto di post-trattamento

L'area individuata in via preliminare per la realizzazione del post-trattamento è classificata secondo il PRG del Comune di Castel San Pietro Terme come area agricola dell'alta pianura.

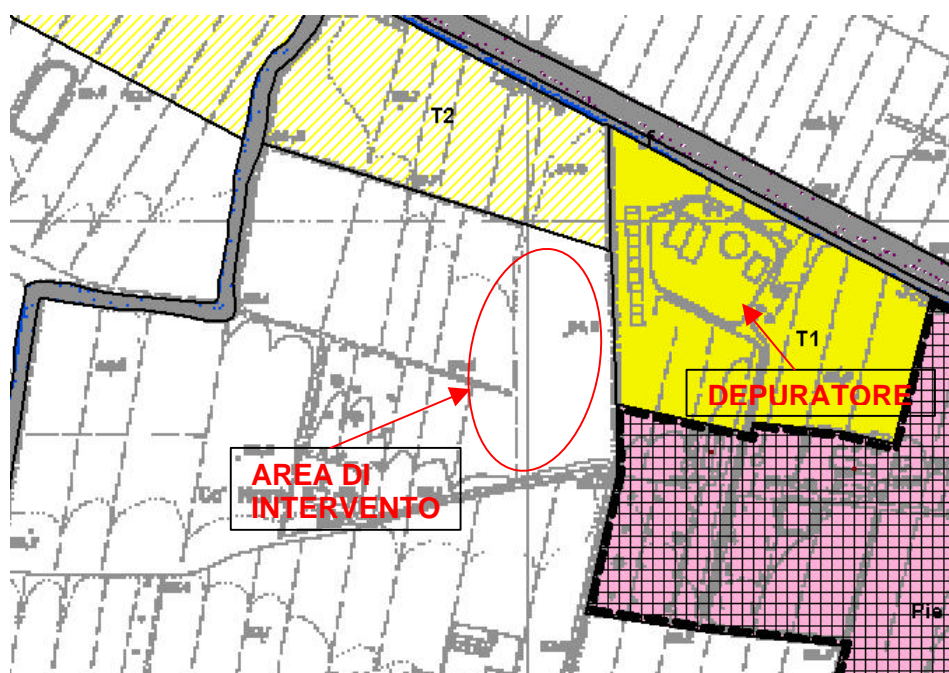


Figura 16: Estratto del PRG del Comune di Castel San Pietro Terme

## 5 IMOLA SANTERNO

### 5.1 Descrizione sintetica dell'impianto

Denominazione	Tipologia	Potenzialità di progetto (AE)	AE serviti da aut. scarico	Q annua (m <sup>3</sup> /anno)	Q max giornaliera di progetto	Bacino recettore
Imola – Santerno	Biologico a fanghi attivi	74.555	75.000	3.938.561	11.300	Reno

Il depuratore scarica direttamente nel Torrente Santerno.

Schema d'impianto:

Linea acqua:

- Sollevamento iniziale;
- grigliatura (una a pulizia meccanica ed una a pulizia manuale);
- desabbiatura e disoleazione;
- sedimentazione primaria (n.3 vasche);
- denitrificazione;
- ossidazione biologica;
- sedimentazione finale (n.2 sedimentatori);
- finissaggio in appositi bacini posizionati a valle del depuratore;
- disinfezione con ipoclorito di sodio da attivarsi solo in caso di scarico da bypass dei bacini di finissaggio finali.
- 

Linea fanghi:

- pre-ispessimento fanghi;
- digestione anaerobica;
- post-ispessimento fanghi;
- disidratazione fanghi con nastro pressa.

MESE	m <sup>3</sup>
Gennaio	456744
Febbraio	371906
Marzo	455199
Aprile	355604
Maggio	404265
Giugno	338820



Luglio	317912
Agosto	284297
Settembre	327764
Ottobre	704588
Novembre	450000
Dicembre	441140
TOT	4908239

Tabella 18: Portate mensili del 2007

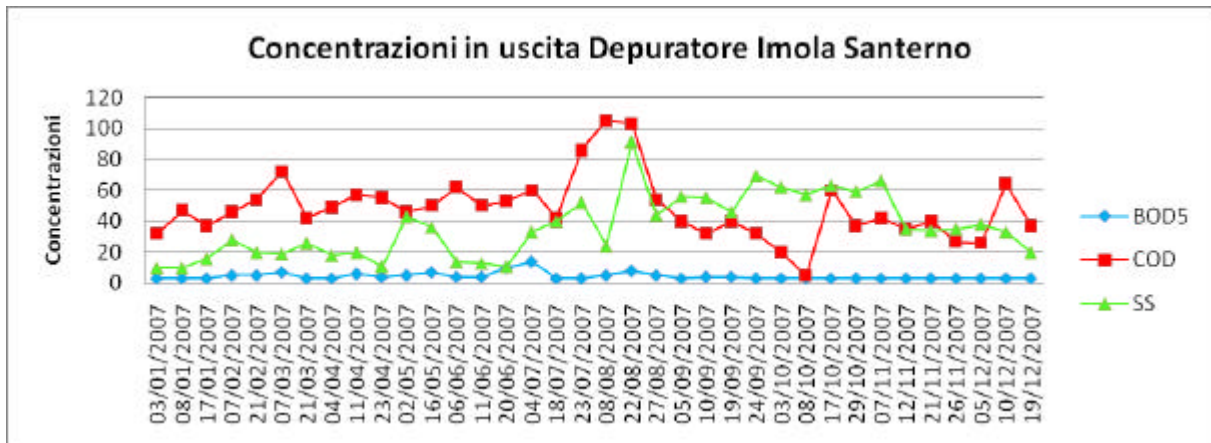


Figura 17: Concentrazioni in uscita depuratore di Imola Santerno (dopo finissaggio) nel 2007

Parametro	Concentrazione media in uscita
BOD5 (mg/L O <sub>2</sub> )	4,4
COD (mg/L O <sub>2</sub> )	48,3
P tot (mg/L)	1,3
SST (mg/L)	36,3

Tabella 19: Concentrazioni medie in uscita 2007

	P tot mg/L P	NH <sub>4</sub> mg/L NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub> mg/L N
01/02/2006	1,5	12,8	8,2
05/04/2006	1,9	7,5	8,98
08/06/2006	1,1	0,3	8,6
22/08/2006	0,97	1,8	7,1
11/10/2006	1	3	6,9
29/11/2006	1,6	1,45	5,7
MEDIA	1,3	4,5	7,6

Tabella 20: Concentrazioni di nutrienti in uscita dall'impianto di Imola Santerno nel 2006

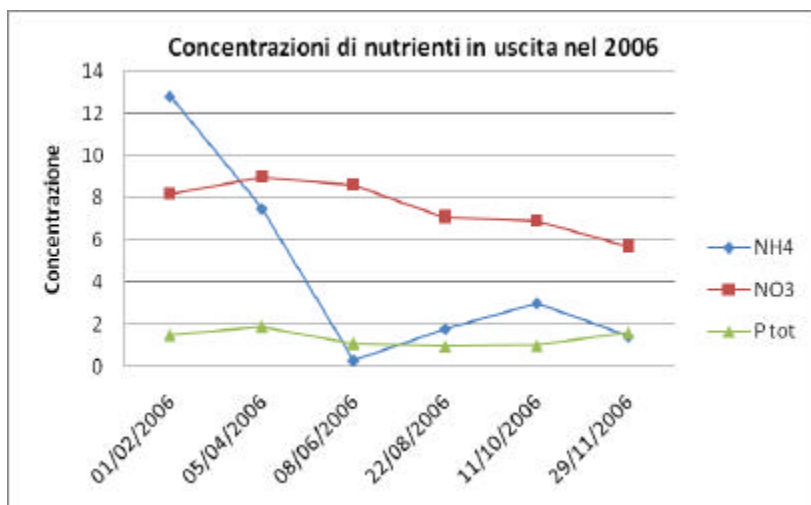


Figura 18: Concentrazioni di nutrienti in uscita dal depuratore di Imola Santerno nel 2006

## 5.2 Riutilizzo possibile

Considerando un raggio di circa 3 km intorno all'impianto, dalla carta di Uso del Suolo sono individuabili le seguenti aree agricole che potrebbero riutilizzare le acque reflue depurate.

Uso del Suolo	ha
Seminativo semplice irriguo	490
Frutteti	840

Tabella 21: Uso del Suolo nelle aree limitrofe all'impianto di depurazione

Le dotazioni irrigue della Provincia di Bologna (dati del Piano di Tutela delle Acque regionale approvato in via definitiva con Delibera n. 40 dell'Assemblea legislativa il 21 dicembre 2005) per i frutteti sono stimate in 2.455 m<sup>3</sup>/ha/anno, mentre per altre colture irrigue si può assumere una dotazione media di 3.000 m<sup>3</sup>/ha/anno (naturalmente il dato preciso dipende dal tipo di coltura). In base a tali dati si può stimare il fabbisogno per l'irrigazione in circa **3,5 milioni m<sup>3</sup>/anno**.

## 5.3 Interventi necessari

Il sistema di post-trattamento è finalizzato al raggiungimento di concentrazioni in uscita tali da permettere il riutilizzo dell'effluente (D.M. 12/06/2003 n.185). In particolare, il trattamento è stato dimensionato per la rimozione dell'azoto ammoniacale, la cui concentrazione deve essere inferiore a 2 mg/L. Il sistema di post-trattamento potrà essere realizzato sfruttando i bacini di finissaggio esistenti (90.000 m<sup>2</sup>) e sarà costituito da uno stadio di lagunaggio, seguito da un sistema di fitodepurazione a flusso verticale (SFS-v) e da un sistema a flusso libero orizzontale (FWS).

È stato eseguito un dimensionamento di massima che tenesse conto dei seguenti aspetti:

- Secondo le informazioni fornite da ATO/Hera, il depuratore di Imola Gambellara verrà dismesso e i reflui interamente conferiti all'impianto di Imola Santerno;
- Potenzialità attuale dell'impianto: 105.000 ae;
- Espansione demografica nell'area: 5%;
- Portata di progetto post-trattamento: 50% dell'effluente dall'impianto di depurazione.

Potenzialità attuale	105.000 ae
Portata media giornaliera teorica	21.000 m <sup>3</sup> /g
Portata media registrata	15.342 m <sup>3</sup> /g
Coefficiente di espansione demografica	1,05
Portata di progetto post-trattamento	8.050 m <sup>3</sup> /g
Concentrazione di NH4 in ingresso	6 mg/L
Concentrazione di NH4 richiesta in uscita	2 mg/L

Tabella 22: Dati di progetto

Tipo di trattamento	Superficie (m <sup>2</sup> )
Lagunaggio	40.000
SFS-v	40.000
FWS	20.000

Tabella 23: Caratteristiche del sistema di trattamento

Nella seguente figura, si riporta la sovrapposizione su immagine satellitare dell'area dell'ipotesi di intervento.




Legenda	
Lagunaggio	
FWS	
SFS-v	

Tabella 24: Simbologia degli interventi





Figura 19: Vista satellitare dell'area interessata dal sistema di post-trattamento

In base all'attuale PRG, l'intervento di post-trattamento interesserebbe l'area attualmente occupata dagli stagni di finissaggio e un'ulteriore area ad essa adiacente, classificata come zona di preminente interesse agricolo.

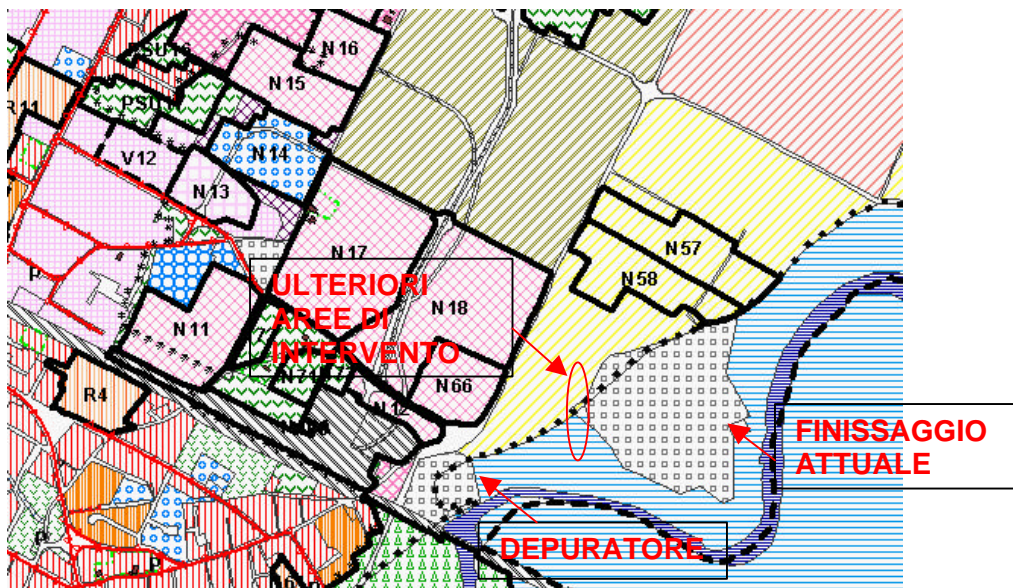


Figura 20: Estratto del PRG del Comune di Imola

<b>STIMA ECONOMICA DELL'INTERVENTO</b>		
stazione di pompaggio per alimentazione VF	€ 198.000,00	
tubazioni di alimentazione	€ 150.000,00	
Sistemi di fitodepurazione a flusso sommerso	€ 3.200.000,00	
Sistemi di fitodepurazione a flusso libero	€ 400.000,00	
opere accessorie	€ 118.440,00	
	<b>€ 4.066.440,00</b>	
Costo unitario del post-trattamento	€ 38,70	€/AE

Tabella 25: Stima dei costi d'intervento

<b>STIMA DEI COSTI DI GESTIONE</b>		
taglio piante	€ 35.000,00	
costo energia elettrica	€ 26.950,00	
manutenzioni straordinarie pompe	€ 5.940,00	
manodopera per ispezioni e controlli	€ 10.000,00	
	<b>€ 77.890,00</b>	
Costo unitario	€ 0,74	€/ae

Tabella 26: Stima dei costi di gestione

## 6 OZZANO DELL'EMILIA – PONTE RIZZOLI

### 6.1 Descrizione sintetica dell'impianto

Denominazione	Tipologia	Potenzialità di progetto (AE)	AE serviti da aut. scarico	Q annua (m <sup>3</sup> /anno)	Q max giornaliera di progetto	Bacino recettore
Ozzano dell'Emilia Ponte Rizzoli	Biologico a fanghi attivi	10.000	10.000	920.000	2524	Reno

Il depuratore attualmente dimensionato per 10.000 A.E. è oggetto di un intervento di ampliamento ed miglioramento impiantistico che prevede la realizzazione di una nuova linea di trattamento per ulteriori 20.000 A.E.. Il depuratore di Ponte Rizzoli al termine delle opere di ampliamento ed adeguamento tratterà anche tutti i reflui attualmente depurati dal depuratore di Via Ambiente che verrà quindi dismesso.

E' già attivo un collettore fognario che devia dal depuratore Capoluogo-Via Ambiente al depuratore di Ponte Rizzoli un parte delle acque reflue urbane al fine di ottimizzarne il rendimento (3000 A.E. da Ponte Rizzoli e 7000/10000 A.E. dal capoluogo).

L'impianto scarica nello Scolo Marzano (Consorzio della Bonifica Renana) in un tratto di valle dove il Consorzio della Bonifica Renana ha pubblicamente dichiarato (Conferenza servizi per valutazione screening del Progetto ampliamento depuratore) di non prevedere uno specifico uso irriguo diretto in quanto l'acqua derivata a monte dalle acque sotterranee per qualità e portata sarà sufficiente agli usi irrigui attuali e futuri.

La configurazione impiantistica attuale (10.000 A.E.) è basata su un trattamento a fanghi attivi costituito dalle seguenti fasi di trattamento:

#### Linea acqua:

- Grigliatura fine con compattazione del grigliato;
- Sollevamento liquami in ingresso;
- Dissabbiatura areata-disoleatura;
- Pre-denitrificazione;
- Ossidazione ad aerazione prolungata;
- Sedimentazione secondaria;
- Disinfezione con acido per acetico.

#### Linea fanghi:

- Sollevamento fanghi;
- Ispessimento meccanizzato fanghi di supero;
- Disidratazione fanghi con centrifuga;



- Letti di essiccamento di emergenza;
- Letto di raccolta sabbie ed oli.

Il progetto di ampliamento prevede la realizzazione di una nuova distinta linea di trattamento dotata anche di filtrazione a membrane.

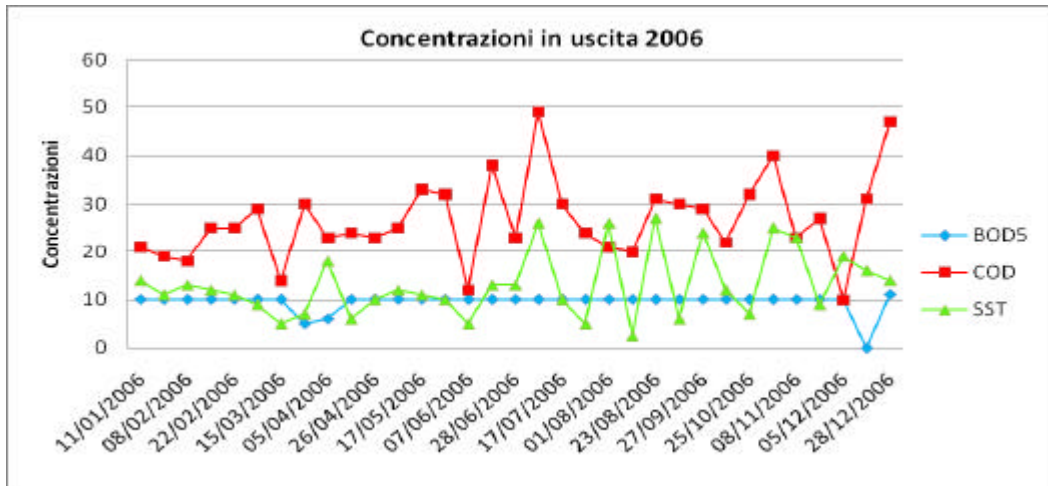


Figura 21: Concentrazioni di BOD5, COD e SST in uscita dal depuratore di Ozzano Emilia (Ponte Rizzoli) nel 2006

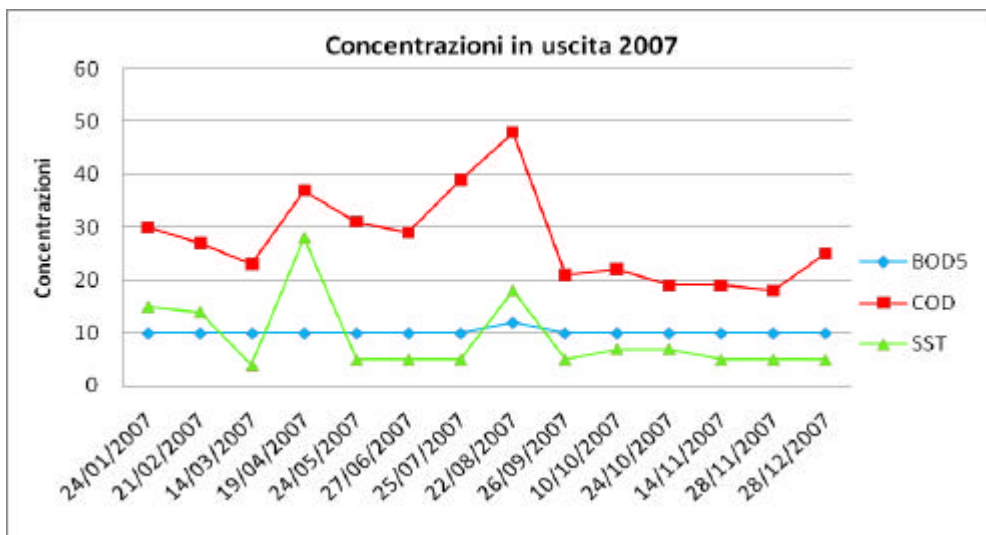


Figura 22: Concentrazioni di BOD5, COD e SST in uscita dal depuratore di Ozzano Emilia (Ponte Rizzoli) nel 2007

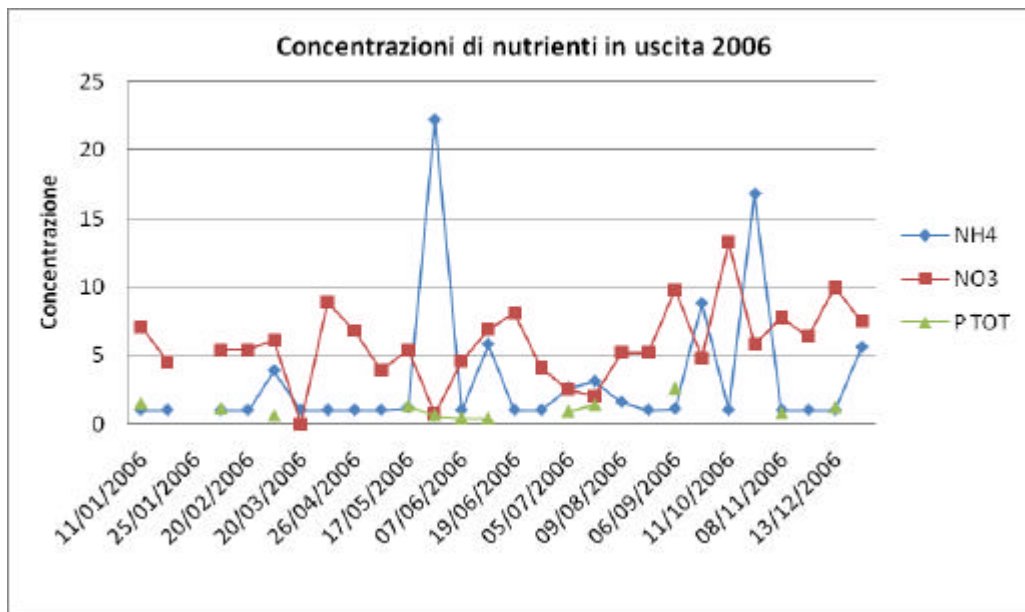


Figura 23: Concentrazioni di nutrienti in uscita dall'impianto di Ozzano Emilia (Ponte Rizzoli) nel 2006

NH4	TKN	NO3	NO2	BOD5	COD	P TOT	SST
mg/L NH4	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L O2	mg/L O2	mg/L	mg/L
3,3	5,6	5,9	0,5	9,5	26,6	1,1	12,8

Tabella 27: Concentrazioni medie in uscita da depuratore di Ponte Rizzoli

Anno	Depuratore	m <sup>3</sup> /anno	Depuratore	m <sup>3</sup> /anno
2005	Ponte Rizzoli	507.387	Ozzano Capoluogo	873.102
2006	Ponte Rizzoli	485.249	Ozzano Capoluogo	835.008
2007	Ponte Rizzoli	612.910	Ozzano Capoluogo	601.106

Tabella 28: Portate trattate dai depuratori di Ozzano – Ponte Rizzoli e Ozzano Capoluogo

## 6.2 Riutilizzo possibile

Considerando un raggio di circa 3 km intorno all'impianto, dalla carta di Uso del Suolo sono individuabili le seguenti aree agricole che potrebbero riutilizzare le acque reflue depurate.

Uso del Suolo	ha
Seminativo semplice irriguo	1968

Tabella 29: Uso del Suolo nelle aree limitrofe all'impianto di depurazione

Le dotazioni irrigue della Provincia di Bologna (dati del Piano di Tutela delle Acque regionale approvato in via definitiva con Delibera n. 40 dell'Assemblea legislativa il 21 dicembre 2005) per le colture irrigue variano da 3.500 m<sup>3</sup>/ha/anno per gli ortaggi a 4000 m<sup>3</sup>/ha/anno a 1800 m<sup>3</sup>/ha/anno per le colture foraggere. Assumendo una dotazione media di 3.000 m<sup>3</sup>/ha/anno, il fabbisogno per l'irrigazione ammonta a in circa **6 milioni di m<sup>3</sup>/anno**.

### 6.3 Interventi necessari

Il sistema di post-trattamento è finalizzato al raggiungimento di concentrazioni in uscita tali da permettere il riutilizzo dell'effluente (D.M. 12/06/2003 n.185). Visto che le concentrazioni medie in uscita dall'attuale depuratore di Ponte di Rizzoli sono già conformi alla Normativa sul riutilizzo (fatta eccezione per l'azoto ammoniacale) e che la nuova linea sarà dotata in un sistema di filtrazione a membrana, si prevede come stadio di affinamento un sistema a flusso libero (FWS), con altezza d'acqua variabile fra 40 cm e 1 m, per il trattamento del 50% della portata in uscita dal depuratore.

Potenzialità del depuratore (AE)	30.000
Portata media di progetto (200 l/ae)	6.000 (m <sup>3</sup> /d)
Portata di progetto in base ai dati registrati (150 l/ae)	4.500 (m <sup>3</sup> /d)
Portata di progetto FWS	3.000 (m <sup>3</sup> /d)

Tabella 30: Dati di progetto

Superficie FWS	15.000 m <sup>2</sup>
Tempo di ritenzione idraulico (h <sub>m</sub> = 40 cm)	2 d

Tabella 31: Caratteristiche del sistema di trattamento

Il costo dell'intervento è stimabile in 750.000 €, assumendo un costo unitario di 50 €/m<sup>2</sup>.



Figura 24: Vista aerea dell'area del post-trattamento

L'area individuata in via preliminare per la realizzazione del post-trattamento è classificata come territorio agricolo dal PRG del Comune di Ozzano dell'Emilia.

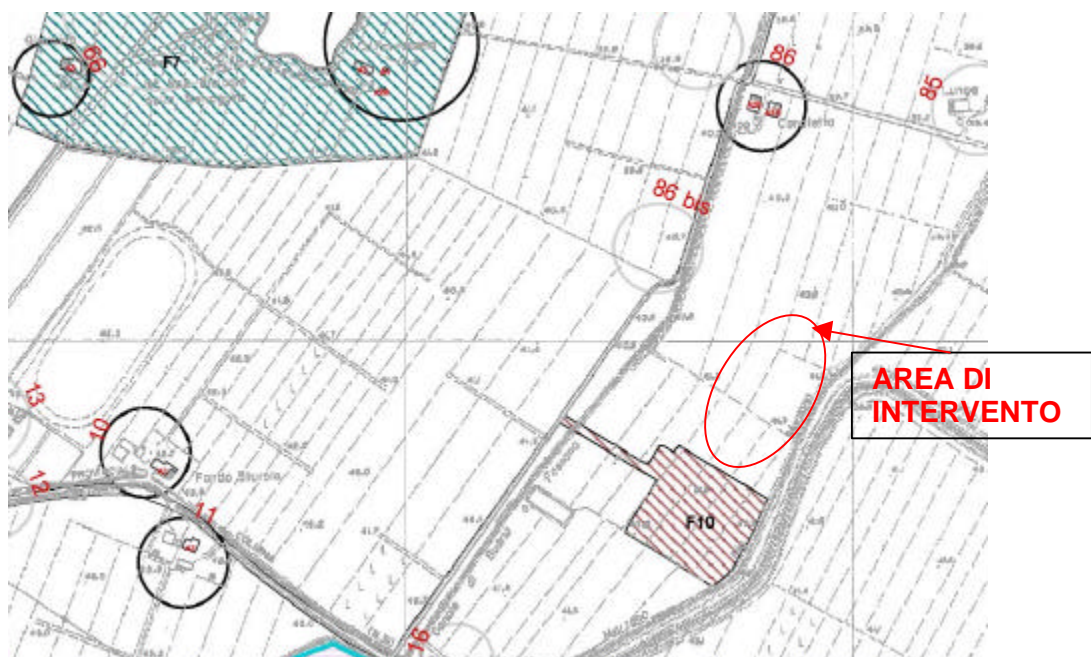


Figura 25: Estratto del PRG del Comune di Ozzano dell'Emilia



## **7 CONCLUSIONI**

A seguito della valutazione impiantistica esposta nei precedenti paragrafi, è stato ritenuto che, nelle more dell'approvazione del Piano di riutilizzo da elaborare entro il 31/12/2009 (vedi Art 5.3 co.8 NTA PTCP), ATO 5 possa avviare, di concerto con i consorzi di bonifica competenti per il riuso delle acque, la progettazione delle opere necessarie a permettere il riutilizzo delle acque scaricate per i seguenti impianti di depurazione, in modo da predisporre il progetto preliminare entro il 2010:

- Bazzano;
- Bologna – Corticella;
- Castel S.Pietro Terme;
- Imola – Santerno (che tratterà anche gli scarichi attualmente recapitati al vecchio impianto di Imola - Gambellara, che sarà dimesso);
- Ozzano Ponte Rizzoli (che tratterà anche gli scarichi attualmente recapitati al vecchio impianto di Ozzano, che sarà dimesso).

Gli interventi previsti dai Piani di riutilizzo vengono inseriti nella programmazione del Piano d'Ambito con priorità per il riuso di una parte della portata in uscita dal depuratore di Bologna Corticella e Imola Santerno entro il 2016.



**VARIANTE IN RECEPIMENTO  
DEL PIANO REGIONALE DI TUTELA DELLE ACQUE**

**ALLEGATO 4**  
**Linee guida per il trattamento di case e nuclei isolati  
mediante fitodepurazione**

a cura di  
Fabio Masi, Riccardo Bresciani



con la collaborazione di



## SCHEMI DI IMPIANTO

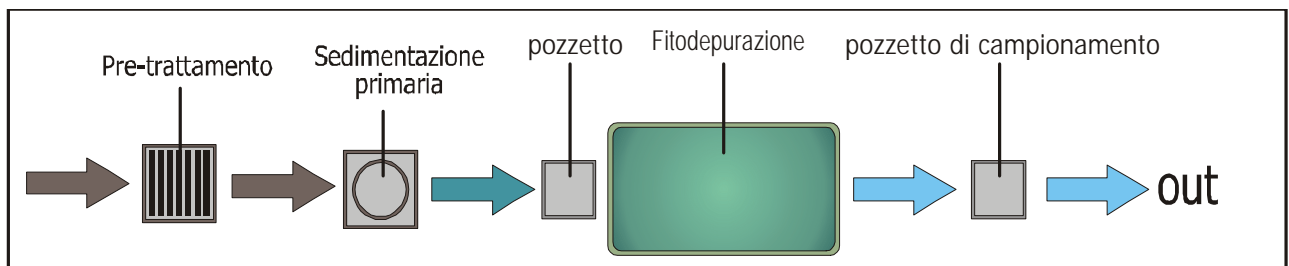
La scelta dello schema di impianto dipende fundamentalmente dai seguenti fattori:

- caratteristiche del refluo da trattare;
- obiettivi depurativi;
- disponibilità di superficie;
- morfologia dell'area di realizzazione dell'impianto.

Lo schema generale deve comunque prevedere:

- uno stadio di trattamento preliminare, per i casi di utenza medio-grande, per l'eliminazione dei solidi grossolani;
- uno stadio di sedimentazione primaria;
- lo stadio di trattamento secondario mediante sistema di fitodepurazione;
- un eventuale stadio di trattamento terziario.

Di seguito si riporta lo schema generale di un impianto di fitodepurazione per un'utenza media:



A seconda dei casi, quindi, le soluzioni possibili sono molteplici. Le situazioni più frequenti e caratteristiche si possono così descrivere:

Abitazione isolata (con e senza separazione)

Gruppo di abitazioni  $AE < 50$

Centro abitato  $50 < AE < 2000$

Centro abitato  $AE > 2000$

## **SISTEMI DI PRE-TRATTAMENTO E TRATTAMENTO PRIMARIO**

La scelta di sistemi di pre-trattamento adeguati al tipo di liquame da trattare è fondamentale per garantire il funzionamento e la durata di un impianto di fitodepurazione; cioè, il loro scopo è quello di rimuovere la maggior parte dei solidi contenuti nel refluo.

Specialmente quando la fognatura è di tipo misto, si deve prevedere un trattamento preliminare di **grigliatura**; se dopo il trattamento primario è previsto uno stadio a flusso sommerso orizzontale può essere sufficiente una grigliatura medio-fine, con spaziatura delle barre di 1-2 cm, mentre se si prevede l'utilizzo di sistemi a flusso sommerso verticale al primo stadio è consigliabile una grigliatura fine o rotostaccio, con spaziatura di 0,2-0,5 cm. La griglia può essere del tipo manuale, soprattutto negli impianti di taglia più piccola (a.e.< 200), oppure dotata di meccanismi di automazione, consentendo la raccolta del materiale grigliato tramite appositi pettini pulitori e nastri trasportatori.

Sempre nel caso di fognatura di tipo misto, si dovrà prevedere uno **scolmatore delle acque di pioggia**, possibilmente dopo il comparto di grigliatura, in modo che la portata addotta all'impianto non dovrà superare la portata massima prevista nel sedimentatore.

Il **trattamento primario** deve essere tale da permettere la rimozione di almeno il 60% dei solidi sospesi sedimentabili ed a questo scopo sono comunemente utilizzate vasche settiche tipo Imhoff, vasche settiche tricamerale, fino alle comuni vasche di sedimentazione primaria.

Le **vasche settiche tricamerale** sono particolarmente efficienti come trattamento primario di impianti di fitodepurazione se si garantiscono adeguati tempi di detenzione del liquame. Il loro volume utile può variare da 0,3 a 0,5 mc per a.e. La vasca è suddivisa in tre camere distinte, collegate idraulicamente in serie. Per evitare numerosi svuotamenti è consigliabile che la prima vasca abbia un volume almeno doppio delle altre due. La vasca dovrà essere rettangolare con la lunghezza non inferiore a due volte e non superiore a quattro volte la larghezza. I dispositivi per l'afflusso e l'efflusso dei liquami, così come quello per la comunicazione da una camera all'altra, realizzati a "T", di diametro non inferiore a cm 10, dovranno immergersi almeno di 30 cm al di sotto del livello del liquido. Fra i comparti, sopra il livello liquido, occorre provvedere a fori di ventilazione in modo da mantenere uniforme la pressione; occorre inoltre garantire una ventilazione esterna con lo scopo di evacuare i gas odoriferi prodotti dalla fermentazione.



Le **vasche settiche tipo Imhoff** rappresentano un valido sistema di trattamento primario dei reflui: tecnicamente tali fosse sono unità in cui vengono associate le funzioni di separazione dei solidi sedimentabili (sedimentazione primaria) e di digestione anaerobica dei fanghi separati nel processo di sedimentazione primaria, mantenendo separati i comparti in cui avvengono tali processi. I due distinti comparti sono rispettivamente uno superiore di sedimentazione, uno inferiore di accumulo e di digestione anaerobica dei fanghi sedimentati. Le vasche Imhoff hanno il vantaggio di operare, oltre alla sedimentazione, una parziale digestione dei solidi sedimentati. Il volume del comparto di sedimentazione deve essere dimensionato in modo da assicurare tempi di detenzione sulla portata di punta di tempo secco non inferiori a 1,5 h; il dimensionamento del comparto di digestione dipende, invece, essenzialmente dal numero di svuotamenti che si vuole ottenere.

Infine, le **vasche di sedimentazione primaria**, così come i **lagunaggi**, sono poco utilizzati in quanto essendo le vasche aperte superiormente possono causare la diffusione di cattivi odori e aerosol. È preferibile il loro utilizzo agli impianti di taglia più grande e quando l'ubicazione del trattamento lo consenta.

Nei casi in cui l'impianto di fitodepurazione serve utenze non allacciate alla fognatura è, inoltre, importante prevedere un trattamento di separazione degli oli e dei grassi delle acque grigie prima della confluenza con le restanti, poiché migliora la rimozione e limita la formazione di composti solidi nei trattamenti primari. Questo trattamento può essere realizzato mediante l'installazione di pozzetti degrassatori a piè d'utenza. Il **pozzetto degrassatore** è una fossa monocamerale separata internamente da diaframmi verticali: viene imposto al refluo un moto discensionale-ascensionale in modo da effettuare il trattenimento di schiume, oli e materiale in galleggiamento. I dispositivi per l'afflusso e l'efflusso delle acque, realizzati a "T" rovesciata, del diametro non inferiore a cm 10, dovranno immergersi almeno di cm 30 al di sotto del livello del liquido. La capacità utile complessiva, tenendo conto della sola altezza liquida, dovrà essere almeno di 0,100 mc per abitante equivalente e comunque al minimo 0,5 mc.

## SISTEMI A FLUSSO SOMMERSO ORIZZONTALE – HF

### Dimensionamento

Nella seguente tabella sono riportate delle indicazioni sui parametri per il dimensionamento delle superfici utili richieste per il trattamento di liquami civili, basate sulle metodiche di dimensionamento ritenute più adeguate a livello scientifico internazionale e in funzione degli obiettivi depurativi più comuni previsti dal quadro normativo italiano.

Come già accennato, comunque, la scelta dello schema impiantistico e il dimensionamento di un impianto di fitodepurazione dipendono da molteplici altri fattori, come la tipologia di reflujo, l'oscillazione dell'utenza, il clima, etc.

Potenzialità dell'impianto	Obiettivi depurativi	HF	VF	Sistema ibrido
a.e. < 50	scarico in acque superficiali (trattamento appropriato)	<b>2-4 m<sup>2</sup>/a.e.</b>	2-5 m <sup>2</sup> /a.e.	2-4 m <sup>2</sup> /a.e.
50 < a.e.< 2000	scarico in acque superficiali (trattamento appropriato)	<b>2-4 m<sup>2</sup>/a.e.</b>	2-5 m <sup>2</sup> /a.e.	2-4 m <sup>2</sup> /a.e.
50 < a.e.< 2000	scarico in acque superficiali in area sensibile (trattamento appropriato)	<b>4-6 m<sup>2</sup>/a.e.</b>	4-6 m <sup>2</sup> /a.e.	3-5 m <sup>2</sup> /a.e.
50 < a.e.< 2000	scarico su suolo Tab. 4 – All. 5 Parte Terza D.L.152/06 (trattamento appropriato alla risorsa idrica sotterranea)	<b>4-6 m<sup>2</sup>/a.e.</b>	4-6 m <sup>2</sup> /a.e.	3-5 m <sup>2</sup> /a.e.
a.e. > 2000	scarico in acque superficiali Tab. 1-3 – All. 5 Parte Terza D.L.152/06	<b>&gt;10 m<sup>2</sup>/a.e.</b>	4-6 m <sup>2</sup> /a.e.	2-5 m <sup>2</sup> /a.e.
a.e. > 2000	scarico in acque superficiali in area sensibile Tab. 1-3 – All. 5 Parte Terza D.L.152/06 (trattamento appropriato per N e P)	<b>sconsigliato</b>	4-6 m <sup>2</sup> /a.e.	3-6 m <sup>2</sup> /a.e.
a.e. > 2000	scarico su suolo Tab. 4 – All. 5 Parte Terza D.L.152/06	<b>sconsigliato</b>	5-7 m <sup>2</sup> /a.e.	4-7 m <sup>2</sup> /a.e.

### **Geometria e configurazione delle vasche**

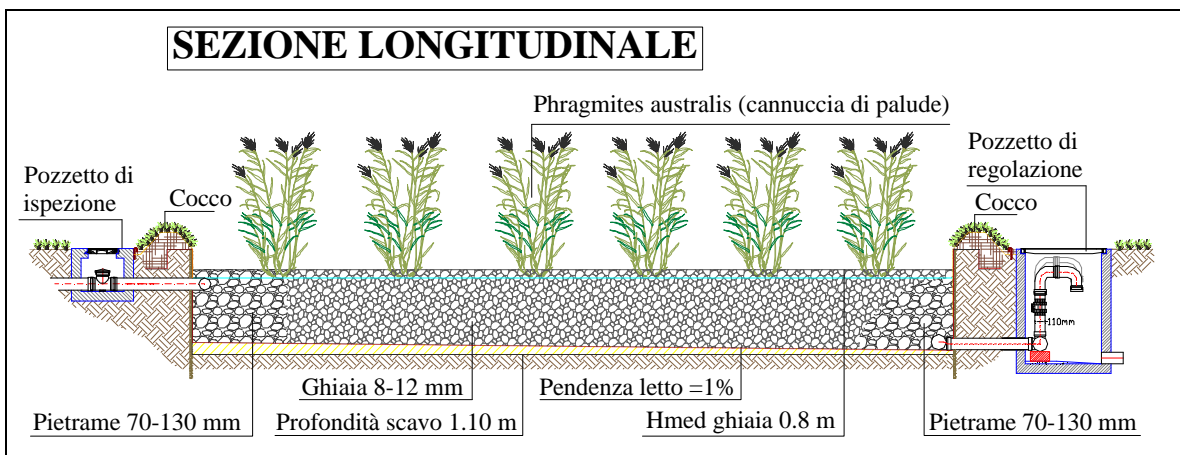
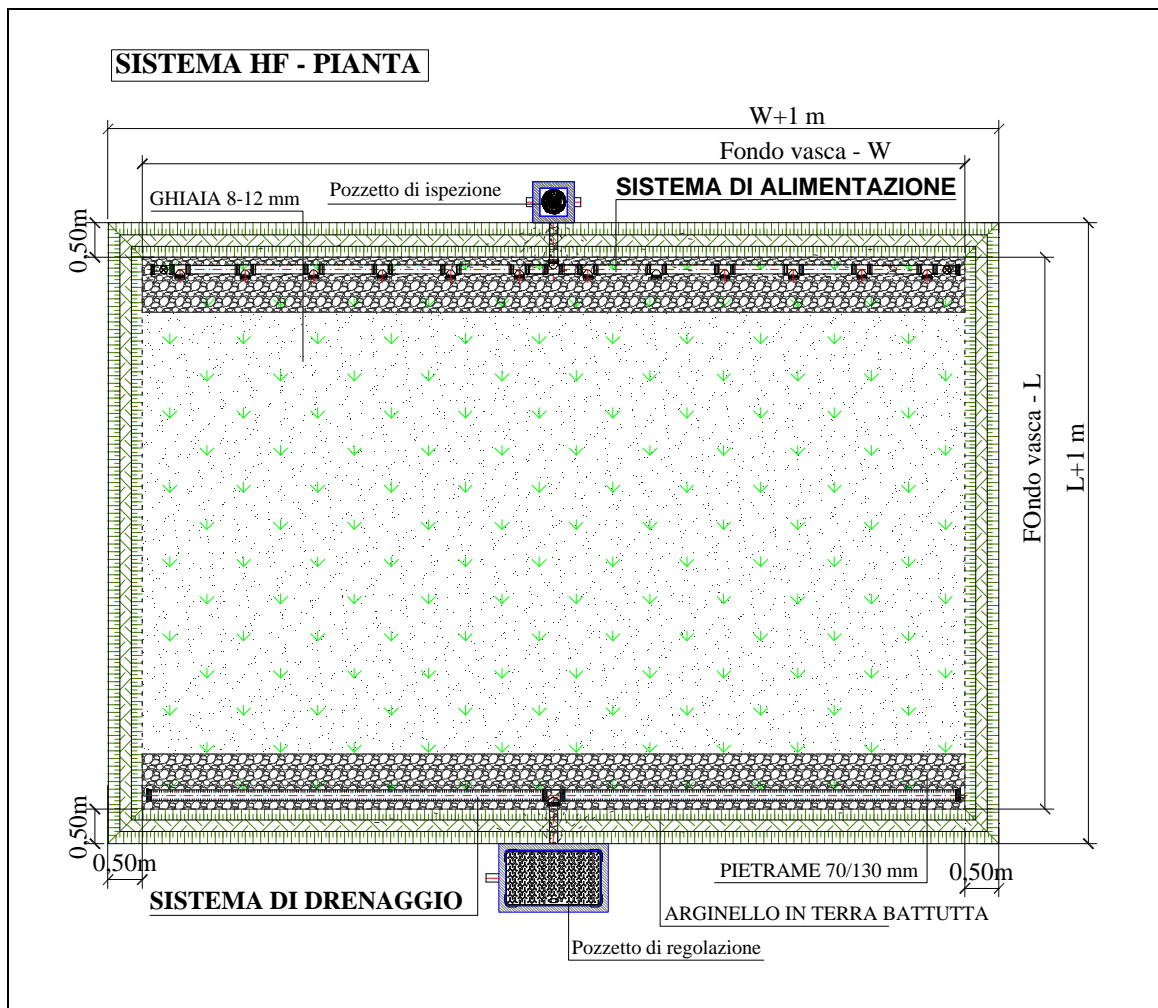
La forma di una vasca a flusso sommerso orizzontale deve essere necessariamente rettangolare.

La pendenza del fondo del letto può variare dall'1 al 5%, compatibilmente con i calcoli di verifica sulla geometria della vasca.

La lunghezza del letto non dovrà essere eccessiva e, comunque, tale da evitare un'altezza alla sezione di ingresso troppo limitata ed allo stesso tempo un'altezza alla sezione di uscita in accordo con la profondità massima raggiungibile dall'apparato radicale dell'essenza vegetale prescelta; d'altro canto non dovrà essere troppo limitata (almeno maggiore di 4 m).

Il rapporto L/W può variare notevolmente, nel rispetto delle indicazioni riportate, da un minimo di 0,5 ad un massimo di 3.

La larghezza ottenuta alla fine dell'iter progettuale dovrà, comunque, essere tale da assicurare una uniforme distribuzione del refluo su tutta la sezione di ingresso; compatibilmente con il sistema di alimentazione scelto è consigliabile non avere valori di W eccessivi e suddividere, quindi, lo stadio di trattamento in più letti in parallelo. La configurazione dei letti disposti su più linee in parallelo è auspicabile, soprattutto, per gli impianti di taglia più grande, in modo da facilitare le operazioni di manutenzione delle vasche.





## Movimenti terra

Durante la fase iniziale dei movimenti terra per la creazione dei terrazzamenti atti a contenere le vasche si deve aver cura di accatastare in sito la parte superficiale del terreno asportato per poterlo spargere a fine lavori sul profilo modificato.

Le superfici non direttamente interessate da manufatti o vasche dell'impianto devono essere rettificata e modellata per permettere il ruscellamento delle acque meteoriche verso i fossetti naturali di drenaggio, ma non spianate eccessivamente, per evitare che all'impatto visivo si presentino superfici troppo artificializzate.

Gli scavi di sbancamento verranno realizzati a partire dall'area destinata ai sistemi a flusso sommerso. Il fondo dello scavo dovrà essere stabile ed accuratamente livellato prima della posa del letto di sabbia e dei rivestimenti, in modo da evitare pietre affioranti ed avvallamenti.



## Impermeabilizzazione

Per evitare fenomeni di inquinamento del sottosuolo, i bacini di depurazione devono essere impermeabilizzati, utilizzando a tale scopo geomembrane sintetiche o bentonitiche ed escludendo, invece, i manufatti in cemento per una questione di costi di realizzazione e dismissione, di sicurezza di tenuta idraulica e, quindi, di compatibilità ambientale.

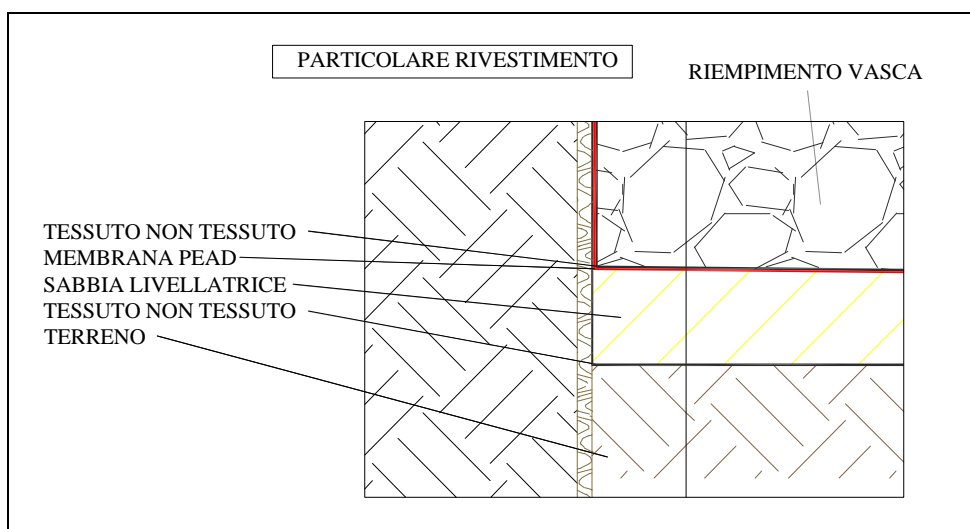
La possibilità di utilizzare terreno argilloso, pur essendo la più economica, è limitata dalla permeabilità del terreno stesso, che deve essere molto bassa, indicativamente pari a  $K_s < 10^{-8}$  m/s, e con la quota di falda a non meno di un metro sotto la base del letto.

In genere, sono preferiti i manti sintetici, che utilizzano materiali quali:

- polietilene a bassa ed alta densità (PE);
- PVC;
- Polipropilene.

Gli spessori dei teli sono variabili: da 0,5 a 2 mm. Le saldature delle membrane possono essere realizzate in loco o in officina, mentre per le geomembrane bentonitiche dovranno essere previsti adeguati sormonti.

La geomembrana impermeabilizzante viene posata su uno strato di sabbia di almeno 5 mm e ricoperta da uno strato di tessuto non tessuto, per assicurare un minimo di protezione meccanica della membrana durante il riempimento con gli inerti. Il fondo scavo viene rivestito con tessuto non tessuto (tnt) in fibra minerale del tipo 250 gr/mq posto al di sotto dello strato di sabbia; lo strato andante di sabbia naturale sul fondo della vasca serve per ottenere la pendenza desiderata (determinata dalle verifiche idrauliche); al di sopra della geomembrana viene posto un rivestimento con tessuto non tessuto (tnt) in fibra minerale del tipo 250 gr/mq come elemento di protezione meccanica.





### Riempimenti

Il substrato ha un ruolo fondamentale nell'efficienza depurativa dell'impianto perché, oltre a fare da supporto alla vegetazione, rappresenta un filtro meccanico e chimico per alcune sostanze contenute nel refluo. Per questo la scelta del tipo di *medium* è strettamente correlata alle caratteristiche del liquame che si deve depurare.

Nei sistemi a flusso sommerso orizzontale deve essere assicurata una conducibilità idraulica di almeno 100 m/g, quindi è parimenti sconsigliato l'utilizzo di terreno vegetale e viene comunemente utilizzata ghiaia di granulometria variabile, pulita e lavata. Per individuare le miscele più adatte vengono effettuate delle prove di porosità e di conducibilità idraulica, oltre al calcolo della curva granulometrica.

Tipologia	dimensione grani (mm)	porosità (%)	conducibilità idraulica ( $K_s = m/d$ )
Sabbia	1-2	30-32	420-480
Ghiaia	8-16	35-38	500-800
Pietrisco	32-128	40-45	1200-1500

Nei sistemi a flusso sommerso orizzontale è generalmente utilizzata ghiaia del diametro medio compreso tra 4 e 16 mm; è consigliabile, inoltre, usare del pietrisco di almeno 80-120 mm per una lunghezza di almeno 1 m alla sezione di ingresso, per evitare fenomeni di intasamento.

La ghiaia prescelta è disposta in modo uniforme all'interno del letto, per uno spessore direttamente correlato alla profondità delle radici dell'essenza vegetale impiegata. Sono accettabili variazioni della granulometria in senso longitudinale; sono, invece,

sconsigliabili in senso altimetrico, in quanto si creano vie di scorrimento preferenziali del refluo con conseguente riduzione dei tempi di ritenzione stimati in fase di progetto.

La ghiaia da utilizzare come medium di riempimento dovrà essere il più possibile rotondeggiante; essa dovrà essere costituita da elementi omogenei, provenienti da rocce compatte, resistenti, non gessose né gelive e saranno da escludere quelle contenenti elementi di scarsa resistenza meccanica, sfaldati o sfaldabili, e quelle rivestite da incrostazioni; dovrà, inoltre, essere scevra da materie terrose, sabbia o comunque materie eterogenee.



### **Sistema di alimentazione**

In un sistema a flusso sommerso orizzontale il liquame in entrata può essere distribuito in diversi modi, solitamente i più frequenti sono:

- un canale a pelo libero, che alimenta a stramazzo la vasca in diversi punti;
- una tubazione forata o con elementi di distribuzione a T, collocata superficialmente o sommersa nel refluo

Questi due esempi presentano vantaggi e svantaggi a seconda delle portate in gioco e del tipo di trattamento che deve svolgere il sistema. Comunque, indipendentemente dalla scelta del sistema di distribuzione, è importante rispettare le condizioni di distribuzione del flusso uniforme lungo la larghezza del letto e rendere il sistema ispezionabile per un eventuale pulizia dello stesso: in tal senso sono generalmente da preferire collocazioni dei sistemi di alimentazione in superficie, limitando l'alimentazione sommersa ai casi in cui sono previsti lunghi periodi di ghiaccio.

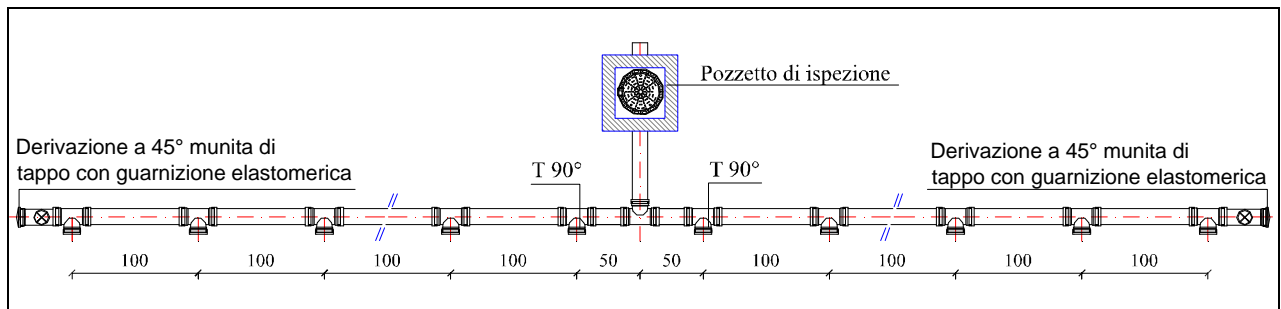
In ogni caso, deve essere realizzata una striscia trasversale di materiale inerte di grossa pezzatura, larga almeno 1 m, in modo da limitare al massimo gli intasamenti nella zona di ingresso, che potrebbero instaurare linee di flusso preferenziali all'interno del letto.

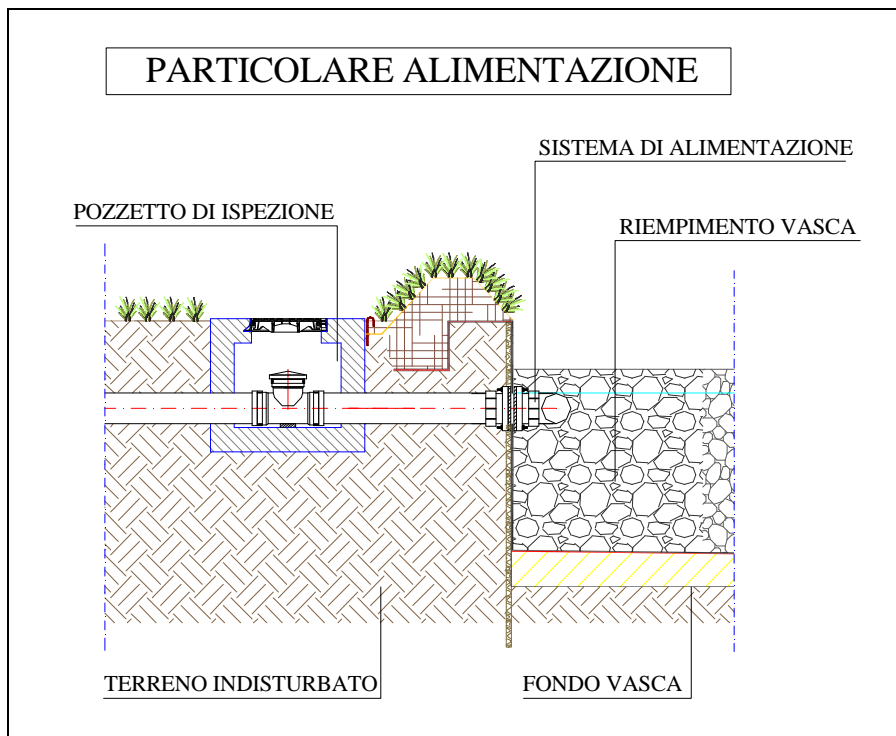


Se l'area è posta ad una quota inferiore allo scarico ( $H_{area} = H_{scarico} - L * 0,01$ ) il sistema a flusso sommerso orizzontale permette l'alimentazione continua a gravità.

I diametri impiegati dipendono essenzialmente dal carico idraulico previsto: si deve prevedere, comunque, anche per gli impianti più piccoli ad uso unifamiliare, un diametro minimo di 90 mm onde evitare intasamenti.

La larghezza del sistema di alimentazione è, in genere, uguale alla larghezza della vasca; per vasche molto larghe (maggiori di 15 m) può però convenire realizzare due o più moduli uguali di sistema di alimentazione, ripartendo equamente il refluo tra le varie linee.

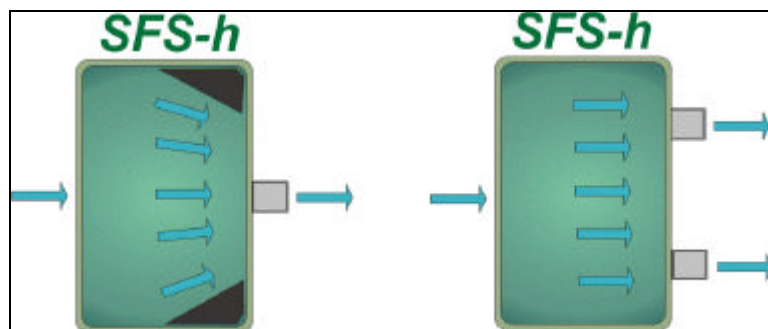




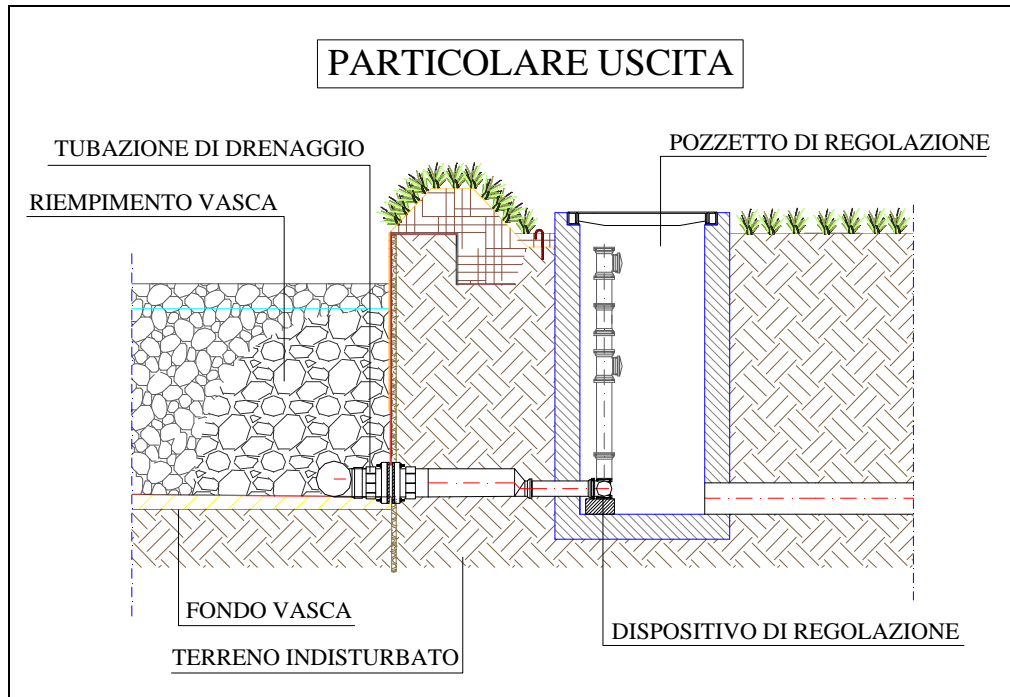
### Sistema di uscita

I sistemi di uscita sono spesso realizzati con una tubazione drenante posta sul fondo al piede della scarpata della vasca, per tutta la sua larghezza, e collegata con una tubazione ad un pozzetto, in cui è alloggiato il dispositivo che garantisce la regolazione del livello idrico all'interno del sistema.

Qualora la vasca abbia una larghezza maggiore di 25-30 metri è preferibile utilizzare due sistemi di uscita per ridurre le inevitabili zone di ristagno, che altrimenti si avrebbero con un'unica uscita.



In ogni caso, deve essere realizzata una striscia trasversale di materiale inerte di grossa pezzatura, larga almeno 1 m, lungo tutta la larghezza della vasca, in modo da limitare al massimo l'instaurarsi di linee di flusso preferenziali all'interno del letto.



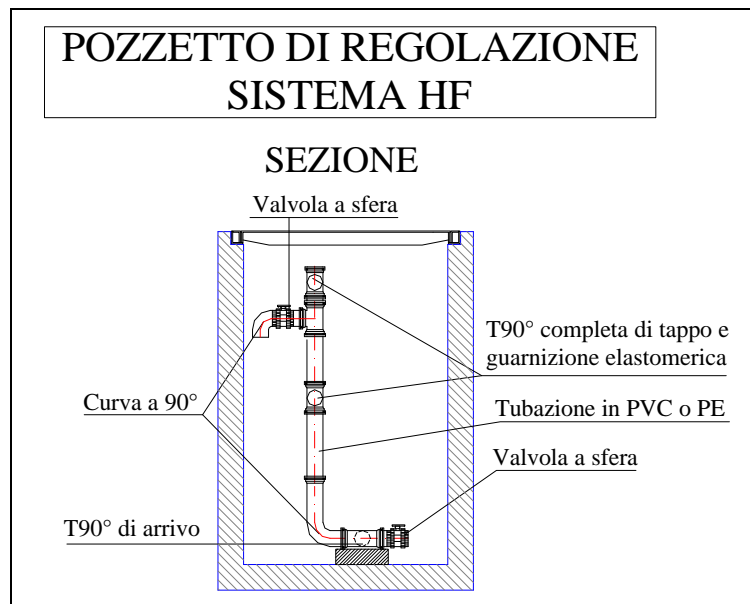
La tubazione di drenaggio acqua per sistema è generalmente in PVC corrugato microforato, con 3 intagli sullo stesso asse con le fessure drenanti realizzate perpendicolarmente all'asse del tubo, occupando i 2/3 della circonferenza, alternate tra di loro in modo di ridurre la perdita di resistenza allo schiacciamento; la larghezza delle fessure è pari a 4 mm e l'interasse dovrà essere in modo che risulti una superficie fessurata di almeno il 7% della superficie totale del tubo. Il diametro nominale della tubazione di drenaggio è funzione delle portate trattate; comunque anche per gli impianti a servizio di abitazioni monofamiliari è consigliabile utilizzare tubazioni di diametro minimo 110 mm. Le estremità della tubazione drenante devono essere chiuse con tappo e guarnizione elastomerica: la tubazione è collegata mediante T a 90° alla tubazione in uscita che convoglia il refluo al pozzetto di regolazione del livello del pelo libero nella vasca.



#### **Dispositivo di regolazione del livello del pelo libero all'interno della vasca**

Il dispositivo di regolazione del pelo libero nella vasca viene realizzato con raccordi e pezzi di tubazione in PVC ed ha la funzione di impostare il livello desiderato del pelo libero del refluo all'interno del letto a flusso sommerso.

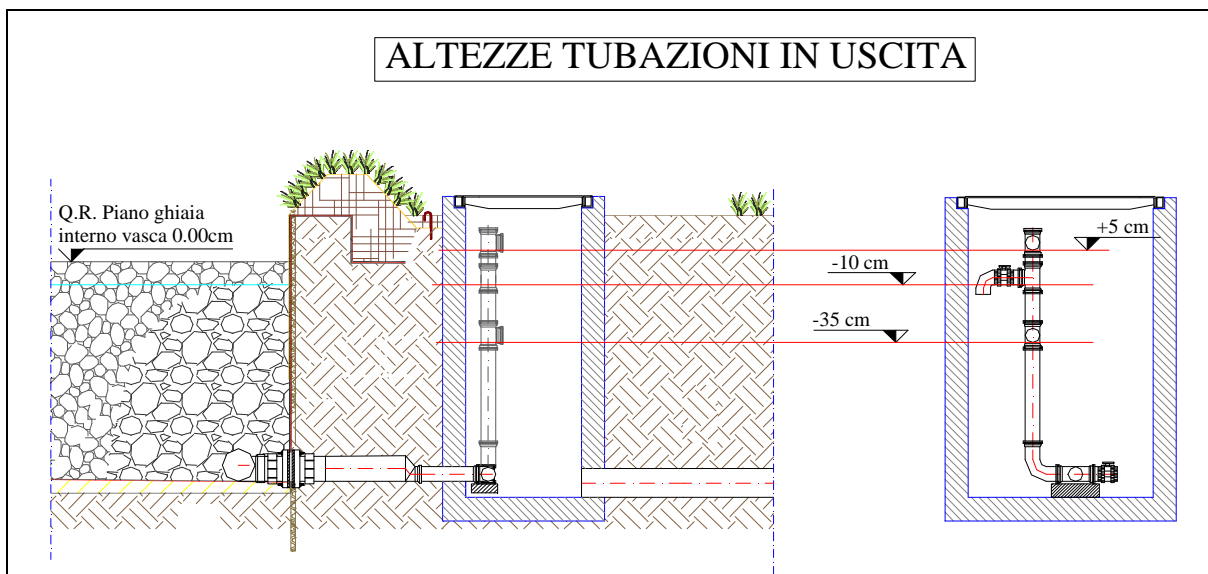
Sulla tubazione di drenaggio in uscita dalla vasca, all'interno di apposito pozzetto, viene innestato un raccordo a T in modo da avere un'estremità libera in orizzontale (lungo la prosecuzione della tubazione di drenaggio) e una in verticale; sull'estremità libera in orizzontale viene innestato un tappo con guarnizione elastomerica o alternativamente un rubinetto con valvola a sfera; sull'estremità libera diretta in verticale viene innestata un'altra tubazione di pari diametro; su quest'ultima tubazione vengono montati mediante giunzioni a T due rubinetti con valvola a sfera (o in alternativa due tappi con guarnizione elastomerica) a precise altezze; l'estremità superiore viene chiusa con tappo con guarnizione elastomerica.



Le altezze dei vari rubinetti (o tappi) sono le seguenti:

- estremità libera in orizzontale della T innestata sulla tubazione di drenaggio: pari al fondo vasca (regolazione 1);
- primo rubinetto: 35 cm al di sotto del livello di riempimento della vasca (regolazione 2);
- secondo rubinetto: 10 cm al di sotto del livello di riempimento della vasca (regolazione 3);
- estremità libera superiore della tubazione verticale: 5 cm al di sopra del livello di riempimento della vasca (regolazione 4).





L'apertura di ciascun tappo o rubinetto permette di ottenere il livello del pelo libero voluto nella vasca, o di svuotare la vasca; secondo i numeri sopra indicati si hanno le seguenti regolazioni:

1. svuotamento vasca;
2. manutenzione impianto o condizioni di temperature rigide;
3. regolazione di regime standard;
4. avvio e manutenzione impianto.

In condizioni di funzionamento standard deve essere aperto il rubinetto 3 e chiusi tutti gli altri.

Per la realizzazione del sistema di regolazione sono comunemente usate tubazioni per condotte di scarico in materiali plastici quali PE o PVC, mentre alcuni pezzi speciali talvolta possono essere anche in metallo. Per le estremità libere si possono usare dei tappi con guarnizione elastomerica: la regolazione viene fatta semplicemente aprendo il tappo, che corrisponde all'altezza del pelo libero voluta all'interno della vasca; una più comoda movimentazione è garantita sostituendo ai tappi una valvola a sfera in plastica a controllo manuale (rubinetto).

I diametri impiegati per il dispositivo di regolazione dipendono essenzialmente dal carico idraulico previsto e dalla grandezza della vasca (e quindi dal tempo necessario per operare le regolazioni); si deve prevedere, comunque, un diametro minimo di 63 mm per gli impianti più piccoli a uso unifamiliare.

## Essenze vegetali

Nella scelta e nella distribuzione delle piante acquatiche in un sistema di fitodepurazione è necessario considerare i seguenti aspetti:

- distribuzione geografica, preferendo specie autoctone o spontanee nel nostro paese e, meglio ancora, dell'area d'intervento;
- caratteristiche climatiche e di habitat (profondità dell'acqua, esposizione alla radiazione luminosa, etc.);
- caratteristiche funzionali (ossigenanti, nitrofile, etc.);
- potenziale di radicamento, di crescita e di resistenza;
- reperibilità in vivaio;
- costi di acquisto e posa in opera;
- necessità e costi di manutenzione;
- caratteristiche paesaggistico-decorative.

Le essenze vegetali utilizzate devono comunque essere del tipo "macrofite radicate emergenti".

Nei sistemi a flusso sommerso orizzontale viene impiegata in genere la *Phragmites australis* (cannuccia di palude) a causa delle buone prestazioni e della elevata reperibilità. E' necessario conoscere la profondità radicale delle essenze vegetali utilizzate, in quanto l'altezza dei letti deve tenere conto di tale profondità.

Pianta acquatica	Penetrazione radici
<i>Phragmites australis (o communis)</i>	0,7
<i>Typha spp.</i>	0,3 - 0,4
<i>Schoenoplectus lacustris</i>	0,8
<i>Juncus spp</i>	0,6

La piantumazione dei sistemi di fitodepurazione può avvenire in tre modalità: semina, piantagione dei rizomi e piantagione di essenze vegetali di varie dimensioni (o livelli di crescita). Con la prima modalità si hanno tempi più lunghi di crescita delle piante e, di conseguenza, un periodo più ampio per avere una completa ed uniforme copertura del sistema. Per questi motivi, generalmente, è consigliabile adottare le altre modalità.

Per i sistemi a flusso sommerso si consiglia una densità di piantumazione pari a 4 unità/m<sup>2</sup>.

In generale, il periodo ottimale per la piantumazione è la primavera e sono sconsigliati, invece, i mesi invernali (soprattutto se molto freddi) ed i mesi estivi, in particolare luglio ed agosto.

## SISTEMI A FLUSSO SOMMERSO VERTICALE – VF

### Dimensionamento

Nella seguente tabella sono riportate delle indicazioni sui parametri per il dimensionamento delle superfici utili richieste per il trattamento di liquami civili, basate sulle metodiche di dimensionamento ritenute più adeguate a livello scientifico internazionale e in funzione degli obiettivi depurativi più comuni previsti dal quadro normativo italiano.

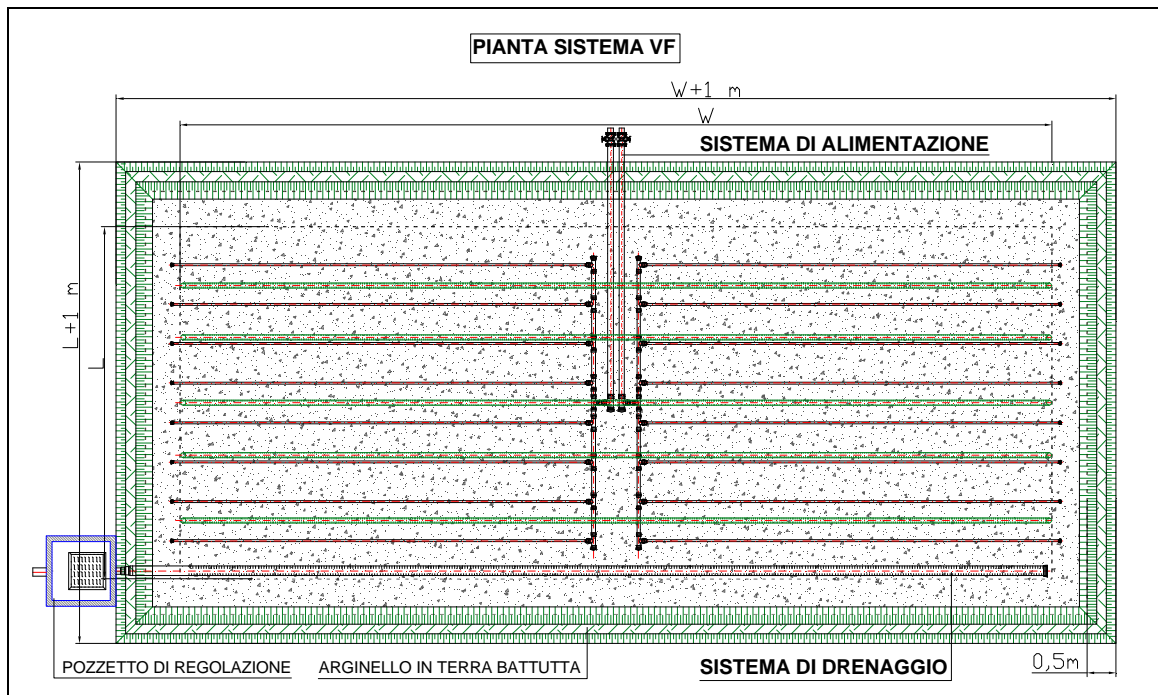
Come già accennato, comunque, la scelta dello schema impiantistico e il dimensionamento di un impianto di fitodepurazione dipendono da molteplici altri fattori, come la tipologia di reflu, l'oscillazione dell'utenza, il clima, etc.

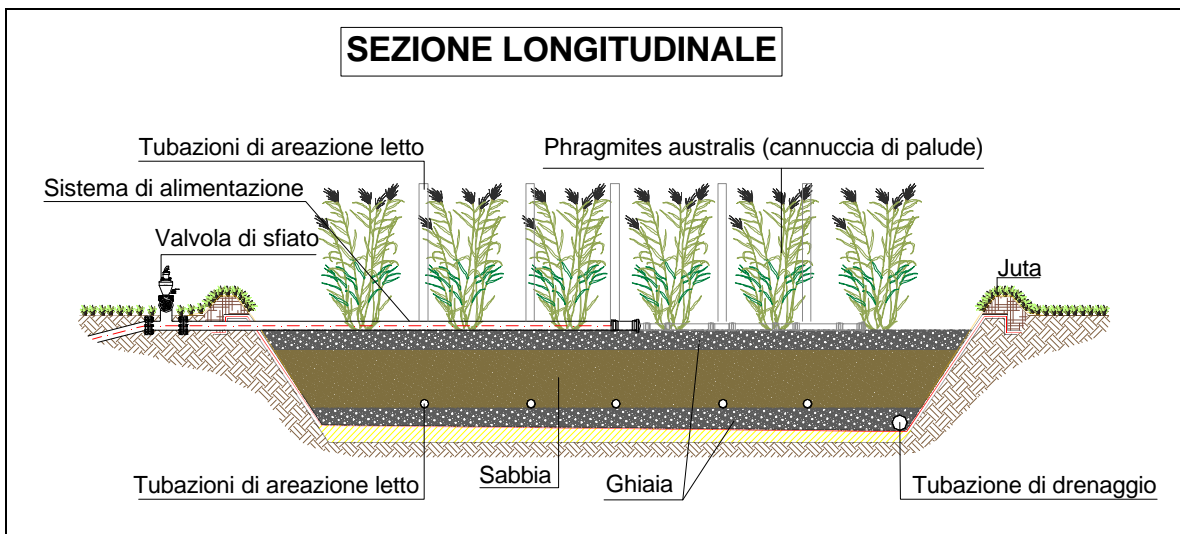
Potenzialità dell'impianto	Obiettivi depurativi	HF	VF	Sistema ibrido
a.e. < 50	scarico in acque superficiali (trattamento appropriato)	2-4 m <sup>2</sup> /a.e.	<b>2-5 m<sup>2</sup>/a.e.</b>	2-4 m <sup>2</sup> /a.e.
50 < a.e.< 2000	scarico in acque superficiali (trattamento appropriato)	2-4 m <sup>2</sup> /a.e.	<b>2-5 m<sup>2</sup>/a.e.</b>	2-4 m <sup>2</sup> /a.e.
50 < a.e.< 2000	scarico in acque superficiali in area sensibile (trattamento appropriato)	4-6 m <sup>2</sup> /a.e.	<b>4-6 m<sup>2</sup>/a.e.</b>	3-5 m <sup>2</sup> /a.e.
50 < a.e.< 2000	scarico su suolo Tab. 4 – All. 5 Parte Terza D.L.152/06 (trattamento appropriato alla risorsa idrica sotterranea)	4-6 m <sup>2</sup> /a.e.	<b>4-6 m<sup>2</sup>/a.e.</b>	3-5 m <sup>2</sup> /a.e.
a.e. > 2000	scarico in acque superficiali Tab. 1-3 – All. 5 Parte Terza D.L.152/06	>10 m <sup>2</sup> /a.e.	<b>4-6 m<sup>2</sup>/a.e.</b>	2-5 m <sup>2</sup> /a.e.
a.e. > 2000	scarico in acque superficiali in area sensibile Tab. 1-3 – All. 5 Parte Terza D.L.152/06 (trattamento appropriato per N e P)	sconsigliato	<b>4-6 m<sup>2</sup>/a.e.</b>	3-6 m <sup>2</sup> /a.e.
a.e. > 2000	scarico su suolo Tab. 4 – All. 5 Parte Terza D.L.152/06	sconsigliato	<b>5-7 m<sup>2</sup>/a.e.</b>	4-7 m <sup>2</sup> /a.e.

## Geometria e configurazione delle vasche

La forma delle vasche di un sistema a flusso sommerso verticale ha meno limitazioni a differenza dei sistemi a flusso sommerso orizzontale: l'importante è assicurare una uniforme distribuzione del liquame su tutta la superficie. Tale condizione si riesce a raggiungere adottando sistemi di alimentazione dotati di un certo grado di simmetria, quindi anche la forma della vasca dovrà essere scelta di conseguenza.

Si ritiene importante la scelta della configurazione dei letti: per ottenere elevati rendimenti depurativi si deve alimentare le vasche in modo discontinuo, lasciando tra una carica e l'altra il tempo adeguato per la percolazione del liquame e la successiva aerazione. Se per impianti di piccola taglia si può realizzare un'unica vasca a flusso sommerso, per impianti più grandi può essere conveniente dividere il sistema in più vasche o in settori, alimentati in modo alternato.





### Movimenti terra

Le procedure e le modalità da seguire sono del tutto analoghe a quelle indicate per la realizzazione di sistemi a flusso sommerso orizzontale.

Durante la fase iniziale dei movimenti terra per la creazione dei terrazzamenti atti a contenere le vasche si deve aver cura di accatastare in sito la parte superficiale del terreno asportato per poterlo spargere a fine lavori sul profilo modificato.

Le superfici non direttamente interessate da manufatti o vasche dell'impianto devono essere rettificata e modellata per permettere il ruscellamento delle acque meteoriche verso i fossetti naturali di drenaggio, ma non spianate eccessivamente, per evitare che all'impatto visivo si presentino superfici troppo artificializzate.

Gli scavi di sbancamento verranno realizzati a partire dall'area destinata ai sistemi a flusso sommerso. Il fondo dello scavo dovrà essere stabile ed accuratamente livellato prima della posa del letto di sabbia e dei rivestimenti, in modo da evitare pietre affioranti ed avvallamenti.





## **Impermeabilizzazione**

Anche per quanto riguarda le procedure di impermeabilizzazione valgono tutte le indicazioni fornite per i sistemi HF.

Per evitare fenomeni di inquinamento del sottosuolo, i bacini di depurazione devono essere impermeabilizzati, utilizzando a tale scopo geomembrane sintetiche o bentonitiche ed escludendo, invece, i manufatti in cemento per una questione di costi di realizzazione e dismissione, di sicurezza di tenuta idraulica e, quindi, di compatibilità ambientale.

La possibilità di utilizzare terreno argilloso, pur essendo la più economica, è limitata dalla permeabilità del terreno stesso, che deve essere molto bassa, indicativamente pari a  $K_s < 10^{-8}$  m/s, e con la quota di falda a non meno di un metro sotto la base del letto.

In genere, sono preferiti i manti sintetici, che utilizzano materiali quali:

- polietilene a bassa ed alta densità (PE);
- PVC;
- Polipropilene.

Gli spessori dei teli sono variabili: da 0,5 a 2 mm. Le saldature delle membrane possono essere realizzate in loco o in officina, mentre per le geomembrane bentoniche dovranno essere previsti adeguati sormonti.



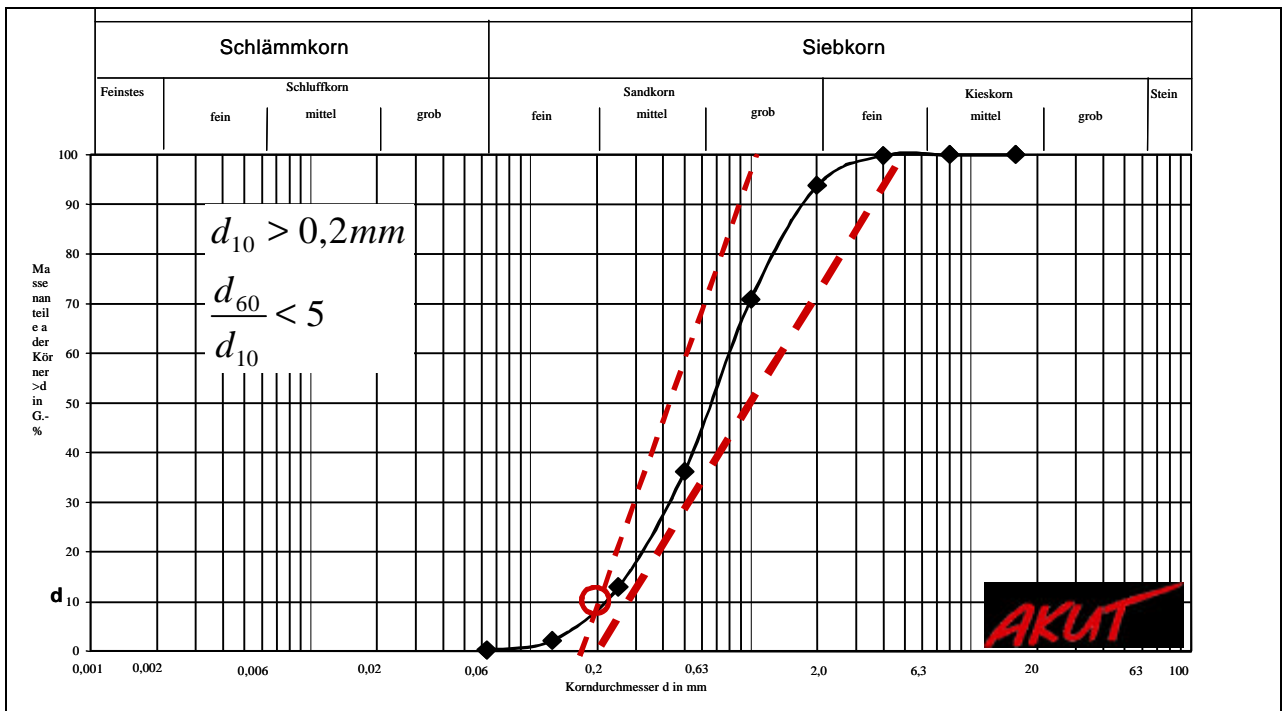
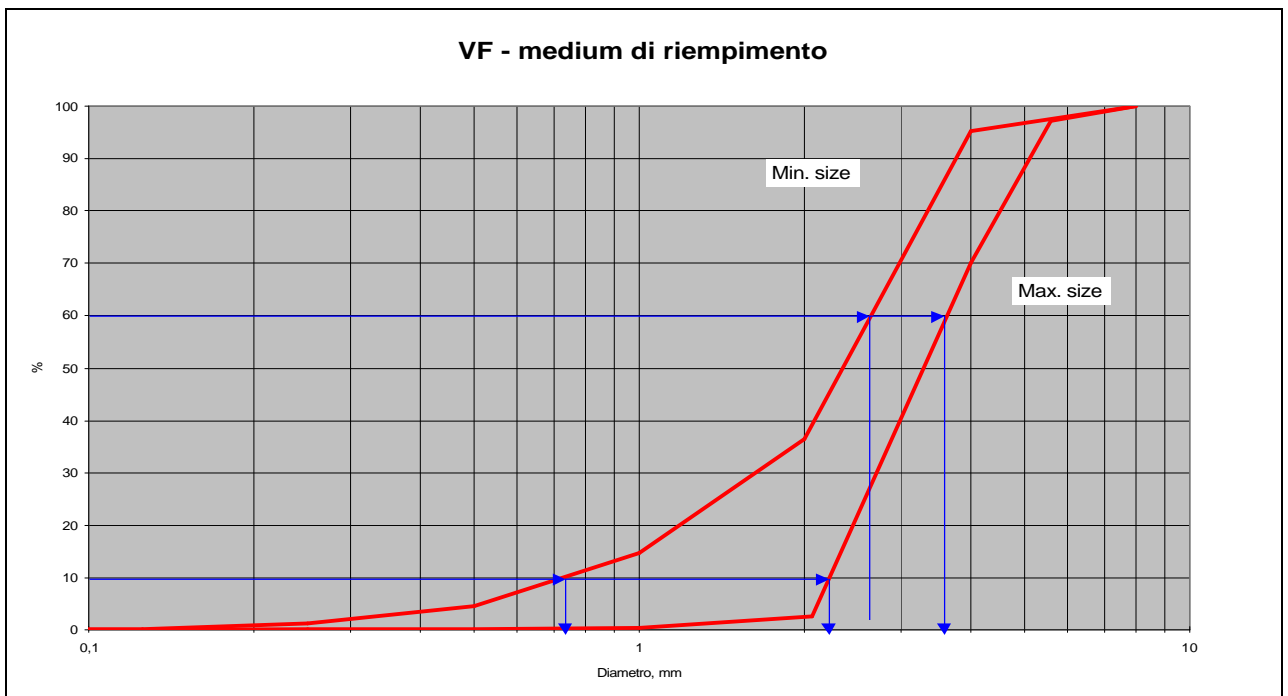
La geomembrana impermeabilizzante viene posata su uno strato di sabbia di almeno 5 mm e ricoperta da uno strato di tessuto non tessuto, per assicurare un minimo di

protezione meccanica della membrana durante il riempimento con gli inerti. Il fondo scavo viene rivestito con tessuto non tessuto (tnt) in fibra minerale del tipo 250 gr/mq posto al di sotto dello strato di sabbia; lo strato andante di sabbia naturale sul fondo della vasca serve per ottenere la pendenza desiderata (determinata dalle verifiche idrauliche); al di sopra della geomembrana viene posto un rivestimento con tessuto non tessuto (tnt) in fibra minerale del tipo 250 gr/mq come elemento di protezione meccanica.

### **Riempimenti**

Il medium di riempimento di un sistema VF può essere costituito unicamente da sabbia oppure può prevedere la disposizione di più strati di inerti di granulometria diversa; i processi depurativi sono, in ogni modo, da considerarsi a carico dello strato di sabbia, mentre le altre granulometrie più grossolane hanno prevalentemente una funzione di miglioramento di alcuni aspetti puramente meccanici. In superficie è consigliabile, ad esempio, disporre uno strato di spessore minimo 10 cm (e comunque dipendente dal sistema di alimentazione scelto) di ghiaia, a granulometria medio-fine, per ottenere una più efficace distribuzione del refluo su tutto lo strato di sabbia sottostante; sul fondo è importante, invece, prevedere uno strato di almeno 15 cm di ghiaia grossolana (25-50 mm) per evitare che i grani di sabbia otturino il sistema di drenaggio.

Lo strato di sabbia non deve essere inferiore ai 30 cm e dovrà essere ad una profondità tale da permettere al suo interno lo sviluppo delle radici dell'essenza vegetale prescelta. Di seguito si riportano le curve granulometriche consigliate nelle "Linee Guida" tedesche e danesi relative alla sabbia nei sistemi a flusso sommerso verticale.



Particolarmente importante risulta l'esame qualitativo del materiale di riempimento al momento della fornitura: la sabbia, sia essa viva, naturale od artificiale, dovrà essere scevra da materie terrose od organiche, esser preferibilmente di qualità silicea (in subordine quarzosa, granitica o calcarea), di grana omogenea, stridente al tatto e dovrà

provenire da rocce aventi alta resistenza alla compressione. Ove necessario, la sabbia sarà lavata con acqua dolce per l'eliminazione delle eventuali materie nocive; alla prova di decantazione in acqua, comunque, la perdita in peso non dovrà superare il 2%.

E' necessario provvedere a realizzare un sistema di aerazione del fondo vasca effettuato con circolazione naturale dell'aria.



### **Sistema di alimentazione**

L'alimentazione dei sistemi verticali è alla base del buon funzionamento e dell'efficienza depurativa del sistema. Innanzitutto l'alimentazione deve essere discontinua, cioè deve trascorrere un certo lasso di tempo tra una carica e l'altra: durante questo periodo per avere la massima efficienza si deve avere la pressoché totale percolazione del refluo all'interno del *medium* di riempimento. Per questo motivo l'intervallo minimo tra un'alimentazione e l'altra (e quindi il volume utile di cacciata) deve essere fissato in base al *medium* prescelto: le "Linee Guida" tedesche ad esempio, con i riempimenti e la stratigrafia fissate, consigliano come valore ottimale 6 alimentazioni al giorno, mentre le "Linee Guida" danesi riportano 12-24 volte al giorno.

La modalità di alimentazione discontinua richiede l'utilizzo di un sifone di cacciata o, molto più spesso, di un sistema di pompaggio.

Il sistema di alimentazione, in ogni caso, deve fornire al refluo una pressione nominale pari ad almeno 3 atm.

I sifoni, generalmente utilizzati, tra quelli in commercio, sono di tipo “Milano”; altri modelli in commercio non sono consigliabili, in quanto poco adatti alle acque reflue civili. Si possono, invece, utilizzare dispositivi progettati *ad hoc*, in materiali resistenti alla corrosione, che sfruttano il principio di funzionamento dei sifoni.

Un'alternativa (sempre del tipo “energy free”) ai sifoni sono i “tipping bucket”, in cui l'alimentazione discontinua è garantita da una tramoggia basculante che, riempiendosi, scarica la portata voluta; sono, comunque, sistemi consigliabili per l'alimentazione di vasche piccole e per l'utilizzo in impianti di taglia piccola, inferiori a 100-200 a.e.

Le pompe comunemente utilizzabili sono centrifughe sommergibili; inoltre, per non incorrere in problemi di ostruzioni, è importante la scelta del passaggio della girante, che dipenderà dal tipo di refluo e dai pre-trattamenti previsti; pertanto è consigliabile l'utilizzo di pompe con giranti monocanale o a vortice con girante arretrata.

Per sistemi di taglia più grande, è consigliabile l'utilizzo di sistemi di sollevamento separati per ogni vasca, oppure il ricorso ad una modalità di alimentazione dei letti alternata, realizzabile tramite l'impiego di elettrovalvole e di una centralina di comando. Particolare cura si dovrà osservare nella scelta delle valvole e della centralina. La scelta della valvola ottimale dipende dai tipi di pre-trattamenti scelti e dalla configurazione impiantistica. Più il refluo è grezzo e maggiormente si possono avere rischi di ostruzioni del meccanismo di apertura-chiusura con il conseguente aumento della richiesta di manutenzione. Se si utilizzano delle valvole per l'alimentazione di vasche VF, al primo stadio, è consigliabile scegliere un buon livello di pre-trattamento (ad esempio, una grigliatura fine o un rotostaccio). Per l'alimentazione di vasche VF al secondo stadio si possono utilizzare valvole a membrana, di sicuro funzionamento se vengono garantiti, in fase di progettazione, adeguati livelli di pressione nei tubi. La scelta della centralina di controllo dipende essenzialmente dalla complessità del sistema e dal numero di vasche che si deve alimentare; ciò è importante per garantire una certa automaticità e semplicità d'uso, senza introdurre complicazioni elettroniche di scarsa utilità.

Il sistema di alimentazione delle vasche deve garantire una uniforme distribuzione del refluo sulla superficie; la conformazione geometrica di questo sistema dovrà avere un alto grado di simmetria e tutti i punti di uscita del refluo dovranno sottendere un'uguale area e coprire tutta la superficie. I sistemi comunemente utilizzati vengono realizzati tramite tubazioni per condotte di scarico in materiali plastici quali PE o PVC.



L'uscita del refluo può avvenire attraverso apposite bocchette (realizzabili ad esempio con delle curve a 90°), oppure praticando dei forellini di 2-4 mm sulla parte inferiore delle tubazioni.



### **Sistema di uscita**

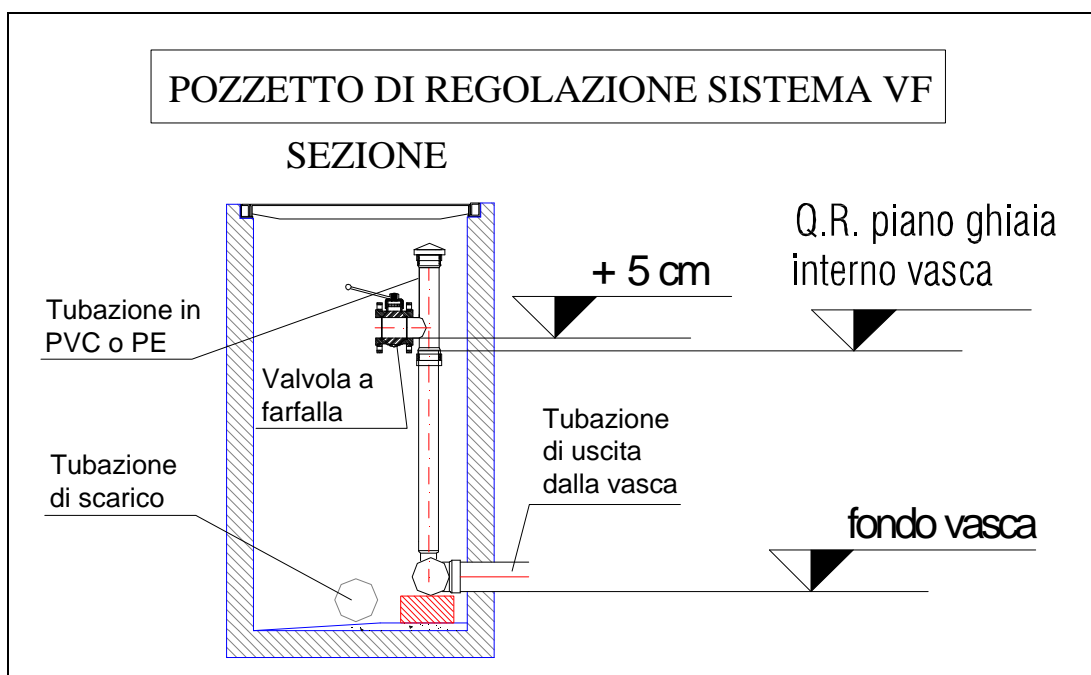
Il drenaggio delle acque che percolano nei filtri verticali è realizzato nello stesso modo dei letti a flusso sommerso orizzontale, ponendo una tubazione microforata su un lato del letto e assicurando una pendenza minima (1-2%) del fondo del letto verso quel lato per favorire l'evacuazione del liquame.

### **Dispositivo di regolazione del livello del pelo libero all'interno della vasca**

Il dispositivo di regolazione del pelo libero nella vasca viene realizzato con raccordi e pezzi di tubazione in PVC ed ha la funzione di impostare il livello desiderato del pelo libero del refluo all'interno del letto a flusso sommerso.

Il dispositivo è del tutto analogo a quello utilizzato per i sistemi HF, con la sola differenza che le regolazioni che sono lasciate possibili nel caso di sistemi a flusso verticale sono solamente due:

- estremità libera in orizzontale della T innestata sulla tubazione di drenaggio: pari al fondo vasca (regolazione 1);
- estremità libera superiore della tubazione verticale: 5 cm al di sopra del livello di riempimento della vasca (regolazione 2).



L'apertura di ciascun tappo o rubinetto permette di ottenere il livello del pelo libero voluto nella vasca, o di svuotare la vasca; secondo i numeri sopra indicati si hanno le seguenti regolazioni:

1. svuotamento vasca (regolazione standard);
2. avvio e manutenzione impianto.

In condizioni di funzionamento standard deve essere aperto il rubinetto 1 e chiuso l'altro.

Per la realizzazione del sistema di regolazione sono comunemente usate tubazioni per condotte di scarico in materiali plastici quali PE o PVC, mentre alcuni pezzi speciali talvolta possono essere anche in metallo. Per le estremità libere si possono usare dei tappi con guarnizione elastomerica: la regolazione viene fatta semplicemente aprendo il tappo, che corrisponde all'altezza del pelo libero voluta all'interno della vasca; una più comoda movimentazione è garantita sostituendo ai tappi una valvola a sfera in plastica a controllo manuale (rubinetto).

I diametri impiegati per il dispositivo di regolazione dipendono essenzialmente dal carico idraulico previsto e dalla grandezza della vasca (e quindi dal tempo necessario per operare le regolazioni); si deve prevedere, comunque, un diametro minimo di 63 mm per gli impianti più piccoli a uso unifamiliare.

## Essenze vegetali

Nella scelta e nella distribuzione delle piante acquatiche in un sistema di fitodepurazione è necessario considerare i seguenti aspetti:

- distribuzione geografica, preferendo specie autoctone o spontanee nel nostro paese e, meglio ancora, dell'area d'intervento;
- caratteristiche climatiche e di habitat (profondità dell'acqua, esposizione alla radiazione luminosa, etc.);
- caratteristiche funzionali (ossigenanti, nitrofile, etc.);
- potenziale di radicamento, di crescita e di resistenza;
- reperibilità in vivaio;
- costi di acquisto e posa in opera;
- necessità e costi di manutenzione;
- caratteristiche paesaggistico-decorative.

Le essenze vegetali utilizzate devono comunque essere del tipo "macrofite radicate emergenti".

Nei sistemi a flusso sommerso verticale vengono impiegate in genere le stesse essenze vegetali utilizzate nei sistemi a flusso sommerso orizzontale; la più utilizzata è la *Phragmites australis* (cannuccia di palude) a causa delle buone prestazioni e della elevata reperibilità. E' necessario conoscere la profondità radicale delle essenze vegetali utilizzate, in quanto l'altezza dei letti deve tenere conto di tale profondità.

Pianta acquatica	Penetrazione radici
<i>Phragmites australis (o communis)</i>	0,7
<i>Typha spp.</i>	0,3 - 0,4
<i>Schoenoplectus lacustris</i>	0,8
<i>Juncus spp</i>	0,6

La piantumazione dei sistemi di fitodepurazione può avvenire in tre modalità: semina, piantagione dei rizomi e piantagione di essenze vegetali di varie dimensioni (o livelli di crescita). Con la prima modalità si hanno tempi più lunghi di crescita delle piante e, di conseguenza, un periodo più ampio per avere una completa ed uniforme copertura del sistema. Per questi motivi, generalmente, è consigliabile adottare le altre modalità.

Per i sistemi a flusso sommerso si consiglia una densità di piantumazione pari a 4 unità/m<sup>2</sup>.

In generale, il periodo ottimale per la piantumazione è la primavera e sono sconsigliati, invece, i mesi invernali (soprattutto se molto freddi) ed i mesi estivi, in particolare luglio ed agosto.

## SISTEMI A FLUSSO LIBERO – FWS

### Dimensionamento

Per la progettazione di sistemi a flusso superficiale e pelo d'acqua libero si devono considerare i seguenti parametri progettuali:

- carico organico in entrata;
- portata idraulica media giornaliera in entrata;
- profondità delle vasche;
- rapporto tra lunghezza e larghezza delle vasche;
- tempo di ritenzione idraulica nel sistema;
- configurazione del sistema (vasche in serie o in parallelo).

Fattore	Valore medio
Tempo di permanenza, in giorni	5-14
Carico organico massimo (BOD), in kg/ha per giorno	80
Profondità dell'acqua, in metri.	0,15 – 0,8
Superficie vasche, in m <sup>2</sup> / abitante equivalente	4- 40 m <sup>2</sup> /a.e. (> 20 per trattamento secondario)
Rapporto lunghezza/larghezza vasche	2:1 – 10:1
Rapporto specchio d'acqua e area vegetata (%)	40-60

Un'indicazione di massima utile a definire l'area complessiva necessaria per la depurazione di un refluo di tipo domestico, in cui gli obiettivi di qualità da raggiungere riguardano solo il BOD<sub>5</sub> e i solidi sospesi oppure un finissaggio, è di 20 -100 m<sup>2</sup> per m<sup>3</sup> di effluente giornaliero, che corrisponde a 4 -20 m<sup>2</sup>/ abitante equivalente. Questo preliminare approccio non è però idoneo, ad esempio, per la nitrificazione, per cui sono necessarie superfici maggiori di 20 m<sup>2</sup>/ abitante equivalente ed un'analisi progettuale più approfondita.

Il dimensionamento dei bacini di trattamento viene effettuato secondo metodi diversi, alcuni di tipo empirico ed altri legati ad equazioni di reazione cinetica. Per una fase preliminare si devono considerare valori di 2,5 - 5 m<sup>2</sup>/a.e. quando il BOD<sub>5</sub> ed i solidi sospesi rappresentano i fattori limitanti, e 6-15 giorni di tempo di ritenzione idraulica per la completa nitrificazione dell'effluente.

## **Geometria e configurazione delle vasche**

Le geometrie che si possono ottenere nel design di un sistema a flusso libero sono innumerevoli, in quanto l'obiettivo primario è ricostruire un habitat che si evolverà in modo completamente naturale e autonomo, garantendo l'instaurarsi progressivo di un'elevata biodiversità; inoltre, molto spesso ad influenzare la forma generale e la configurazione del sistema è la morfologia dell'area di intervento.

In generale, in un sistema FWS si possono distinguere più zone principali:

- zona di immissione;
- specchi di acqua libera più profonde prive di vegetazione;
- zone a canneto;
- letti filtranti piantumati con macrofite radicate emergenti (*Phragmites*, *Tipha*, *Juncus*, etc.);
- isole;
- soglie e stramazzi;
- zona litoranea e argini;
- zona di uscita.

La scelta del rapporto ottimale tra lunghezza (L) e larghezza (W) della zona umida, definito generalmente come "Aspect Ratio AR" e dato dal rapporto tra la lunghezza media e la larghezza media della zona umida, può essere molto importante in relazione al funzionamento idraulico ed agli effetti depurativi; i sistemi a flusso libero esistenti presentano valori di AR compresi tra 1 e 90, ma il rapporto migliore è compreso tra 4:1 e 10:1. Rapporti maggiori di 10:1 possono comunque essere adottati tramite l'inserimento di zone di redistribuzione del flusso e tramite un'accurata definizione del profilo idraulico del sistema.

La scelta di suddividere il sistema in più celle di trattamento ha effetti benefici sul miglioramento delle rese depurative in quanto consente una redistribuzione del flusso, sia idraulico che di massa, su tutta la superficie trasversale della nuova cella, minimizzando i rischi di cortocircuito idraulico in ogni unità e massimizzando conseguentemente i tempi di ritenzione; è consigliabile prevedere un minimo di tre celle in serie. La suddivisione in più celle, meglio ancora se coincidenti con le varie zone principali costituenti una zona umida, consente inoltre più efficaci interventi di manutenzione. Più celle in serie, possibilmente con l'alternanza di sistemi filtranti a flusso sommerso, consentono infine un miglior rendimento nell'abbattimento della carica batterica.

La pendenza delle varie zone componenti il sistema a flusso libero deve avere un valore piuttosto costante, compreso tra 0,3 e 2%. In senso trasversale, invece, si consiglia di



adottare altimetrie e pendenze variabili, in modo da favorire l'attecchimento di specie vegetali diverse.

L'alternanza di zone ad acqua libera a zone densamente vegetate è un fattore molto importante nel design di un sistema a flusso libero. Il rapporto tra zone ad acqua libera, prive di vegetazione emergente, e zone a canneto dipende principalmente, oltre all'area disponibile ed ai costi, dagli obiettivi depurativi che si vogliono ottenere. Nel caso che gli obiettivi del FWS, applicato come post-trattamento, siano la denitrificazione, la riduzione della carica microbiologica, la rimozione dei solidi sospesi e del carico organico, si consigliano rapporti compresi tra 1:3 e 1:5. Se invece la finalità principale è la rimozione dei nutrienti, si consigliano rapporti maggiori, con le superfici ad acqua libera ridotte al minimo. Infine, nel caso che l'obiettivo sia la disinfezione, è consigliabile avere rapporti minori di 1:3, con zone ad acqua libera profonde e poco profonde e l'alternarsi di settori a flusso libero con settori a flusso sommerso.

Le zone ad acque libera dovranno avere profondità variabili tra 1,2 e 2,5 m, per prevenire la colonizzazione di piante macrofite emergenti e favorire la diffusione di specie sommerse o galleggianti; la pendenza delle sponde non dovrà essere maggiore di 15-20°; per evitare fenomeni di bloom algale è inoltre consigliabile adottare tempi di ritenzione idraulica non superiori a 2-3 giorni.

Il coefficiente AR delle zone a macrofite deve essere compreso tra 1:4 e 1:10: rapporti minori possono causare problemi di cortocircuiti idraulici e possono essere adottati solo se abbinati a sistemi di distribuzione e raccolta del flusso lungo tutta la sezione trasversale.

L'inserimento di isole e zone emerse può migliorare l'efficienza idraulica del sistema e può funzionare come elemento di diversione dei flussi; il suolo dell'isola dovrà essere almeno 30 cm più alto del livello standard del pelo libero.

L'inserimento di soglie e stramazzi può essere un valido elemento di passaggio tra una zona e l'altra del FWS, in quanto permette da una lato di guadagnare quota mantenendo pendenze più elevate nei vari settori, dall'altro di migliorare l'ossigenazione dell'acqua trattata.

Per la gestione del sistema si devono prevedere delle piste di accesso e manutenzione, di larghezza appropriata per il transito di un mezzo meccanico (circa 3 m), sia ai manufatti di regolazione che alle aree in cui si vuole effettuare un taglio selettivo della vegetazione.

### **Movimenti terra**

Anche per i sistemi a flusso libero valgono le indicazioni generali fornite riguardo ai sistemi a flusso sommerso.



### **Impermeabilizzazione**

Nel caso di utilizzo di un sistema a flusso libero, come post-trattamento di un impianto di depurazione, si deve evitare l'infiltrazione delle acque nel suolo e, quindi, si deve ricorrere a sistemi di impermeabilizzazione, con gli stessi requisiti di permeabilità dei sistemi a flusso sommerso.

La realizzazione di FWS su terreni argillosi a bassa permeabilità e/o l'utilizzo di un substrato argilloso, se da una parte è la scelta ambientalmente più sostenibile, dall'altro deve essere limitata solo ai casi in cui la permeabilità del terreno è molto bassa, indicativamente con  $K_s < 10^{-8}$  m/s, e la quota della falda oltre 1 metro sotto la base del FWS.

Nel caso comunque che si utilizzi argilla per impermeabilizzare il sistema, questa deve essere posta in opera su due strati ben compattati, di altezza minima totale pari a 30 cm.

In genere il ricorso a manti sintetici è la scelta più economica (ma meno ecologica) e che garantisce una perfetta tenuta del bacino; la facilità della posa in opera dipende però dalle geometrie e dal design del sistema.

Nel caso di presenza della falda, si deve comunque richiedere l'intervento di un geologo, per quantificare la possibile sottospinta idraulica e valutare le opere necessarie a mitigare gli effetti conseguenti.



### **Riempimenti**

Una volta impermeabilizzato il fondo, si deve porre a ricoprimento uno strato di terreno vegetale dell'altezza di 20-40 cm, con la funzione di:

- consentire l'attecchimento delle essenze vegetali;
- fornire una protezione meccanica all'impermeabilizzazione.

Il terreno vegetale da utilizzare dovrà essere privo di radici, erbe infestanti, ciottoli e sassi; inoltre non deve contenere alte quantità di argille. I suoli con tessitura da sabbiosa a limosa e con alto contenuto organico sono i più favorevoli allo sviluppo e alla rapida propagazione della vegetazione.



Per quanto riguarda invece gli inerti di riempimento da utilizzare nelle zone filtranti, valgono le stesse considerazioni fatte per i sistemi a flusso sommerso orizzontale.

### **Sistema di alimentazione**

L'immissione del refluo deve essere progettata con l'obiettivo di ottenere una buona distribuzione del flusso lungo l'intera larghezza della zona iniziale. Inoltre, la velocità, del refluo in ingresso deve essere contenuta, per facilitare lo sviluppo delle piante e limitare al massimo fenomeni di erosione.

Come sistemi di alimentazione si possono utilizzare:

- strutture di alimentazione simili a quelle viste per i sistemi a flusso sommerso orizzontale;
- canalette di distribuzione con soglia stramazzone;
- stramazzone da canale o tubazione su zona profonda.



Poiché nella prima zona del FWS avviene la rimozione della maggior parte dei solidi sospesi in ingresso al sistema a flusso libero, concepito come post-trattamento, è consigliabile che essa sia progettata con profondità adeguata (profondità medie di 1 m).

### **Sistema di uscita**

I dispositivi di uscita dell'acqua in un sistema a flusso libero hanno le seguenti funzioni:

- regolazione dei livelli idrici;
- consentire i prelievi per il campionamento;
- consentire, se richiesto, lo svuotamento completo dell'area umida o delle celle che la compongono.

Si dovranno evitare intasamenti all'uscita, perciò è consigliabile:

- prevedere una zona ad acqua profonda prima del dispositivo di uscita, per consentire una redistribuzione dei flussi;
- bloccare le biomasse vegetali tramite un sistema di filtrazione finale realizzato con un letto di ghiaia grossolana oppure con una griglia a maglie larghe.

I dispositivi di raccolta dell'acqua in uscita dovranno essere progettati in modo da non creare vie preferenziali di scorrimento del refluo; per questo, è importante assicurare una uniforme raccolta del refluo, su tutto lo sviluppo trasversale della zona umida, prevedendo più dispositivi di raccolta collegati tra loro e/o zone ad acqua profonda per la miscelazione e redistribuzione dei flussi.

La raccolta delle acque potrà avvenire con l'utilizzo di tubazione microforata per drenaggio, con l'installazione di apposito pozzetto drenante o mediante una soglia a stramazzo.



La regolazione del livello nella zona umida può essere realizzata tramite dispositivi simili a quelli visti per i sistemi a flusso sommerso orizzontale, oppure, possono essere utilizzate panconature, paratoie o stramazzi regolabili.



### Essenze vegetali

Nei sistemi a flusso libero la profondità dell'acqua cambia, e quindi in funzione di essa si hanno microhabitat diversi; è possibile perciò utilizzare un numero maggiore di essenze vegetali rispetto al caso di sistemi a flusso sommerso. Le essenze utilizzabili appartengono sia al gruppo delle alofite che al gruppo delle idrofite.

ELOFITE		HYDROFITE	
NOME SCIENTIFICO	NOME COMUNE	NOME SCIENTIFICO	NOME COMUNE
<i>Phragmites australis (o communis)</i>	Cannuccia di Palude		
<i>Typha latifolia</i>	Mazzasorda, sala	<b>RIZOFITE SOMMERSE</b>	
<i>Typha minima</i>	Mazzasorda	<i>Myriophyllum spicatum</i>	Millefoglie d'acqua
<i>Typha angustifolia</i>	Stiancia	<i>Potamogeton natans</i>	Lingua d'acqua
<i>Schoenoplectus lacustris</i>	Giunco da corde	<i>Potamogeton crispus</i>	Lingua d'acqua crespa
<i>Juncus spp</i>	Giunco	<i>Ceratophyllum demersum</i>	/
<i>Butomus umbellatus</i>	Giunco fiorito	<i>Elodea canadensis</i>	Peste d'acqua
<i>Caltha palustris</i>	Farferugine		
<i>Carex fusca</i>	Carice nera	<b>RIZOFITE FLOTTANTI</b>	
<i>Carex hirta</i>	Carice eretta		
<i>Carex elata</i>	Carice spondicola	<i>Nymphaea alba</i>	Ninfea comune, carfano
<i>Iris pseudacorus</i>	Iris giallo	<i>Nymphaea rustica</i>	Ninfea rosa
<i>Epatorium cannabinum</i>	Canapa d'acqua	<i>Nuphar lutea</i>	Nannufero
<i>Mentha aquatica</i>	Menta acquatica	<i>Nymphoides peltata</i>	Genziana d'acqua
<i>Epilobium hirsutum</i>	Epilobio maggiore	<i>Callitriche stagnalis</i>	stella d'acqua
<i>Alisma plantago aquatica</i>	Mestolaccia	<i>Hottonia palustris</i>	Violetta d'acqua
<i>Lythrum salicaria</i>	Salcerella		
<i>Stachys palustris</i>	Mastricale palustre	<b>NATANTI</b>	
<i>Sparganium erectum</i>	Coltellaccio, bido	<i>Hydrocaris morsus-ranae</i>	Morso di rana
		<i>Lemna spp</i>	Lenticchie d'acqua

Nella scelta e nella distribuzione delle piante valgono i principi illustrati per i sistemi a flusso sommerso. E' cioè necessario considerare i seguenti aspetti:

- distribuzione geografica, preferendo specie autoctone o spontanee nel nostro paese e, meglio ancora, dell'area d'intervento;
- caratteristiche climatiche e di habitat (profondità dell'acqua, esposizione alla radiazione luminosa, etc.);
- caratteristiche funzionali (ossigenanti, nitrofile, etc.);
- potenziale di radicamento, di crescita e di resistenza;
- reperibilità in vivaio;
- costi di acquisto e posa in opera;
- necessità e costi di manutenzione;
- caratteristiche paesaggistico-decorative.

Per quanto riguarda le modalità e i tempi di piantumazione, valgono i principi generali espressi relativamente ai sistemi a flusso sommerso. A seconda delle essenze vegetali scelte dovranno poi essere presi in considerazione accorgimenti particolari.



**VARIANTE IN RECEPIMENTO  
DEL PIANO REGIONALE DI TUTELA DELLE ACQUE**

**ALLEGATO 5  
Linee guida per la realizzazione di Fasce Tampone per la  
riduzione dell'inquinamento diffuso**

a cura di

Giulio Conte, Bruno Boz, Daniele Lenzi, Anna Bombonato (Ambiente Italia), Riccardo  
Bresciani e Fabio Masi (IRIDRA), Giordano Fossi e Giuliano Trentini (Studio Elementi),  
Marco Monaci



con la collaborazione di



## **INDICE**

1	LE FASCE TAMPONE BOScate COME STRUMENTO PER LA RIDUZIONE DEI CARICHI DIFFUSI .....	<b>3</b>
1.1	I MECCANISMI DI FUNZIONAMENTO DELLE FASCE TAMPONE .....	3
1.2	LE TIPOLOGIE DI FASCE TAMPONE .....	6
2	AREE IDONEE ALL'UTILIZZO DI FT IN PROVINCIA DI BOLOGNA .....	<b>9</b>
3	SCHEMI TIPO PER LA REALIZZAZIONE DI FASCE TAMPONE .....	<b>14</b>

## **1 LE FASCE TAMPONE BOScate COME STRUMENTO PER LA RIDUZIONE DEI CARICHI DIFFUSI**

Le **Fasce tampone** sono “fasce di vegetazione erbacea, arborea ed arbustiva, generalmente, ma non necessariamente poste lungo i corsi d’acqua del reticolo idrografico minore, in grado di agire come “filtri” per la riduzione di inquinanti che le attraversano. Sono oggi considerate a tutti gli effetti come una delle **misure più efficaci per la riduzione dell’inquinamento diffuso** (in particolare da Azoto).

Un esempio operativo di utilizzo delle fasce tampone e della vegetazione riparia come strumenti per la riduzione dei carichi inquinanti, si trova all’interno del Piano Stralcio per il bacino del torrente Samoggia - Aggiornamento 2007 – all’Allegato Tecnico A

### **1.1 I meccanismi di funzionamento delle fasce tampone<sup>1</sup>**

Le Fasce Tampone (FT) sono fasce di vegetazione erbacea, arborea ed arbustiva, generalmente, ma non necessariamente poste lungo i corsi d’acqua del reticolo idrografico minore, in grado di agire come “filtri” per la riduzione di inquinanti che le attraversano, grazie a diversi processi:

- assimilazione, trasformazione e immagazzinamento dei nutrienti presenti nel terreno;
- ritenzione del sedimento e degli inquinanti ad esso adsorbiti;
- azione di sostegno all’attività metabolica dei microrganismi presenti nel suolo

In generale le FTB sono in grado di svolgere la loro azione filtro su diverse tipologie di inquinanti:

#### Azoto

Sono efficaci nel ridurre i carichi di azoto nelle acque (Groffman *et al.*, 1993, Haycock & Pinay, 1993, Hanson *et al.* 1994a,b, Gumiero *et al.* 2003) ed in particolare in quelle presenti nella falda superficiale ipodermica.

La funzione svolta dalle fasce tampone nei confronti dell’azoto è duplice:

- una certa quantità di azoto viene assorbito attraverso gli apparati radicali e immagazzinato nella biomassa della pianta (assimilazione);

---

<sup>1</sup> Si riportano in questo paragrafo alcune informazioni molto sintetiche relative ai meccanismi di funzionamento delle FT funzionali alla comprensione della metodologia di seguito proposta per l’individuazione delle aree prioritarie; per informazioni più dettagliata si rimanda all’ampia documentazione tecnica e scientifica disponibile in letteratura (vedere riferimenti bibliografici indicati nel testo).



- gli apparati radicali delle piante sostengono la comunità dei batteri denitrificanti che trasformano l'azoto nitrico in azoto gassoso attraverso il processo di denitrificazione. I fattori limitanti il processo di denitrificazione sono: presenza di condizioni di anaerobiosi (i batteri denitrificanti sono anaerobi facoltativi e necessitano quindi di suoli molto umidi negli strati superficiali), disponibilità di sostanza organica per le comunità batteriche (fornita dagli essudati radicali) e presenza di azoto nitrico.

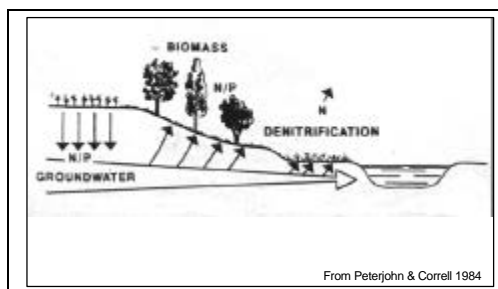


Figura 1: Rappresentazione schematica dei deflussi di azoto attraverso un'area riparia e dei meccanismi di rimozione (da Peterjohn & Correll, 1984)

Ai fini dell'individuazione delle aree idonee al loro utilizzo, dalla conoscenza dei meccanismi di funzionamento delle FT sopra sintetizzati si ricava che:

**“le aree a maggiore idoneità per l'utilizzo di FT per la rimozione dell'azoto sono quelle in cui permangono negli strati superficiali (1-2m) per periodi relativamente lunghi deflussi ipodermici di acque meteoriche o da falda veicolanti forme nitriche di azoto”.**

### Fosforo

La riduzione del fosforo nelle acque è legata alla capacità delle fasce tampone di trattenere i solidi sospesi, su cui “viaggiano”, adsorbiti, i sali di fosforo.

La ritenzione di P all'interno della fascia tampone è quindi il risultato di una combinazione di processi chimici, biologici e fisici:

- 1) sedimentazione e infiltrazione del particolato (PP) ricco di P: una folta vegetazione in un'area tampone aumenta la scabrosità idraulica, riducendo la velocità dei flussi e quindi la capacità di trasporto dei sedimenti. La sedimentazione del particolato è il principale processo di rimozione del P sia nelle fasce tampone che nelle zone umide e stagni. Perché ci sia un'efficace rimozione del fosforo la sedimentazione deve interessare oltre le sabbie e i limi anche il particolato fine (argilla). Nelle fasce tampone, l'infiltrazione delle acque di ruscellamento facilita la sedimentazione e l'assimilazione, ma anche l'adsorbimento (vedi punto successivo).
- 2) adsorbimento del DP nel suolo: l'efficienza nella rimozione di DP delle fasce tampone dipende dall'equilibrio dinamico tra la componente del suolo con capacità

adsorbenti (colloidi organici, humus e inorganici, argille) e DP. La reazione di adsorbimento da parte del suolo è inizialmente veloce e continua lentamente per molti giorni. La fase lenta è da attribuire alla diffusione del P all'interno del complesso adsorbente rendendo via via meno assimilabile il P. Di conseguenza, anche il tempo di contatto ha un'importanza significativa sul controllo delle perdite di DP (è ovvio che durante deflussi veloci su una stretta fascia tampone, la reazione di adsorbimento non ha abbastanza tempo per avvenire). L'affinità di adsorbimento delle superfici ossidate si riduce con l'aumento del P adsorbito<sup>2</sup>.

- 3) assimilazione del DP da parte della vegetazione: durante la stagione vegetativa il P è trattenuto dall'assimilazione delle piante e incorporato nella biomassa. La capacità di assimilazione varia a seconda delle specie vegetali. L'incorporazione di nutrienti in biomassa arborea sembra essere un importante serbatoio per il P.

Ai fini dell'individuazione delle aree idonee all'utilizzo di FT per la rimozione del Fosforo, dalla conoscenza dei meccanismi di funzionamento delle FT sopra sintetizzati si ricava che:

**“le aree a maggiore idoneità per l'utilizzo di FT per la rimozione del Fosforo sono quelle in cui si generano deflussi di ruscellamento superficiale (*runoff*) veicolanti solidi sospesi su cui viaggia adsorbito il fosforo”.**

#### Trasporto solido.

Il trasporto solido è un importante fattore di impatto, in particolare su alcuni corsi d'acqua come quelli di risorgiva, caratterizzati da acque molto limpide. La capacità delle fasce tampone di ridurre l'erosione del suolo e di conseguenza il trasporto solido è stata verificata in diversi casi. Le esperienze e gli studi realizzati hanno però messo in luce che, per garantire un'efficacia in questo senso, sono necessarie particolari attenzioni nella progettazione e nella gestione.

Pesticidi. Contribuiscono ad aumentare il tempo di permanenza delle acque prima che queste raggiungano il corpo idrico, le fasce tampone favoriscono il processo dei composti di sintesi, in particolare quelli fosfo-organici che si decompongono piuttosto rapidamente. Ai fini dell'individuazione delle aree idonee all'utilizzo di FT per la riduzione del trasporto solido e dei pesticidi, viste le analogie nelle dinamiche di trasporto, valgono le stesse considerazioni fatte per il Fosforo (e quindi anche se in seguito non verrà riportato

---

<sup>2</sup> Si tenga comunque presente che, a differenza del PP, la ritenzione del DP nelle fasce tampone è molto meno efficace, ed in alcuni casi le perdite di DP possono addirittura aumentare nel tempo. Si perde capacità di abbattimento del P con il tempo poiché aumenta la saturazione del P nel suolo. Inoltre in alcuni periodi la concentrazione di DP potrebbe aumentare durante il trasporto attraverso la zona tampone, dovuto al rilascio di P della vegetazione in decomposizione.

puntualmente, quando si parla di idoneità alla riduzione del fosforo si fa implicitamente riferimento anche a questa tipologia di inquinanti).

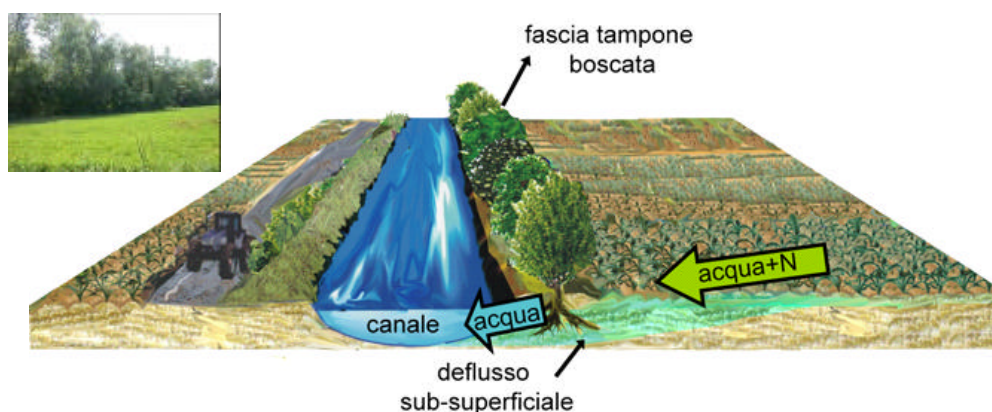
## 1.2 Le tipologie di fasce tampone

Rimanendo nel campo delle fasce tampone per la riduzione degli inquinanti diffusi che dai suoli vengono veicolati ai corpi idrici<sup>3</sup> sulla base delle considerazioni riportate nel precedente paragrafo 1.1 è possibile proporre una distinzione delle fasce tampone basata sulla loro struttura (e da cui può dipendere la capacità o meno di trattare i diversi tipi di inquinanti).

Tale distinzione, anche se molto sommaria, risulta particolarmente utile perché fornisce un'idea immediata degli accorgimenti progettuali che vanno previsti sulla base della diversa idoneità all'utilizzo di FT delle aree della Provincia. Per dettagli progettuali sulle diverse tipologie vedere il paragrafo 3.

### FT da deflusso sub-superficiale

Nei casi in cui l'inquinante da intercettare sia quasi esclusivamente l'Azoto è necessario realizzare dei filari di FT arboreo/arbustive i cui apparati radicali intercettino i deflussi sub-superficiali delle acque; **questa tipologia è quindi da ritenersi la più idonea in aree in cui prevalgono questo tipo di deflussi e in cui ci siano carichi elevati di azoto.**



**Figura 2:** Schema progettuale di una FT per il trattamento dei carichi di N veicolati tramite deflusso sub-superficiale

<sup>3</sup> L'impiego delle FT può essere esteso anche al trattamento di inquinanti già presenti nei corpi idrici superficiali (fasce tampone inverse) e al trattamento di scarichi puntuali (aree filtro forestali) di cui non ci si occupa in questa parte.

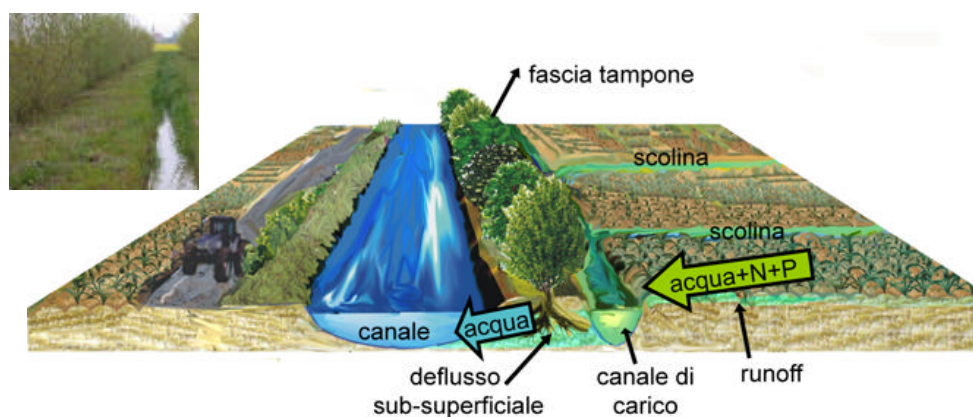
### **FT da runoff**

Per migliorare l'effetto di rimozione degli inquinanti trasportati per via superficiale (su cui le fasce tampone arboree sono scarsamente efficaci, in particolare per gli eventi meteorici intensi) è possibile prevedere delle strutture progettuali più complesse.

#### FT da runoff con scolina di carico

Fra l'area coltivata ed i filari arborei/arbustivi si realizzano delle scoline di carico che intercettano i deflussi da runoff; si costituisce così di fatto un sistema integrato di fitodepurazione - fascia tampone: il canale di carico (che viene rapidamente colonizzato da vegetazione acquatica) svolge la funzione di sedimentazione (deposito e accumulo di solidi sospesi e fosforo) e fitodepurazione; l'acqua immagazzinata nel canale di carico filtra poi lentamente attraverso la fascia tampone (ora per via sub-superficiale, e quindi con trattamento anche dell'azoto nitrico) per raggiungere il corpo idrico (Figura 3).

Questa tipologia è quindi da ritenersi **la più idonea quando sia necessario non solo trattare la frazione di sostanze azotate che giunge al corpo idrico per via superficiale, ma anche per il controllo dei composti del fosforo, solidi sospesi e pesticidi veicolati tramite runoff.**



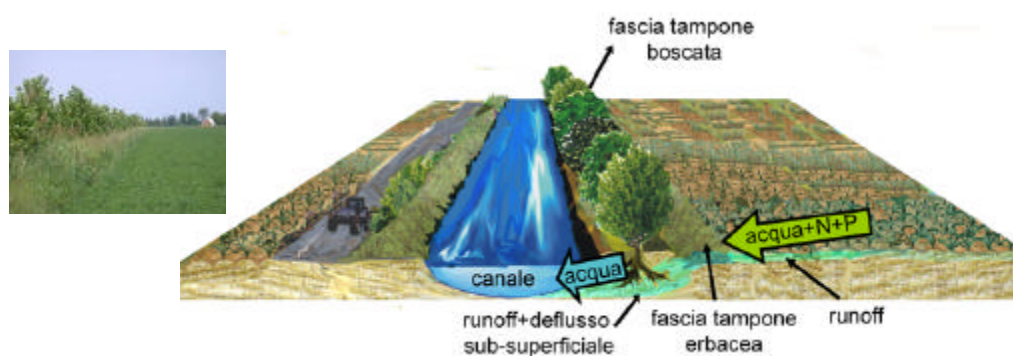
**Figura 3:** Schema progettuale di una FT con canale di carico (1) e con fascia erbacea (2) di una FT per il trattamento dei carichi di N e P veicolati tramite runoff

#### FT da runoff con fascia erbacea

In alternativa alla soluzione “FT con scolina di carico” (che richiede un investimento maggiore e su cui sono ancora scarsi gli esempi applicativi) è possibile prevedere una struttura “composita” costituita da una fascia erbacea e da una siepe arboreo-arbustiva mono o bifilare.

L'azione della fascia erbacea permette di intercettare e rallentare i deflussi, evitando che si formino “canali preferenziali”.

Questa tipologia è quindi da ritenersi **idonea** quando sia necessario trattare sia carichi di azoto veicolati sia in parte composti del fosforo, solidi sospesi e pesticidi veicolati tramite runoff.



**Figura 4:** Schema progettuale di una FT con fascia erbacea per il trattamento dei carichi di P e N veicolati tramite runoff



## 2 AREE IDONEE ALL'UTILIZZO DI FT IN PROVINCIA DI BOLOGNA

Come già specificato nel “documento preliminare” le fasce tampone sono uno strumento efficace nella riduzione degli inquinanti solo se collocate correttamente in base alle caratteristiche idrologiche e pedologiche del sito: anche se l'impianto viene realizzato lungo un corso d'acqua ma nessun deflusso (superficiale o sub-superficiale, dall'area agricola al corso d'acqua o viceversa) attraversa lo strato di suolo che ospita gli apparati radicali, l'azione depurativa risulta pressoché nulla.

Da ciò si ricava da un lato che **non necessariamente questi sistemi devono essere collocati lungo i corsi d'acqua** e dall'altro **che non tutte le aree agricole sono idonee per il loro utilizzo** (come accade ad esempio per aree molto permeabili).

Ai fini di impostare correttamente l'attività di programmazione provinciale circa le misure da mettere in atto per aumentare la capacità autodepurativa del territorio ed in particolare “promuovere – con opportuni incentivi anche economici – la realizzazione di fasce tampone a livello dell'azienda agricola” è indispensabile individuare quelle **aree in cui l'utilizzo delle fasce tampone possa garantire un'effettiva resa in termini di abbattimento degli inquinanti**. In sede di VAS è stata effettuata un'analisi delle aree idonee basata sui meccanismi di funzionamento dei sistemi tampone e su un'analisi del territorio incentrata su considerazioni di tipo idrologico, pedologico e di uso del suolo. I risultati di tale analisi sono riportati nelle tabelle e figure che seguono.

CLASSI DI IDONEITA' ALL'UTILIZZO DI FT PER TRATTARE IL CARICO DI AZOTO			
Classe	Giudizio sintetico	Descrizione	Limiti classe <sup>4</sup> (Azoto Kg/ha/anno)
1	Idoneità elevata	Elevate quantità di azoto nitrico veicolato tramite deflussi ipodermici e/o superficiali ai corpi idrici superficiali.	valori > 6
2	Idoneità media	Quantità non elevate di azoto nitrico veicolato tramite deflussi ipodermici e/o superficiali ai corpi idrici superficiali.	valori compresi fra: >5 e <6
3	Idoneità bassa	Non sono presenti o sono presenti quantità minime di azoto nitrico veicolato tramite deflussi ipodermici e/o superficiali ai corpi idrici superficiali.	valori <5

Tabella 1: Definizione e descrizione delle classi di idoneità idrologica all'uso di FT per il controllo dei carichi azotati trasportati tramite deflusso sub-superficiale

<sup>4</sup> I limiti delle classi sono stati definiti attraverso un ragionamento basato sul confronto fra la percentuale relativa del carico trattabile e la percentuale di aree agricole da destinare all'uso di FT da cui è emerso che nella somma delle aree con carico superiore ai 6kg/ha/anno si concentra il 55% del carico diffuso sversato totale pur occupando una superficie pari solo al 26% della superficie agricola totale, mentre nel caso delle aree con carico per ettaro/anno compreso fra 5 e 6 kg si concentra il 65% del carico diffuso sversato totale pur occupando una superficie pari solo al 41% della superficie agricola totale.

CLASSI DI IDONEITA' ALL'UTILIZZO DI FT PER TRATTARE IL CARICO DI FOSFORO			
Classe	Giudizio sintetico	Descrizione	Limiti classe <sup>5</sup> (Fosforo Kg/ha/anno)
1	<b>Idoneità Elevata</b>	Elevate quantità di fosforo veicolato tramite deflussi superficiali ai corpi idrici superficiali.	valori > 1,25
2	<b>Idoneità Media</b>	Quantità non elevate di azoto nitrico veicolato tramite deflussi ipodermici e/o superficiali ai corpi idrici superficiali.	valori compresi fra: >1 e <1,25
3	<b>Idoneità bassa</b>	Non sono presenti o sono presenti quantità minime di azoto nitrico veicolato tramite deflussi ipodermici e/o superficiali ai corpi idrici superficiali.	valori <1

Tabella 2: Definizione e descrizione delle classi di idoneità idrologica all'uso di FT per il controllo dei carichi trasportati tramite runoff

Le 2 mappe di idoneità (distinte rispetto al trattamento di Azoto o di Fosforo) che si ottengono traducendo su cartografia le precedenti suddivisioni in classi di idoneità vengono "integrate" fra loro (per ottenere una mappa finale più funzionale agli scopi pianificatori) secondo la seguente matrice di aggregazione:

		FOSFORO		
		Alto	Medio	Basso
AZOTO	alto	Alta	Alta	Media
	medio	Alta	Media	Bassa
	basso	Media	Bassa	Non idonea

Figura 5: Matrice di aggregazione fra aree di idoneità all'uso di "Ft per N" e aree di idoneità all'uso di "Ft per P"

L'applicazione della precedente classificazione al territorio della Provincia di Bologna ha prodotto la mappa di idoneità all'utilizzo delle diverse tipologie di FT così come riportato nella Figura 9.

Le figure 7 ed 8 mostrano rispettivamente l'idoneità del territorio all'impianto delle fasce tampone per il trattamento dei carichi diffusi di azoto e fosforo.

<sup>5</sup> I limiti delle classi sono stati definiti attraverso un ragionamento basato sul confronto fra la percentuale relativa del carico trattabile e la percentuale di aree agricole da destinare all'uso di FT da cui è emerso che nella somma delle aree con carico superiore a 1,25kg/ha/anno si concentra il 61% del carico diffuso sversato totale pur occupando una superficie pari solo al 36% della superficie agricola totale, mentre nel caso delle aree con carico per ettaro/anno compreso fra 1 e 61,25 kg si concentra il 78% del carico diffuso sversato totale pur occupando una superficie pari solo al 60% della superficie agricola totale.

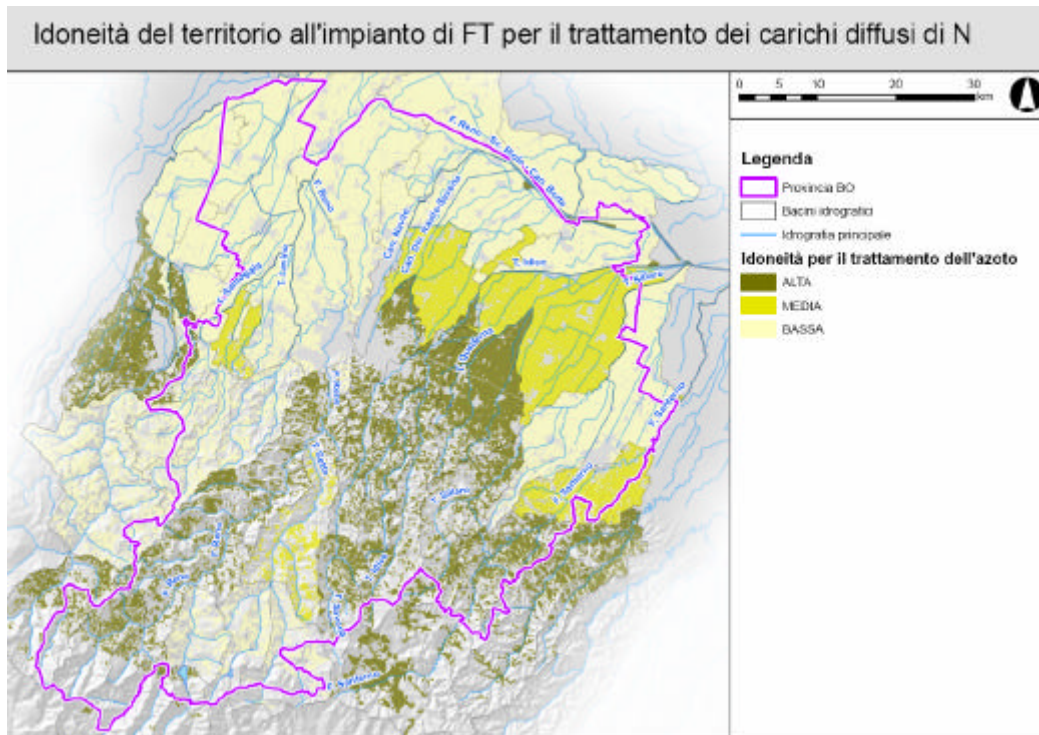


Figura 6: Mappa di idoneità all'uso di FT per la riduzione dei carichi di Azoto

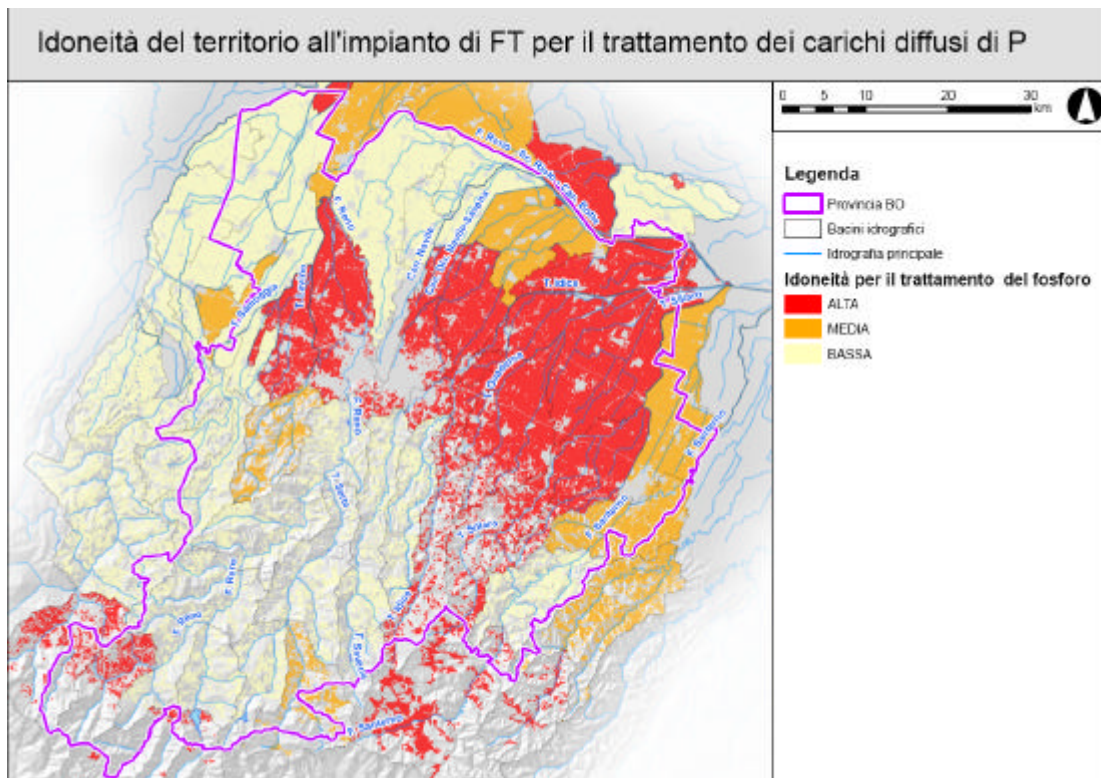


Figura 7: Mappa di idoneità all'uso di FT per l'intercettazione dei carichi di Fosforo

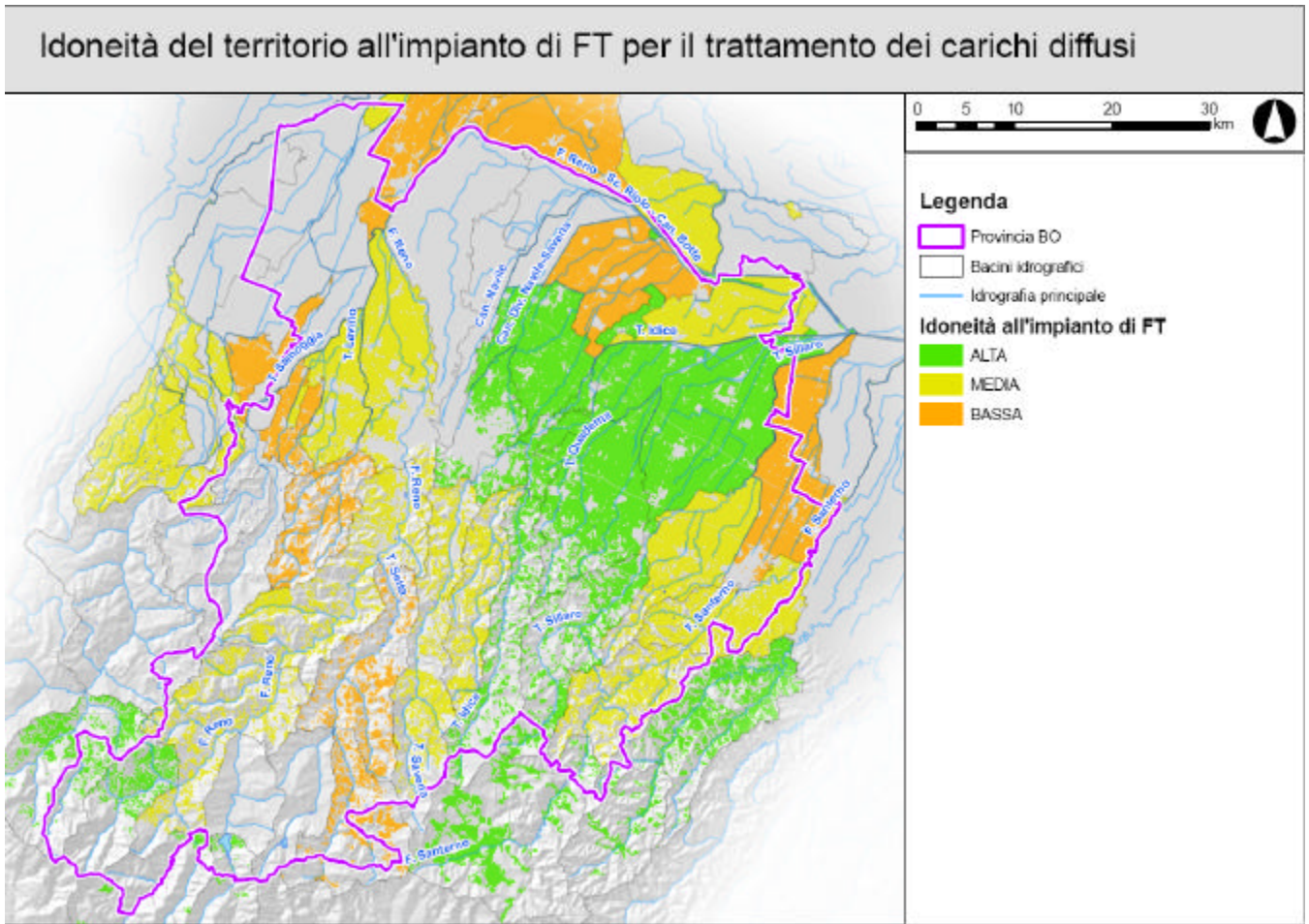


Figura 8: Mappa complessiva di idoneità all'uso di FT per l'intercettazione dei carichi diffusi



Riepiloghiamo nella seguente Tabella 3 alcuni dati utili emersi dall'elaborazione sopra descritta:

<b>DATI DI SINTESI SULL'IDONEITA' DEL TERRITORIO PROVINCIALE ALL'USO DI FASCE TAMPONE</b>	
<b>SUPERFICI IDONEE</b>	
<b>superficie idonea a FT (ha)</b>	156532
superficie ad alta idoneità	62219
superficie ad media idoneità	63690
superficie a bassa idoneità	30623
<b>% aree idonee a FT sul totale delle aree agricole</b>	72%
% superficie ad alta idoneità	29%
% superficie ad media idoneità	29%
% superficie a bassa idoneità	14%
<b>AZOTO</b>	
<b>carichi N veicolati nelle aree idonee (t/anno)</b>	1064
carichi N veicolati nelle aree ad ALTA idoneità (t/anno)	637
carichi N veicolati nelle aree a ALTA + MEDIA idoneità (t/anno)	997
<b>% carichi N veicolati nelle aree idonee sul Totale di carichi diffusi veicolati</b>	71%
% carichi N veicolati nelle aree ad ALTA idoneità	42%
% carichi N veicolati nelle aree a ALTA + MEDIA idoneità	66%
<b>FOSFORO</b>	
<b>carichi P veicolati nelle aree idonee (t/anno)</b>	302
carichi P veicolati nelle aree ad ALTA idoneità (t/anno)	148
carichi P veicolati nelle aree a ALTA + MEDIA idoneità (t/anno)	227
<b>% carichi P veicolati nelle aree idonee sul Totale di carichi diffusi veicolati</b>	81%
% carichi P veicolati nelle aree ad ALTA idoneità	49%
% carichi P veicolati nelle aree a ALTA + MEDIA idoneità	75%

**Tabella 3: Quadro di sintesi dei risultati emersi dall'analisi sull'idoneità del territorio provinciale alla realizzazione di FT**

### 3 SCHEMI TIPO PER LA REALIZZAZIONE DI FASCE TAMPONE

In base alle caratteristiche del territorio di pianura della Provincia di Bologna, caratterizzato da sistemazioni idraulico-agrarie che prevedono appezzamenti rettangolari di grande ampiezza, sovente superiori all'ettaro, si stima come realistica e ottimale una densità potenziale delle fasce tampone nell'ordine dei 50 ml/ha.



Figura 9: Tipico esempio di tessitura del territorio agricolo di pianura in Provincia di Bologna: appare evidente la presenza di campi rettangolari di ampia superficie, intercalati con elevata frequenza (interasse 30-40 ml) da scoline di drenaggio.

Questa densità deriva dalla scelta di prevedere le fasce tampone solo lungo le sponde delle canalizzazioni principali, escludendo a priori la possibilità di realizzarle lungo le scoline; questo in considerazione del temporaneità delle scoline e della loro elevata densità per ettaro (l'interasse non supera generalmente i 50m) che comporterebbe una eccessiva occupazione di SAU.



La presenza delle scoline che versano direttamente nel reticolo di bonifica, lungo le quali si concentra la maggior parte del run-off superficiale e sub-superficiale, renderebbe quasi inutile la presenza di una fascia tampone semplice lungo il canale verso il quale il campo drena, in quanto per la maggior parte non verrebbe interessata dai flussi di nutrienti. Per questo motivo, sono state ipotizzate due tipologie di intervento:

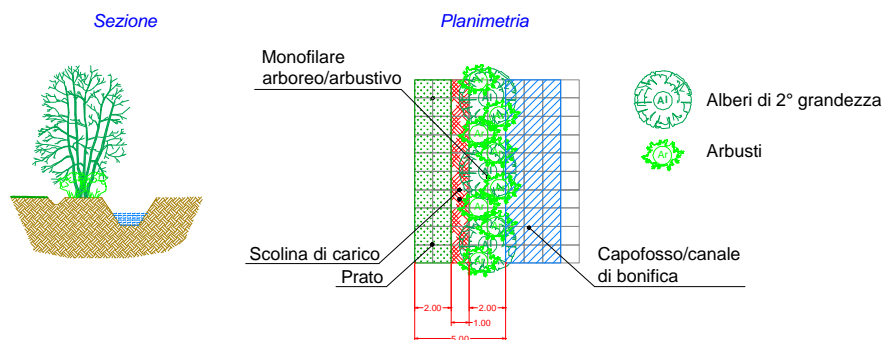
1. una fascia tampone semplice da utilizzarsi nei casi in cui non siano presenti le scoline (vedi in seguito scheda tipologica n. 1);
2. una fascia tampone con “canale di carico” entro il quale versano le scoline, nei casi in cui queste siano presenti (vedi in seguito scheda tipologica n. 2).

Nel territorio collinare si prevede la sola realizzazione di fasce tampone semplici:

la SAU del territorio collinare è caratterizzata all'80% dalla presenza di colture seminative e il restante da colture arboree; i seminativi si sviluppano su interi versanti, con lunghezze dei campi misurate sulla linea di massima pendenza che possono anche essere di qualche centinaio di metri. Una buona pratica agricola richiederebbe di avere appezzamenti con minore sviluppo, per favorire l'infiltrazione delle acque meteoriche e prevenire l'erosione del suolo.

In questo contesto le fasce tampone non vanno tanto realizzate lungo il reticolo di drenaggio (che per lo più è naturale e già vegetato, quant'anche con formazioni di scarsa qualità e funzionalità), quanto lungo le curve di livello ad interrompere l'estensione di appezzamenti eccessivamente lunghi. La densità ottimale va definita in funzione della pendenza del versante e della tipologia di suolo, in termini generali però, è lecito ipotizzare una densità media di 80 ml/ha.

## Scheda 1. FASCIA TAMPONE CON CANALE DI CARICO



**Definizione:** Fascia Tampone monofilare arboreo- arbustiva con canale di carico.

**Ambito di applicazione:** Zone di pianura e collinari.

**Obiettivi:** Rimozione dei nutrienti come funzione primaria, ma anche consolidamento e sostegno delle rive e produzione di legna da ardere.

**Descrizione dell'intervento:** realizzazione di un monofilare arboreo/arbustivo composto da una fila singola di alberi autoctoni di 2° grandezza da governare a ceppaia, intervallati sulla fila da un doppio filare sfalsato di arbusti autoctoni. Sul lato di campagna deve essere realizzato una canaletta di carico di dimensioni variabili a seconda delle condizioni degli appezzamenti.

**Vantaggi e svantaggi:** La fascia così realizzata manifesta una grande capacità di intercettare le sostanze azotate e ed i composti del fosforo.

**Modalità costruttive:** Il filare arboreo viene realizzato con la piantagione di una pianta ogni 4 metri lineari, gli arbusti vengono piantati negli interassi degli esemplari arborei in ragione di 1 al metro su di una doppi fila sfalsata di 50 cm.

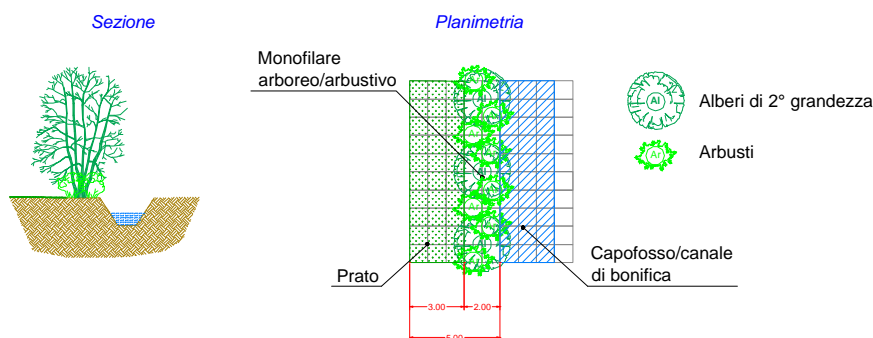
**Dimensioni tipo:** a fine turno può arrivare ad avere un ingombro laterale della parte epigea di circa 5/6 metri.

**Materiali:** piantine forestali di essenze autoctone coltivate con pane di terra, sostegni e protezioni individuali, telo o disco pacciamante in materiale naturale.

**Aspetti manutentivi:** Taglio sia della parte arborea che di quella arbustiva ogni 6/7 anni.

**Stima economica dell'intervento:** Euro 15,50 al metro lineare.

## Scheda 2. FASCIA TAMPONE SEMPLICE



**Definizione:** Fascia Tampone monofilare arboreo- arbustiva.

**Ambito di applicazione:** Zone collinari.

**Obiettivi:** Rimozione dei nutrienti come funzione primaria, ma anche consolidamento e sostegno delle rive e produzione di legna da ardere.

**Descrizione dell'intervento:** realizzazione di un monofilare arboreo/arbustivo composto da una fila singola di alberi autoctoni di 2° grandezza da governare a ceppaia, intervallati sulla fila da un doppio filare sfalsato di arbusti autoctoni.

**Vantaggi e svantaggi:** La fascia così realizzata manifesta una grande capacità di intercettare le sostanze azotate e ed i composti del fosforo.

**Modalità costruttive:** Il filare arboreo viene realizzato con la piantagione di una pianta ogni 4 metri lineari, gli arbusti vengono piantati negli interassi degli esemplari arborei in ragione di 1 al metro su di una doppi fila sfalsata di 50 cm.

**Dimensioni tipo:** a fine turno può arrivare ad avere un ingombro laterale della parte epigea di circa 5/6 metri.

**Materiali:** piantine forestali di essenze autoctone coltivate con pane di terra, sostegni e protezioni individuali, telo o disco pacciamante in materiale naturale.

**Aspetti manutentivi:** Taglio sia della parte arborea che di quella arbustiva ogni 6/7 anni.

**Stima economica dell'intervento:** Euro 12,00 al metro lineare.



**VARIANTE IN RECEPIMENTO  
DEL PIANO REGIONALE DI TUTELA DELLE ACQUE**

**ALLEGATO 6**  
**Interventi pilota di riqualificazione corsi d'acqua  
per la riduzione dei carichi diffusi**

a cura di  
Elementi Studio Associato (G.Fossi)



con la collaborazione di



## INDICE

1	INTRODUZIONE .....	3
2	OBIETTIVI GENERALI.....	3
3	CANALE SAN GIOVANNI .....	4
3.1	DESCRIZIONE DEL CONTESTO TERRITORIALE.....	4
3.2	CONSIDERAZIONI SPECIFICHE SUL CASO .....	5
3.3	METODOLOGIA D'INTERVENTO.....	5
3.3.1	<i>Interventi a basso impegno di opere</i> .....	6
3.3.2	<i>Interventi a medio impegno di opere</i> .....	7
3.3.3	<i>Interventi a alto impegno di opere</i> .....	8
4	AZIONI COMPLEMENTARI (MONITORAGGI ETC.).....	9



## 1 INTRODUZIONE

Tra le misure previste per la diminuzione dell'inquinamento diffuso, accanto alla diffusione di pratiche ambientalmente sostenibili in agricoltura, alla realizzazione di fasce tampone e di impianti di fitodepurazione, sono potenzialmente interessanti azioni volte alla riqualificazione del reticolo idrografico minore. La mancanza di conoscenze certe sull'efficacia di tali misure, rende necessario un approfondimento su quali siano realmente i loro effetti in termini di riduzione dell'inquinamento idrico.

Al fine di permettere tale verifica attraverso il monitoraggio sperimentale degli effetti di un intervento di riqualificazione, si è individuato, in accordo con le amministrazioni interessate, un canale che sia come problematiche presenti che come territorio attraversato può essere considerato rappresentativo del territorio della Provincia, o almeno della parte di pianura che rappresenta quella dove i carichi diffusi sono più elevati. Questo canale è il **Canale San Giovanni – Canale di Cento** nel territorio del **Comune di San Giovanni in Persiceto**.

## 2 OBIETTIVI GENERALI

L'obiettivo principale è la realizzazione di interventi di riqualificazione fluviale, che siano replicabili nel territorio, per misurarne e quantificarne gli effetti positivi in termini di riduzione dell'inquinamento oltre che sulle caratteristiche funzionali del corso d'acqua a livello idraulico, morfologico ed ecologico.

Tutto questo in un'ottica che vede in un corso d'acqua integro, un incremento complessivo della capacità autodepurativa e conseguentemente una riduzione dei carichi inquinanti e un generale miglioramento dello stato di qualità delle acque.

Come puntualizzato anche nel documento preliminare, interventi in tal senso mireranno a:

- aumentare il tempo di residenza (creazione di pozze, stagni, incremento della sinuosità del tracciato; ampliamenti dell'alveo per ricostruire boscaglie palustri e acquitrini ecc. );
- ridurre l'apporto o estrarre nutrienti (eliminazione periodica della biomassa, creazione di are golenali vegetate, fasce tampone ecc.);
- favorire la riossigenazione incrementando la turbolenza (introduzione di salti, creazione di buche e raschi con l'inserimento di massi, tronchi e ciottoli in alveo ecc.);
- favorire la sedimentazione (ancora pozze, stagni, fasce boscate);

- aumentare la superficie di contatto acqua-substrato colonizzata da organismi depuranti (inserimento di elementi in diversificazione dei substrati in alveo, creazione di meandri, buche, raschi ecc.).

### **3 CANALE SAN GIOVANNI**

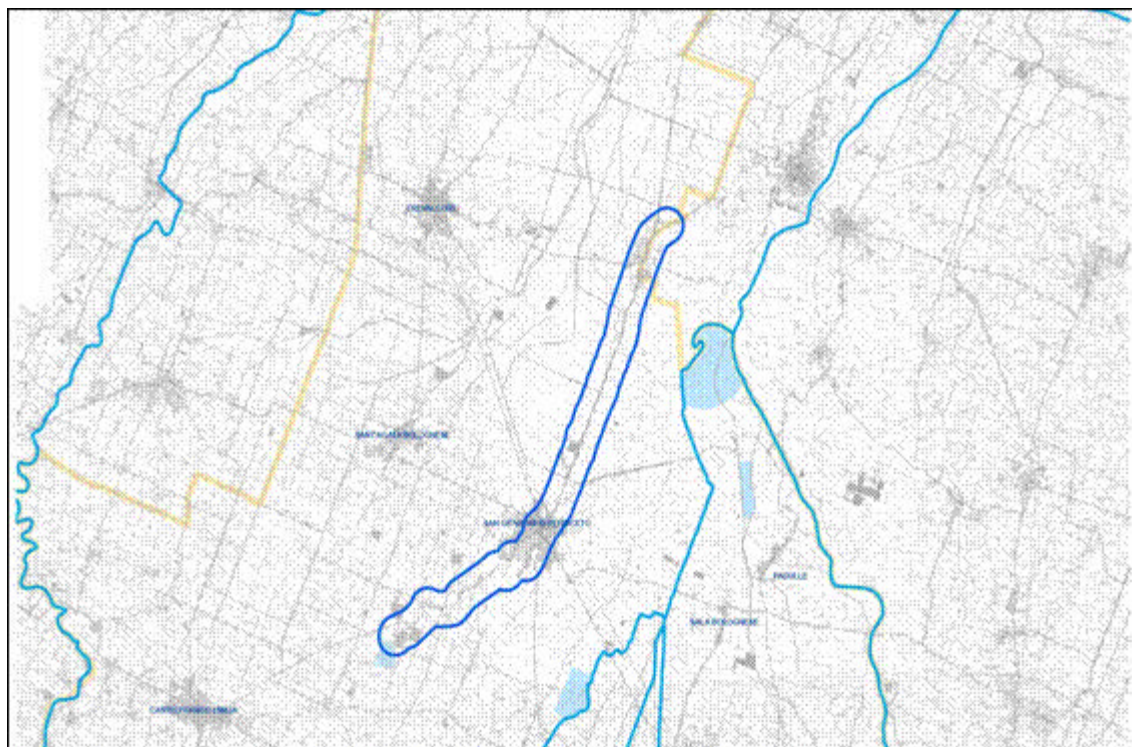
#### **3.1 Descrizione del contesto territoriale**

Il canale si origina a Castelfranco Emilia (Mo) e raccoglie nel suo percorso le acque di scarico del depuratore di Castelfranco, di alcuni in scolmatori di piena e di alcuni piccoli fossi che drenano la campagna circostante e aree artigianali ed industriali di Castelfranco. Il canale ha un utilizzo promiscuo, servendo sia come canale drenante delle acque del territorio sia come canale irriguo.

Il Canale da Castelfranco Emilia prosegue verso valle attraversando l'abitato di Manzolino, ove riceve la Fossa Melara, per poi giungere alla Cassa di Espansione di Manzolino, la quale può laminare le piene del canale attraverso un apposito manufatto idraulico o essere utilizzata come accumulo di acque irrigue mediante l'immissione delle acque del Canale Finaletto, affluente di destra del Canale di San Giovanni.

Più a valle, il canale riceve altri fossi, in particolare lo scolo Muzzone, sino a giungere a San Giovanni in Persiceto, ove si biforca in due rami e sottopassa il capoluogo, per poi riemergere e procedere verso valle in fregio a via Cento, fino alla località Accatà, dove sovrappassa il Canale Collettore Acque Alte (CCAA) e, poco più a valle, prende il nome di Canale di Cento: in questo punto esiste un sistema di paratoie che può regolare i deflussi nel Canale verso San Matteo della Decima, sia deviando parte delle acque (in caso di piena) verso il CCAA, sia, al contrario, accogliendo le acque del CCAA attraverso una apposita stazione di sollevamento, al fine di garantire una portata minima per San Matteo della Decima a scopi igienico-sanitari e per fornire acque per uso irriguo prelevate mediante derivazione a valle della frazione.

Poco più a valle, in località Mora di Castelvecchio, la gestione del Canale passa a carico del Consorzio di Bonifica Valli di Vecchio Reno, mentre nel tratto precedente è di competenza del Consorzio di Bonifica Reno Palata; il Canale, dopo aver ricevuto alcuni apporti, si immette infine per deflusso naturale nel Canale Emissario di Burana–Po di Volano a monte della città di Ferrara



### **3.2 Considerazioni specifiche sul caso**

Il canale presenta alcune problematiche che lo portano ad essere un interessante esempio per la realizzazione di interventi di riqualificazione che mirino al raggiungimento degli obiettivi summenzionati.

In particolare si evidenzia il pericolo di esondazione in diversi punti del suo percorso dovute alla scarsa capacità di deflusso del canale rispetto alle portate che possono effettivamente transitare durante gli eventi di pioggia, fenomeni dovuti al dilavamento dei suoli nel bacino drenante ed al crollo di tratti di sponda nel canale. Questo, oltre a causare problemi di tipo idraulico, comporta difficoltà per lo sviluppo della vegetazione.

Inoltre si evidenzia la scarsa qualità delle acque evidenziata da episodi acuti di inquinamento e da fioriture algali durante la stagione estiva ed una generale scarsa qualità ecologica, paesaggistica e naturale che aggravano le problematiche già citate.

### **3.3 Metodologia d'intervento**

Come introdotto nei capitoli precedenti gli interventi dovranno in generale, mirare alla riqualificazione morfologica dell'alveo di magra (incrementando la sinuosità del tracciato e la sezione dell'alveo), alla riqualificazione della vegetazione riparia (con la realizzazione di piccole fasce boscate o fasce a vegetazione palustre) ed alla riqualificazione ecologica

(realizzazione di pozze, stagni, salti di quota etc.).

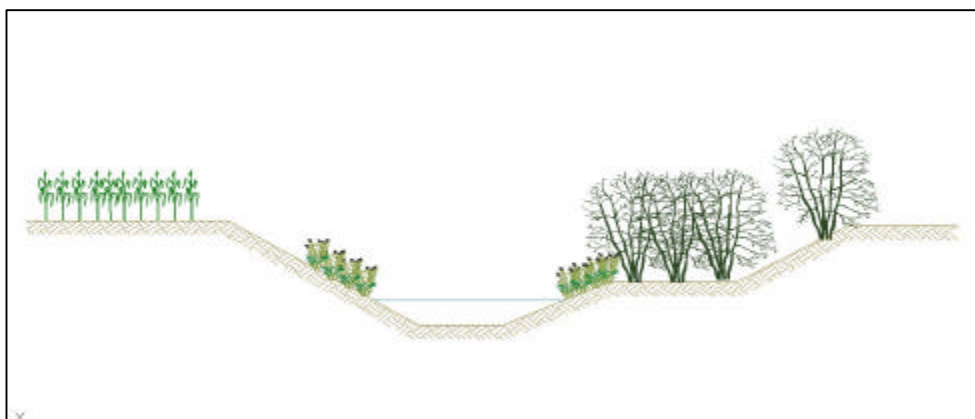
Tutto questo, associato ad una manutenzione sostenibile che preveda interventi selettivi con cadenza periodica, permetterà il raggiungimento degli obiettivi sopra descritti.

Il punto centrale dell'intervento sarà quindi la creazione di una fascia di vegetazione erbacea, arbustiva ed anche parzialmente arborea, che interagisca direttamente con l'ambiente acquatico, da realizzarsi su di una gola, poco elevata rispetto al livello idrico di magra, da ricavare in alveo mediante opportuni scavi di sbancamento.

Ovviamente non è sempre possibile realizzare ampliamenti d'alveo in un canale che si inserisce in un contesto urbanizzato, ma nel suo sviluppo possono essere trovati tratti adatti magari lavorando con la realizzazione di strutture che permettano di ricavare allargamenti di sezione in punti problematici. In questi casi, dove forzatamente non è possibile lavorare con semplici scavi e movimenti di terra, si farà ricorso a opere di consolidamento sempre però da realizzarsi con tecniche di ingegneria naturalistica.

Si indicano tre livelli d'intervento a seconda se sia possibile intervenire con opere a basso, a medio od ad alto impegno strutturale.

### 3.3.1 Interventi a basso impegno di opere

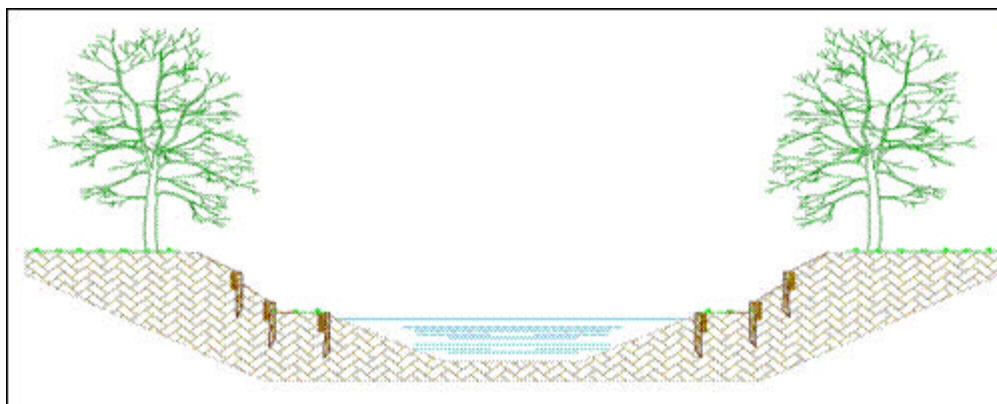


Interventi in tratti dove sia possibile operare senza vincoli dati da infrastrutture lineari o puntuali o da altre strutture, orientati alla realizzazione di una gola di dimensioni (sia come lunghezza che come larghezza) variabili rivegetata con essenze riparie e palustri.

Sono quindi da prevedersi solamente scavi, movimenti di terra e piantagioni per un costo che può essere stimato in 100.000/130.000 euro al chilometro.

Da tale stima sono esclusi gli eventuali oneri per le analisi delle terre di scavo (che in alcuni contesti può essere consigliabile), per il loro smaltimento e per la realizzazione di strutture per l'accumulo dei sedimenti (in alcuni casi dovranno essere previste per evitare di vanificare in pochi anni i risultati delle opere realizzate).

### 3.3.2 Interventi a medio impegno di opere



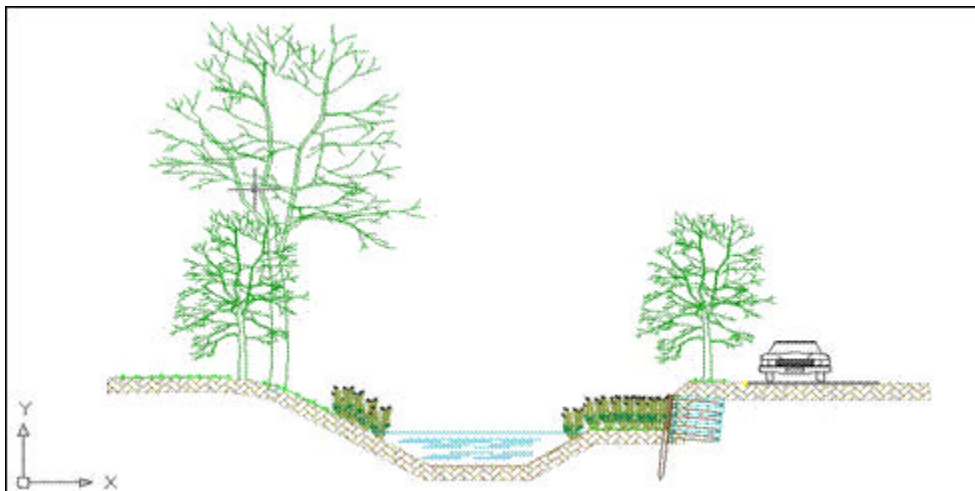
In tratti dove non sia possibile avere a disposizione spazio sufficiente per operazioni di allargamento dell'alveo, ma dove comunque non vi sia la vicinanza di infrastrutture lineari o puntuali, è talvolta possibile ricavare delle piccole golene recuperando spazio grazie alla risagomatura delle sponde ed il loro consolidamento con piccole opere di ingegneria naturalistica, ad esempio gradonate in palizzata viva o rinverdita. Il dimensionamento delle palizzate, l'interasse tra le file e la loro lunghezza varierà a seconda delle condizioni del luogo. Il risultato sarà comunque quello di avere delle golene rinverdite di dimensione variabile.

Sono quindi da prevedersi opere di movimento di terra e riprofilatura delle sponde e la realizzazione di opere in legname vivo o morto rinverdite con l'inserimento di talee o piantine radicare.

Il costo può essere stimato in 150.000/200.000 euro al chilometro, in funzione della quantità dei tratti in palizzata da realizzare.

Da tale stima sono esclusi gli eventuali oneri per le analisi delle terre di scavo (che in alcuni contesti può essere consigliabile), per il loro smaltimento e per la realizzazione di strutture per l'accumulo dei sedimenti (in alcuni casi dovranno essere previste per evitare di vanificare in pochi anni i risultati delle opere realizzate).

### 3.3.3 Interventi a alto impegno di opere



Come nel caso precedente, ma in presenza di infrastrutture lineari o puntuali, è possibile operare recuperando sezione d'alveo arretrando la sponda senza modificare il ciglio arginale.

In questo caso lo spazio necessario per l'area golenale viene ricavato realizzando un repentino salto di quota tra golena ed il piano di campagna; conseguentemente la sponda andrà ad assumere un'andamento pressochè verticale rendendo necessario un consolidamento con strutture importanti come ad esempio le palificate, che potranno essere rinverdate con talee o piantine radicate.

Sono quindi da prevedersi opere di movimento di terra e riprofilatura delle sponde e la realizzazione di opere in palificata (semplici o doppie) rinverdate con l'inserimento di talee o piantine radicare.

Il costo può essere stimato in 250.000/300.000 euro al chilometro, in funzione della quantità dei tratti in palizzata da realizzare.

Da tale stima sono esclusi gli eventuali oneri per le analisi delle terre di scavo (che in alcuni contesti può essere consigliabile), per il loro smaltimento e per la realizzazione di strutture per l'accumulo dei sedimenti (in alcuni casi dovranno essere previste per evitare di vanificare in pochi anni i risultati delle opere realizzate).



#### **4 AZIONI COMPLEMENTARI (MONITORAGGI ETC.)**

Il monitoraggio dei risultati delle opere realizzate dovrebbe svolgersi in una campagna di almeno 5 anni per poter ottenere risultati significativi.

Sommariamente dovrebbero essere previsti:

1. Misurazioni dei volumi di sedimenti, al fine di monitorare le quantità di sedimenti prodotte nel bacino.
2. Periodico rilievo di alcune sezioni di canale, con lo scopo di verificare l'evoluzione della sedimentazione nel canale e la capacità di quest'ultimo di crearsi una propria sezione.
3. Misura dei livelli idrometrici in associazione a conosciuti valori di portata, per tenere monitorata l'effettiva scabrezza dell'alveo e, conseguentemente, a tarare meglio gli interventi di manutenzione della vegetazione qualora questa risultasse troppo elevata.
4. Misura di parametri di qualità dell'acqua in ingresso e in uscita dal tratto di intervento con frequenza settimanale per due mesi invernali e due mesi estivi, da realizzarsi il primo, il terzo e il quinto anno dopo l'intervento sui seguenti parametri: solidi sospesi, pH, Ossigeno disciolto, COD, Azoto ammoniacale, Azoto nitrico e azoto totale, Fosforo Totale, Escherichia coli..
5. Una volta a stagione misura della clorofilla nell'acqua in ingresso al tratto di intervento, questo dato è indice della fioritura algale, e andrà correlato con l'evoluzione nel tratto di intervento degli altri parametri ecologici.
6. Monitoraggio una volta l'anno della fauna ittica presente al fine di verificare l'evoluzione delle specie e della struttura delle popolazioni presenti.

Il costo dei monitoraggi può essere stimato preliminarmente in 100.000 euro l'anno.



**VARIANTE IN RECEPIMENTO  
DEL PIANO REGIONALE DI TUTELA DELLE ACQUE**

**Approfondimento delle  
linee guida per la realizzazione di sistemi naturali estensivi  
per il trattamento delle acque di prima pioggia**

**ALLEGATO 7**  
**Relazione tecnica a corredo della cartografia prodotta**

a cura di  
Giulio Conte



con la collaborazione di



## **IL TRATTAMENTO DELLE ACQUE METEORICHE CON TECNICHE NATURALI (FITODEPURAZIONE)**

In numerose nazioni da più di un decennio si sono adottati sistemi naturali per il trattamento delle acque di prima pioggia e degli scolmatori fognari modificando opportunamente l'approccio al design di tali sistemi sulla base delle precedenti esperienze maturate nella depurazione civile. Si spazia dalle esperienze statunitensi, che hanno sempre privilegiato gli aspetti della qualità delle acque, specialmente in termini di disinfezione, e del valore di fruizione (come ad esempio il progetto di risanamento fluviale sul Rouge River nel Michigan), alle esperienze nord-europee, in particolare nel Regno Unito ed in Germania, talvolta meno "estetiche" ma estremamente interessanti sia per la qualità finale degli effluenti, che per gli effetti di laminazione ottenuti con un'occupazione di superficie nettamente ridotta.

L'Inghilterra ci ha fornito una delle più ricche esperienze con circa 35 impianti in funzione di cui alcuni monitorati regolarmente da svariati anni. Dal punto di vista scientifico anche la Germania, con più di 50 impianti realizzati, sta producendo strumenti di fondamentale importanza per le future applicazioni: è in Germania infatti che si trovano le migliori esperienze di modelli di previsione di tali sistemi, certamente una sfida data la natura stocastica delle variabili che influenzano il funzionamento di questi impianti (distribuzione e intensità degli eventi di pioggia, relazioni dirette o indirette con la composizione chimica dei sovrafflussi e quindi alle tipologie di inquinanti atmosferici depositi nel periodo secco, etc). I già citati Stati Uniti e l'Australia, che grazie alle più abbondanti superfici disponibili hanno sempre fatto uso delle tecniche più estensive, hanno stabilito linee guida e precise indicazioni gestionali per i sistemi a flusso libero.

### **Tipologie di sistemi di trattamento naturali per le acque meteoriche**

Le principali tipologie di intervento utilizzabili sono:

#### **1) Sistema di fitodepurazione estensivo a flusso superficiale con acqua permanente: stagno umido (Figura 1)**

Sono stagni artificiali che conservano una porzione del bacino di invaso allagata anche nei periodi di tempo secco. Ogni evento di pioggia viene laminato e trattato all'interno dello stagno. Si possono variare fortemente le valenze sia in termini di laminazione idraulica che di capacità di trattamento depurativo che, infine, di inserimento paesaggistico ed incremento della qualità ecosistemica, variando l'altezza delle sponde libere ed anche la percentuale di invaso che rimane continuamente bagnato. In uno stagno umido le acque di runoff di ogni

evento piovoso vengono trattenute e trattate tramite processi di sedimentazione e degradazione biologica, finché, in occasione del successivo evento piovoso, vengono sostituite dal nuovo volume di runoff. Maggiori volumi idrici sono trattenuti temporaneamente all'interno dello stagno (dimensionando opportunamente le sponde), contribuendo così anche alla laminazione delle punte idrauliche. Particolarmente efficaci per il trattamento e la gestione di volumi di acque di dilavamento debolmente cariche, l'adozione di tali sistemi come unico stadio di depurazione per Acque Bianche Contaminate può avere delle controindicazioni, come diffusione di odori molesti, rapido interrimento ed eutrofizzazione. Viceversa, se accoppiato con sistemi di filtrazione a monte (vedi Figure 3 e 4), può essere un valido sistema per il raggiungimento di molteplici obiettivi, quali la laminazione degli eventi di piena, la ricreazione di ecosistemi acquatici, l'inserimento paesaggistico o la fruibilità;

## **2) Sistemi di fitodepurazione estensivo a flusso superficiale con acqua permanente: wetland (Figura 2)**

Questi sistemi consistono in una riproduzione artificiale di una area umida con acqua a bassa profondità e limitate zone ad acqua profonda nel cui design si inseriscono tutti i possibili accorgimenti per favorire i processi di autodepurazione tipici delle aree umide naturali; va sottolineato come questi sistemi sono più diffusi nei paesi (Stati Uniti, Australia), dove sono minori i vincoli dovute alle maggiori superfici richieste rispetto a sistemi a flusso sommerso (costo di esproprio, adeguate distanze da centri abitati, ecc.). Il sistema è sviluppato in modo da avere diverse zone a profondità variabile, in modo da favorire l'attecchimento di diverse specie vegetali acquatiche e il naturale sviluppo di una biodiversità che consente di ottenere le migliori rese depurative. Il fondo del bacino è sovrastato da un medium a matrice organica su cui cresce la vegetazione. Le Wetland possono essere utilizzate anche come stadio successivo ad un sistema di filtrazione e come trattamento delle acque "di seconda pioggia", sia come affinamento della qualità delle acque che per il conseguimento di altri obiettivi, quali la laminazione (variando la capacità di invaso dello stesso ed eventualmente abbinandolo ad uno stagno ad acqua profonda si può ottenere la capacità di invaso necessario all'ottenimento di un alto grado di protezione idraulica), l'inserimento paesaggistico, la fruibilità, la creazione di percorsi naturalistici, ecc.

## **3) Sistemi di fitodepurazione a flusso sommerso (Figure 3 e 4)**

Si tratta di sistemi a flusso sommerso orizzontale (Figura 4) equiparabili a quelli utilizzati per il trattamento delle acque di scarico, costituiti da vasche contenenti materiale inerte con granulometria prescelta al fine di assicurare una adeguata conducibilità idraulica (i mezzi di riempimento comunemente usati sono ghiaia e pietrisco); tali materiali inerti costituiscono il supporto su cui si sviluppano le radici delle piante elofite (è comunemente utilizzata la *Phragmites australis*). Il flusso idraulico dei liquami rimane costantemente al di sotto della superficie e scorre in senso orizzontale grazie ad una leggera pendenza del fondo del letto.

Questi sistemi richiedono l'utilizzo in testa di un bacino di accumulo, poiché risulta difficile mantenere il flusso sommerso orizzontale a meno di non dover ricorrere a sezioni di ingresso molto grandi; inoltre, soprattutto quando si hanno grosse superfici dilavate, assicurare i giusti tempi di ritenzione idraulica risulta oneroso in quanto si necessita di grosse superfici.

Recentemente in Germania sono stati introdotti e messi in funzione particolari impianti di fitodepurazione appositamente studiati per questo scopo ed applicabili in generale anche al trattamento delle acque di pioggia (Figura 3); si tratta di sistemi di fitodepurazione funzionanti prevalentemente a flusso sommerso, ovvero letti in scavo riempiti di materiale inerte in cui l'acqua scorre sotto il piano di campagna, mantenendo il letto sempre sovrassaturo di acqua (flusso orizzontale) o alternando fasi bagnate a fasi asciutte (flusso verticale alternato). Nello strato di materiale inerte (0.6-1m di spessore) vengono piantate essenze vegetali tipiche delle zone umide (tipicamente si fa largo uso della *Phragmites australis*), la cui parte radicale è responsabile delle particolari condizioni che si vengono a instaurare per alcuni dei principali processi depurativi.

In condizioni di basse portate l'acqua scorre nel materiale inerte dal centro del letto fino ai lati, con componente di moto prevalente orizzontale; all'aumentare della portata si ottiene un progressivo invasamento del letto e l'instaurarsi di componenti di moto verticale e di scorrimento superficiale.

Tale sistema può quindi ragionevolmente essere considerato come un sistema ibrido che comprende le tre principali tipologie di fitodepurazione (flusso sommerso orizzontale e verticale e flusso libero). I sistemi di fitodepurazione a flusso sommerso combinato costituiscono una delle modalità di trattamento delle acque meteoriche più efficienti a parità di area impegnata. Il materiale inerte di riempimento dei letti offre una vasta superficie per la formazione di un biofilm adesivo, principale responsabile della rimozione degli inquinanti insieme a filtrazione e sedimentazione;

#### **4) Sistemi di fitodepurazione a flusso sommerso + sistema a flusso superficiale** (Figura 5)

Un netto incremento di efficacia nella rimozione degli inquinanti rispetto alle ipotesi precedenti consiste nel mettere in testa ad un sistema di fitodepurazione a flusso libero (o ad uno stagno umido) un sistema di fitodepurazione a flusso sommerso come quello descritto al punto 1. L'efficacia depurativa derivante dall'abbinamento dei due sistemi è molto elevata ed il trattamento finale con il sistema a flusso libero offre inoltre maggiori possibilità di ottenimento dei più alti gradi di protezione idraulica. Dal punto di vista dell'inserimento architettonico e ambientale, rispetto al punto 1 si ha la possibilità di integrare il sistema di filtrazione, che ha un aspetto "meno naturale", rendendolo parte di un'area multifunzionale (vedi paragrafo successivo).

## **Aspetti ambientali, paesaggistici e di fruizione**

L'approccio progettuale deve puntare a favorire sinergie tese ad integrare l'intervento con obiettivi paesaggistico-ambientali a grande scala, tramite l'integrazione dei sistemi naturali di depurazione delle acque nel paesaggio circostante, ed alla minimizzazione degli impatti previsti dalle nuove opere infrastrutturali e di servizi. Per questo si raccomanda il ricorso a diverse competenze in fase di progettazione: si tratta, in altre parole, di mettere in pratica una progettazione integrata ingegneristica- ambientale-paesaggistica. L'approccio paesaggistico ed ambientale integrato dovrà necessariamente tenere conto delle relazioni visive e funzionali tra gli elementi dei diversi spazi verdi esistenti (masse vegetali e spazi aperti, sistema dei percorsi, sistema delle acque, morfologia del suolo), e le emergenze paesaggistiche e architettoniche così da stabilire rapporti di connessione tra i vari ambiti dello studio di fattibilità con l'intorno ambientale.

Accanto agli obiettivi primari di garantire il trattamento degli inquinanti e la laminazione delle portate è necessario puntare ad altri obiettivi quali: a) il riequilibrio ecologico-paesaggistico, b) la riconnessione funzionale con il sistema ambientale e di fruizione c) il miglioramento in termini di biodiversità.

- a) **Riequilibrio ecologico.** Il progetto dovrà essere concepito in modo da poter rispondere a criteri di sostenibilità ambientale e miglioramento della qualità complessiva dell'ambiente. In una procedura attenta a strategie di cantiere aventi minimo impatto ambientale, la movimentazione del terreno dovrà sottostare a criteri di autosufficienza al fine di limitare i costi e minimizzare al massimo la movimentazione degli automezzi circoscrivendola all'interno del cantiere.
- b) **Riconnessione funzionale con il sistema ambientale:** dovranno essere preferite scelte progettuali che prevedano la connessione dei sistemi naturali di depurazione delle acque con il sistema del verde esistente, in modo da contribuire alla realizzazione della rete ecologica locale, sia a scala urbana micro, sia a scala più allargata, cosicché il recupero e la riqualificazione paesaggistica possano costituire il tassello fondamentale di un sistema ecologico-ambientale che coniughi funzioni naturalistiche e fruizione.
- c) **Miglioramento della biodiversità:** nella progettazione integrata del sistema di depurazione delle acque, la scelta delle specie vegetali sarà indirizzata alla ricostituzione di biotopi scomparsi o potenziali nonché a favorire lo stanziamento e nidificazione dell'avifauna e della fauna terrestre<sup>1</sup>. La scelta delle specie, rigorosamente attenta ad un utilizzo di materiale vegetale autoctono, potrà eccezionalmente avere delle licenze anche verso l'utilizzo di specie locali, ma di varietà recentemente selezionate ed allevate per l'utilizzo in ambienti urbani particolarmente ostili, quali parcheggi e strade carrabili, al fine di limitare i futuri trattamenti fitosanitari e le potature.

---

<sup>1</sup> Tra i temi trattati all'ultimo Convegno Nazionale di Ornitologia c'era lo studio della comunità ornitica svernante presso l'impianto di fitodepurazione di Jesi, uno dei più grandi sistemi a flusso libero italiani realizzato per l'affinamento degli scarichi in uscita dal depuratore comunale.





**VARIANTE IN RECEPIMENTO  
DEL PIANO REGIONALE DI TUTELA DELLE ACQUE**

Approfondimento delle  
“**Zone di Protezione delle acque sotterranee: aree di ricarica**”  
nel territorio di pedecollina-pianura della Provincia di Bologna

**ALLEGATO 8**  
**Relazione tecnica a corredo della cartografia prodotta**

a cura di  
Dott. Paolo Severi e Dott.ssa Luciana Bonzi  
Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli  
Regione Emilia-Romagna

Responsabile del Servizio Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli  
Dott. Raffaele Pignone

## PREMESSA

Il presente lavoro viene svolto nell'ambito di una Convenzione tra il Servizio Tutela Ambientale della Provincia di Bologna, ed il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, che ha come obiettivo, tra gli altri, la delimitazione delle zone di protezione delle acque sotterranee per il territorio della pedecollina e pianura bolognese. In particolare questo lavoro si riferisce all'illustrazione della metodologia seguita per l'adeguamento a scala provinciale delle "Zone di protezione delle acque sotterranee del territorio di pedecollina pianura", così come definite dalle perimetrazioni della Tavola 1 del Piano di Tutela delle Acque (d'ora in poi PTA) della Regione Emilia-Romagna.

La metodologia seguita dal PTA regionale prevede l'individuazione di quattro differenti settori in cui le zone di protezione delle acque sotterranee vengono divise, definiti:

- settore A: Aree caratterizzata da ricarica diretta della falda;
- settore B: Aree caratterizzata da ricarica indiretta della falda;
- settore C: bacini imbriferi di primaria alimentazione dei settori A e B;
- settore D: fasce adiacenti agli alvei fluviali con prevalente alimentazione laterale.

La cartografia regionale riporta tali settori in scala 1:250.000, indicando per il settore B una "fascia da sottoporre ad approfondimenti" (vedi fig. 1-16 della Relazione generale del PTA), presente anche nella pianura bolognese.

La metodologia di seguito illustrata è del tutto analoga a quella che il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna ha usato per trattare le stesse tematiche nelle Province di Forlì, Modena, Piacenza, Ravenna, Reggio - Emilia e Rimini. Obiettivo di questa metodologia è quello di definire le zone di protezione nella "fascia da sottoporre ad approfondimenti" del settore B, ed anche di definire in modo più approfondito ed adeguato alla scala provinciale il settore A, B, C e D in tutto l'areale della Provincia di Bologna.

Analogamente a quanto fatto nel PTA regionale, l'acquifero freatico di pianura non viene preso in considerazione per il presente lavoro.

Si sottolinea da ultimo che nel apportare delle modifiche ai limiti delle "Zone di protezione delle acque sotterranee del territorio di pedecollina pianura" contenute nel PTA regionale, si è tenuto conto del fatto che tali limiti, in sede di approvazione del PTA stesso, sono stati oggetto di discussioni sia dal punto tecnico che gestionale con tutti i portatori di interesse. I lavori sono stati realizzati dal Dott. Paolo Severi e dalla Dott.ssa Luciana Bonzi del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, a stretto contatto con i tecnici del Servizio Tutela Ambientale della Provincia di Bologna.

## **Metodologia seguita**

Al fine di effettuare gli adeguamenti richiesti dal PTA regionale si è fatto anzitutto riferimento alla metodologia indicata nello stesso Piano regionale (si veda la Relazione generale del PTA, pagine 104-110).

In estrema sintesi, la definizione metodologica dei settori A e B prende in considerazione dati di tipo geologico, quali la profondità degli acquiferi dal piano campagna e loro caratteristiche geometriche; e di tipo idrogeologico, come le caratteristiche delle oscillazioni piezometriche dei punti di monitoraggio, e i trend dei nitrati nei punti di controllo. Per definire il settore C viene considerata la distribuzione dei bacini imbriferi alimentanti i settori A e B. Mentre le zone D sono definite nel PTA regionale in modo geometrico, con una larghezza di 250 metri per lato a destra e sinistra dei fiumi nel loro percorso all'interno dei settori A e B.

Di seguito vengono illustrate le metodologie che sono state seguite per la definizione delle zone di protezione nei settori A e B (assieme), e C e D (separatamente).

Come si potrà evincere facilmente dal proseguo di questo scritto, sono molte le basi dati che hanno concorso alla definizione dei nuovi limiti, ciò è specialmente vero per i settori A e B. La definizione dei nuovi limiti deriva quindi dalla sovrapposizione di tutti gli elementi disponibili e dalla loro valutazione congiunta. In questo percorso metodologico, per la definizione del nuovo limite si è generalmente scelta la maggior cautela, quindi quando su una tale aree i diversi dati risultassero tra loro discordanti, si è deciso di porre il limite in modo tale da allargare le zone di protezione secondo il criterio, appunto, della maggiore cautela. Ciò è giustificato dalla volontà di tutelare la risorsa idrica sotterranea, e dalla complessità del sistema naturale a confronto del comunque sempre modesto numero di dati a disposizione.

## **Settori A e B**

Con l'obiettivo di operare un approfondimento di scala rispetto ai limiti regionali delle Zone di Protezione, per i settori A e B, si sono presi in considerazione i seguenti elementi.

### ***Analisi dei dati qualitativi e quantitativi delle acque sotterranee***

Al fine di ottenere una migliore definizione delle zone di protezione, nel rispetto della metodologia indicata dal PTA, si sono analizzati i dati qualitativi e quantitativi delle acque sotterranee ricadenti nell'intorno del limite delle zone di protezione A e B definite nel PTA regionale.

Si sono quindi presi in considerazione quei punti di monitoraggio che avessero una serie storica temporale sufficientemente lunga per poter seguire il metodo indicato. Tali punti sono risultati quelli della rete di monitoraggio delle acque sotterranee della Regione Emilia-Romagna, attiva per la parte quantitativa sin dal 1976 e per la parte qualitativa dal 1988 (e quindi in grado di applicare in modo esauriente il metodo seguito). I punti

analizzati per gli aspetti quantitativi sono 64, quelli per gli aspetti qualitativi 49. Per alcuni di tali pozzi, l'allegato 1 descrive il ruolo svolto nella conferma o eventuale modifica dei limiti delle zone di protezione.

La figura 1 mostra la distribuzione dei punti analizzati, ed anche i limiti delle zone di protezione indicati nel PTA regionale.

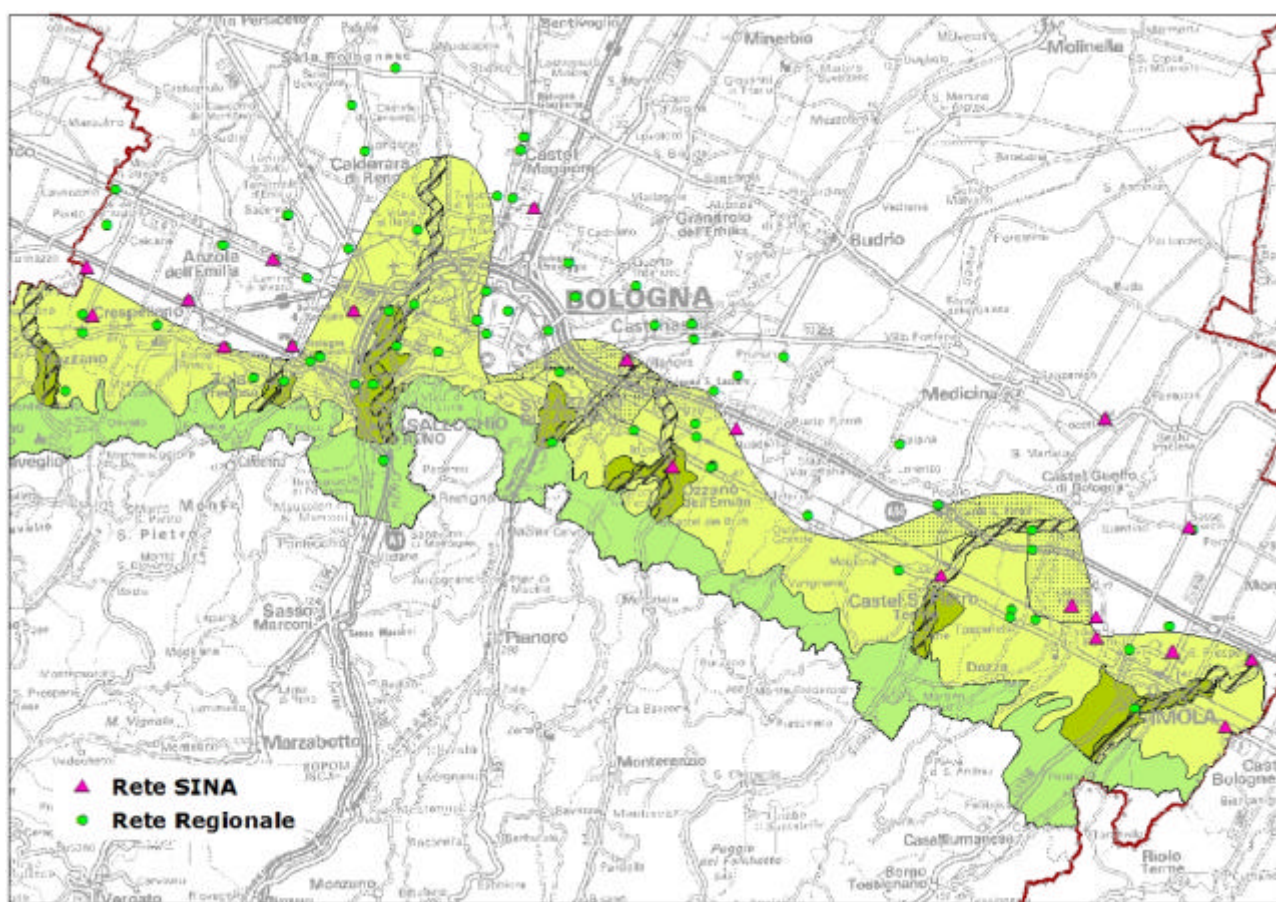


Figura 1: distribuzione dei punti di monitoraggio analizzati. La figura indica anche i limiti delle zone di protezione del PTA regionale: verde scuro zone A, verde chiaro zone B (in puntinato le aree B da approfondire), verde brillante zone C, barrato le zone D.

Al fine di classificare ogni pozzo rispetto al proprio settore di appartenenza, si è proceduto nel modo seguente:

- 1) per quel che riguarda le oscillazioni piezometriche si sono considerati appartenenti al settore B quei punti in cui le oscillazioni stagionali sono solitamente maggiori di 2 metri (vedi la figura 2);
- 2) per quel che riguarda la parte qualitativa si sono considerati nel settore A quei punti in cui il valore dei nitrati ha subito delle variazioni rapide, mentre trend dei nitrati regolari e continui indicano appartenenza al settore B (vedi la figura 3) .

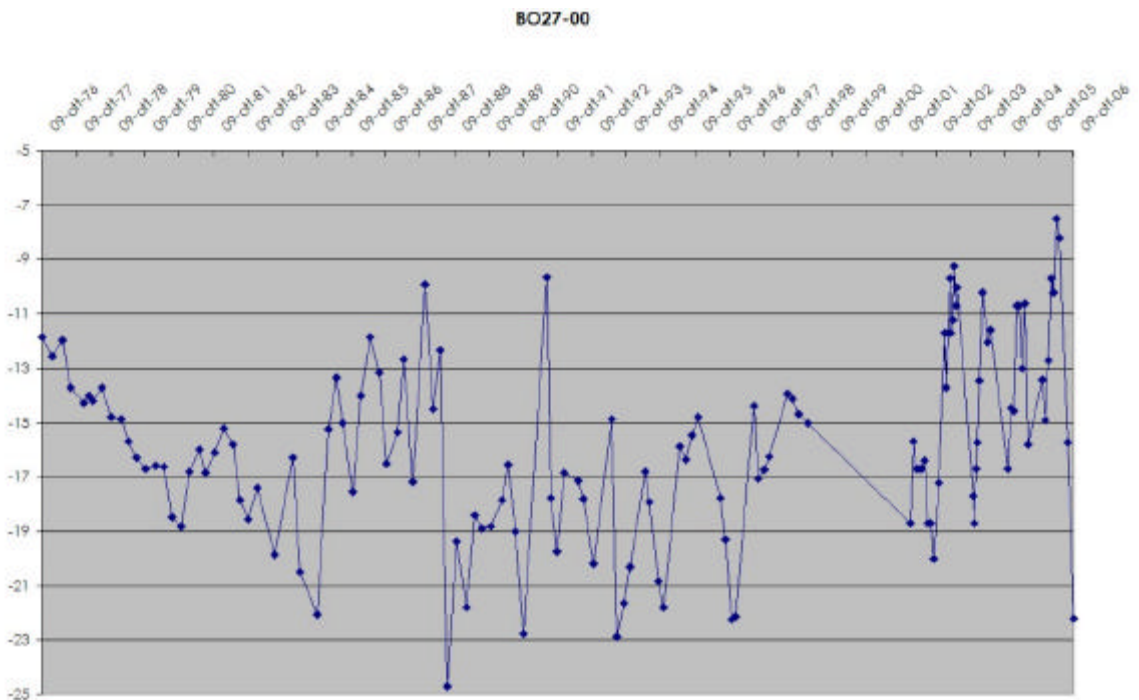


Figura 2: andamento piezometrico del pozzo BO 27-00 della rete regionale di controllo; le oscillazioni stagionale sono generalmente ampie e indicano appartenenza alla zona "B". Il pozzo in questione è ubicato in sinistra del Fiume Reno, poco a Nord di Lippo di Calderara.

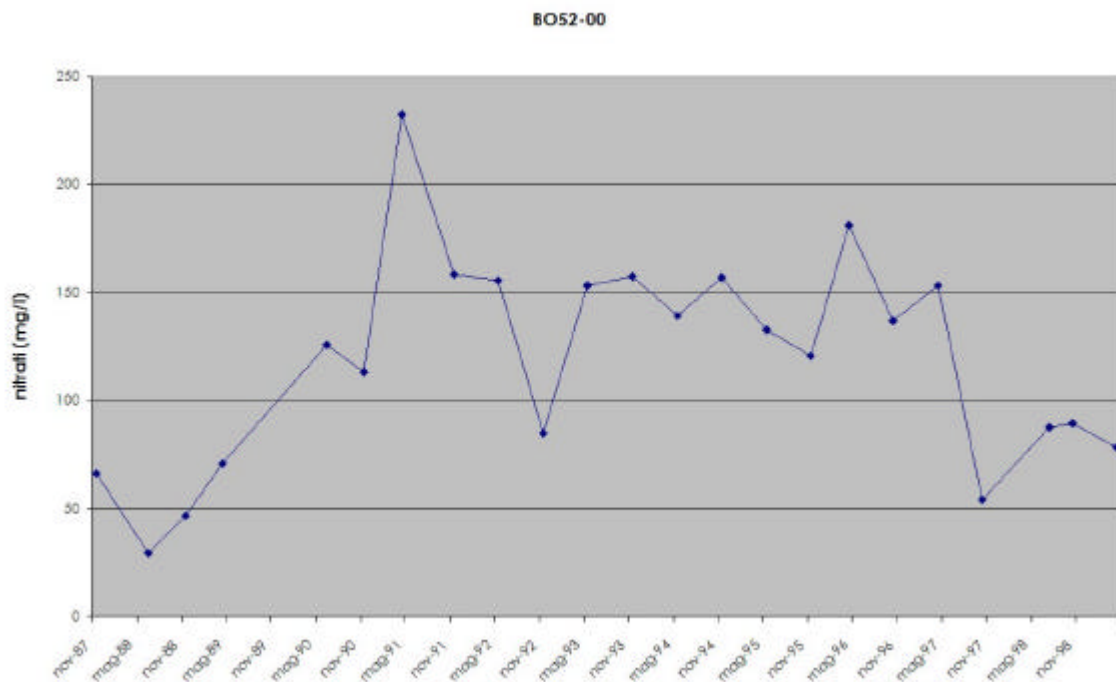


Figura 3: andamento dei nitrati nel pozzo BO 52-00 della rete regionale di controllo; rapide variazioni della qualità indicano appartenenza alle aree di ricarica di tipo A.

Va sottolineato che le correzioni dei limiti apportate sulla base dei dati della rete di monitoraggio, non possono necessariamente essere molto precise, esse dipendono infatti dalla densità e dalla spaziatura reciproca dei punti stessi.

### ***Analisi della cartografia geologica disponibile***

Nel rispetto della metodologia indicata dal PTA, si sono analizzate le cartografie geologiche elaborate dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, sia pubblicate, che in corso di pubblicazione. In particolare si sono utilizzate la carta geologica in scala 1:10.000 (progetto Carta Geologica in scala 1:10.000 dell'Appennino Emiliano-Romagnolo), e la carta geologica in scala 1:25.000 e 1: 50.000 (Progetto Cartografia Geologica su scala nazionale), quest'ultima particolarmente utile perché disponibile anche nel settore di pianura, ed anche con informazioni sulla geologia di sottosuolo.

La ri-definizione del settore di ricarica di tipo A (ovvero l'area di ricarica diretta della falda, identificabile come un sistema monostrato in continuità con la superficie, caratterizzato dalla presenza di ghiaie affioranti e continue nel sottosuolo per decine di metri), è stata in parte possibile proprio grazie alla disponibilità della cartografia geologica di pianura, di superficie e di sottosuolo.

L'analisi della cartografia geologica 1:10.000 ha invece permesso di posizionare in modo corretto il limite tra il settore C ed il settore B in tutta la zona sud, al limite con l'Appennino (figura 4). Tale limite è infatti posizionato sul bordo di monte di affioramento dei terrazzi alluvionali e delle "Sabbie Gialle" la dove connessi direttamente con la pianura. Si ricorda infatti che queste unità geologiche costituiscono la parte affiorante di alcuni degli acquiferi sepolti nella pianura.



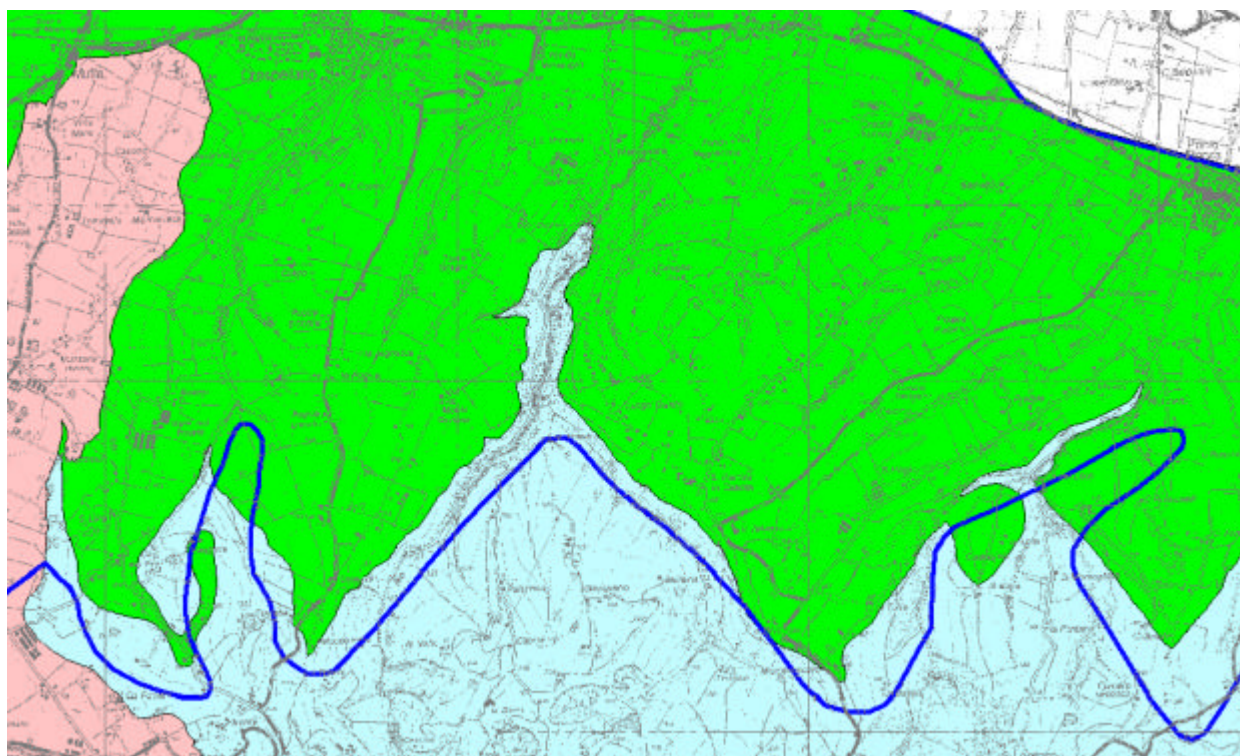


Figura 4: esempio di correzione del limite di monte delle zone “B”: l’area verde costituisce il nuovo limite, la linea blu il vecchio. In questo caso la precisione del nuovo limite è molto buona.

### ***Analisi degli studi per la realizzazione della nuova cartografia di vulnerabilità regionale***

Nel rispetto della metodologia indicata dal PTA, si sono analizzate le elaborazioni cartografiche di supporto ai lavori relativi alla stesura di una nuova Carta Regionale della Vulnerabilità (determinazione n. 6636 del 6/7/2001 della Direzione Ambiente e Difesa del Suolo e della Costa della Regione Emilia-Romagna). Si tratta, in particolare, della proposta di nuova carta regionale di vulnerabilità, derivante dalla carta del tetto delle ghiaie dal piano campagna e dalla carta del grado di protezione del sistema suolo-clima-coltura. In estrema sintesi questa carta è stata costruita inizialmente individuando le zone caratterizzate dalla presenza di ghiaie a profondità inferiori a 10 metri dal piano campagna. Nelle aree così individuate, si sono considerate le caratteristiche dei suoli, unitamente al clima ed al tipo di coltura presente. Da ultimo sono state individuate le zone in cui le proprietà dei suoli precludono o inibiscono in modo importante il deflusso idrico verso il basso, cioè le zone in cui non può di fatto avvenire la ricarica delle falde. Si precisa che nel PTA regionale questa carta è stata utilizzata, assieme alle elaborazioni idrogeologiche più sopra ricordate, per la definizione esterna del settore B.

La carta è visibile in:

[www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/acque/progetti/cartog\\_vulnerab.htm](http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/acque/progetti/cartog_vulnerab.htm)

Va ricordato che questa carta non costituisce la Carta delle zone vulnerabili ai nitrati attualmente vigente.

Al fine di ottenere una migliore e più dettagliata definizione cartografica dei tematismi trattati ed in analogia con quanto fatto nelle altre province per le quali si è realizzata la revisione delle zone di protezione, si è scelto di integrare la metodologia del PTA regionale attraverso lo svolgimento delle seguenti ulteriori attività.

### ***Analisi dei dati disponibili sulla geochimica isotopica delle acque sotterranee***

Si è considerata l'entità della ricarica stagionale in pozzo dedotta sulla base dei dati geochimico-isotopici disponibili su scala regionale grazie al Programma "SINA". Dal punto di vista concettuale la percentuale della ricarica annuale viene indicata dal valore della differenza del delta  $^{18}\text{O}$  rilevata nelle due campagne annuali disponibili: valori alti di questa differenza indicano una ricarica stagionale significativa, e quindi forte vicinanza alle zona di ricarica.

Va sottolineato che l'utilizzo di dati geochimico-isotopici è suggerita dalla metodologia del PTA regionale per quanto concerne la definizione del settore A. La distribuzione dei punti disponibili è riportata nella figura 1, i punti analizzati sono complessivamente 21.

La figura 5 mostra il caso del pozzo I-BO-33 in cui gli alti valori della differenza del delta  $^{18}\text{O}$  hanno suggerito lo spostamento verso valle del limite dell'area B.

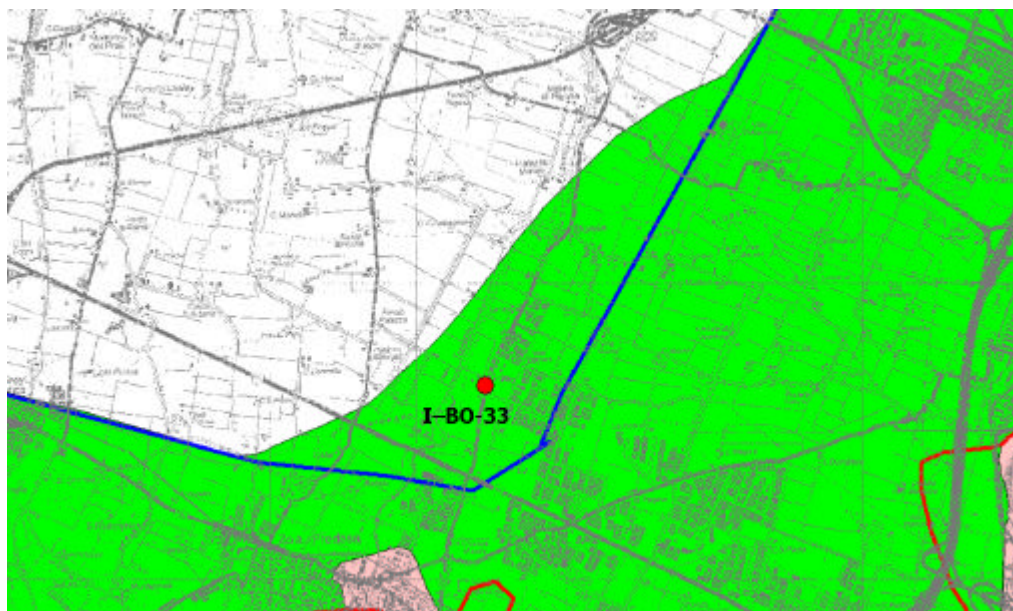


Figura 5: esempio di correzione del limite di valle delle zone "B" grazie ad un dato di isotopia di pozzo: l'area verde costituisce il nuovo limite, la linea blu il vecchio.

Anche in questo caso, vale quanto già detto a riguardo delle modifiche indotte da dati puntuali di pozzo: si noti che lo spostamento del limite dipende solamente dal dato e dall'ubicazione del pozzo indicato, e che pertanto lo stesso limite ha una precisione tutto sommato modesta.

### ***Analisi delle cartografie disponibili inerenti la protezione degli acquiferi***

Per l'importante contenuto tecnico e bibliografico che contiene è stata anche analizzata la "Carta della Vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero principale" realizzata nel 2001 dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del CNR nella zona in studio.

Per lo stesso motivo si sono analizzate le Carte delle Isopiezometriche delle Falde Sup1, Sup2 e Sup4 allegate alla relazione geologica del PAE del Comune di Bologna (2001).

Un'altra cartografia considerata è stata la "Ricostruzione della geometria della falda freatica Bolognese" (G.Viel, 1996). La lettura di questa carta da infatti delle informazioni importanti per la definizione della zona in cui gli acquiferi profondi si separano da quello freatico di superficie; tale limite è significativo per la definizione delle zone di ricarica.

Tutte le carte sopra menzionate sono state ovviamente georeferenziate e sovrapposte a tutte le altre basi dati disponibili.

### **Settore C**

Come si è detto, il settore C comprende i microbacini imbriferi montani contigui ai settori A e B; pertanto, la dove i limiti di monte di tali settori siano stati modificati, è stato necessario rivedere anche il limite del settore C. A tal fine, in modo del tutto analogo a quanto fatto nel PTA regionale, si è presa la distribuzione di tali microbacini e si è conseguentemente individuato il nuovo limite di monte delle zone C.

### **Settore D**

Come accennato in precedenza, nel PTA regionale il settore D è stato definito in modo geometrico considerando un intorno di 250 metri attorno ai fiumi e torrenti principali, nel loro percorso dentro le zone A e B. Non ritenendo questo criterio esaustivo ad una scala provinciale, si è cercato il modo per definire il settore D con un criterio non geometrico ma geologico.

A tal fine è utile ricordare la definizione delle zone D data nel PTA, ovvero di "aree di pertinenza degli alvei fluviali compresa all'interno dell'area A e B, ..... in cui l'alimentazione da corso d'acqua, abbondante e di buona qualità, rappresenta un elemento di elevata positività per il mantenimento di buone caratteristiche chimiche delle acque sotterranee". Le acque dei fiumi hanno infatti un potere diluente nei confronti di eventuali sostanze inquinanti presenti nell'acquifero, quindi le aree dove avviene questo trasferimento di acque dal fiume alle falde (ovvero le zone D) vanno attentamente tutelate.

Per la loro individuazione si sono quindi utilizzate le aree limitrofe ai corsi d'acqua in cui fossero presenti ghiaie affioranti, considerando che esse siano connesse con gli acquiferi sottostanti. A tal fine si sono generalmente prese in considerazione le ghiaie affioranti e adiacenti al fiume dell'unità geologica più recente (AES8a), che hanno infatti le caratteristiche sopra dette.

Una particolare attenzione è stata posta su dove chiudere verso monte il limite delle aree D, in particolare nei due fiumi principali della Provincia, ovvero il Reno ed il Santerno. E' bene ricordare che le aree di protezione di cui si tratta, riguardano gli acquiferi delle conoidi, quindi dal punto di vista concettuale, occorre individuare quelle parti delle porzioni intravallive che ricaricano le conoidi. Si tratta quindi di cartografare i terrazzi in cui il flusso idrico sotterraneo sia parallelo al fiume e recapitato, appunto, verso la pianura. Evidentemente per delimitare nel giusto modo queste zone occorrerebbe avere le piezometrie dei terrazzi intravallivi, su tutta l'area di interesse, prese in diversi periodi dell'anno, e ripetute per diversi anni, in modo tale da avere certezze sugli andamenti piezometrici.

In mancanza di questi dati, e in modo cautelativo, si sono utilizzati dei criteri geologici, basati principalmente sulla continuità fisica dei terrazzi con le conoidi.

Per quel che riguarda invece le zone di pianura dove non erano presenti né ghiaie né terrazzi alluvionali, non si sono trovati elementi per portare modifiche al criterio geometrico del PTA regionale.

### **Conclusioni**

Alla luce della metodologia seguita e sopra illustrata, i nuovi limiti delle zone "Zone di protezione delle acque sotterranee del territorio di pedecollina pianura", per la Provincia di Bologna risultano essere quelli indicati in figura 6, dove è anche visibile il paragone con i limiti vecchi.



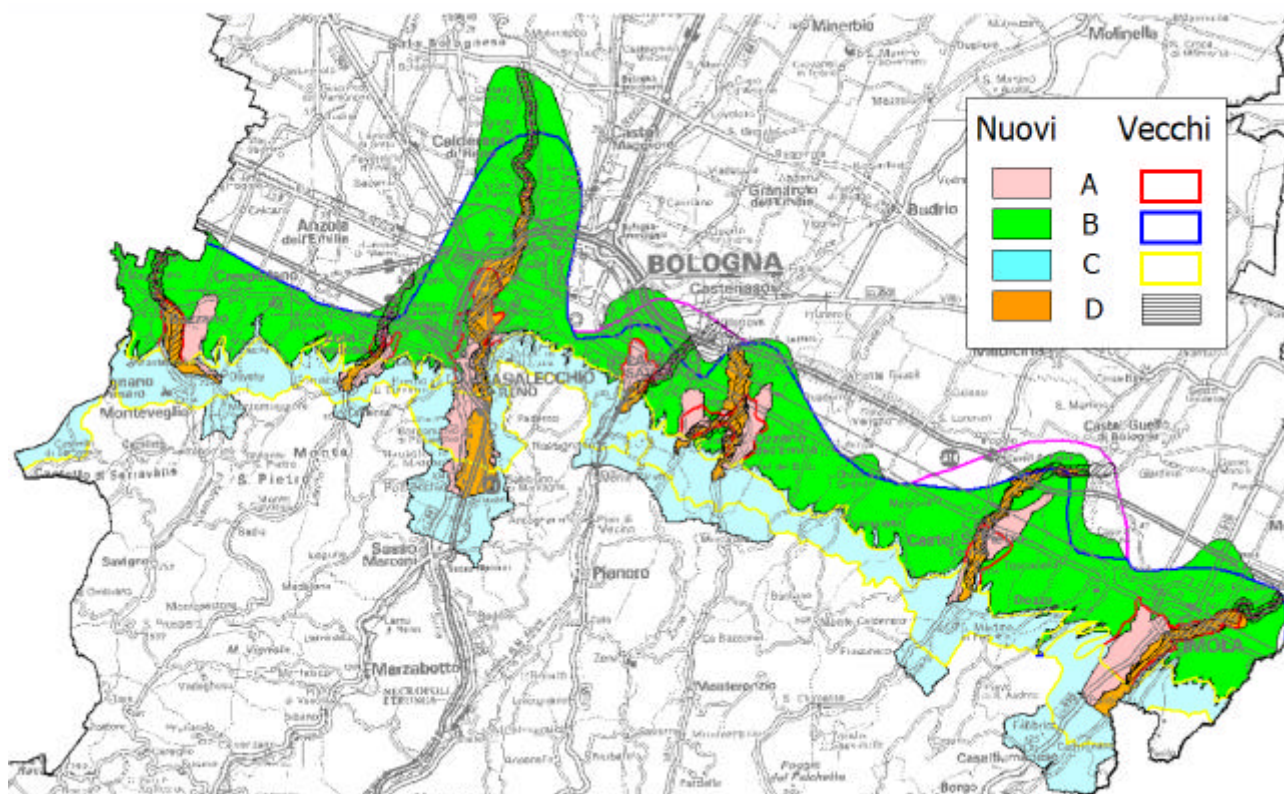


Figura 5: Nuovi limiti delle “Zone di Protezione delle acque sotterranee: aree di ricarica nel territorio di pedecollina-pianura” della Provincia di Bologna, e paragone con i vecchi limiti.

Sulla base della metodologia adottata l'estensione delle aree di protezione definite nella pedecollina e pianura della Provincia di Bologna è la seguente:

- per il settore A 71 km<sup>2</sup> (rispetto a 38 km<sup>2</sup> del PTA regionale );
- per il settore B 273 km<sup>2</sup> (rispetto a 259 km<sup>2</sup> + 35 km<sup>2</sup> del PTA regionale - settore B e settore B da sottoporre ad approfondimenti);
- per il settore C 179 km<sup>2</sup> (rispetto a 137 km<sup>2</sup> PTA regionale);
- per il settore D 50 km<sup>2</sup> (rispetto a 32 km<sup>2</sup> PTA regionale).

## **Allegato 1**

Di seguito vengono brevemente commentati per alcuni dei pozzi analizzati della Rete di monitoraggio delle acque sotterranee della Regione Emilia-Romagna, i dati relativi alle variabili analizzate, ed il ruolo che eventualmente hanno svolto per la definizione del nuovo limite.

### **BO13-00**

Non compreso nel settore B che necessita di approfondimenti.

Geologia: il pozzo è profondo 348 m e capta il complesso acquifero B (filtri da 180 a 347.74 m dal p.c.).

Piezometria: sono disponibili i dati dal 1976 al 2006.

Nitrati: sono disponibili i dati dal 1987 al 2006.

I trend di piezometria e nitrati confermano la non appartenenza al settore B.

### **BO14-00**

Non compreso nel settore B che necessita di approfondimenti.

Geologia: il pozzo è profondo 30 m e capta il complesso acquifero A1 (filtri da 22 a 30 m dal p.c.).

Piezometria: sono disponibili i dati dal 1976 al 2006.

Nitrati: sono disponibili i dati dal 1987 al 2006.

I trend di piezometria e nitrati confermano la non appartenenza al settore B.

### **BO18-00**

Già compreso nel settore B.

Geologia: il pozzo è profondo 99 m e capta il complesso acquifero C (filtri da 52 a 97 m dal p.c.).

Piezometria: sono disponibili i dati dal 1976 al 2006.

Nitrati: sono disponibili i dati dal 1987 al 2003.

I trend di piezometria e nitrati confermano l'appartenenza al settore B.

### **BO21-00**

Non compreso nel settore B che necessita di approfondimenti.

Geologia: il pozzo è profondo 83 m e capta il complesso acquifero A2 (filtri da 70 a 78 m dal p.c.).

Piezometria: sono disponibili i dati dal 1976 al 1999.

Nitrati: non ci sono dati a disposizione.

Il trend della piezometria e il valore dell'O18 consentono di includere il pozzo nel settore B.



BO25-01

Non compreso nel settore B che necessita di approfondimenti.

Geologia: la profondità e la posizione dei filtri non sono note.

Piezometria: sono disponibili i dati dal 1988 al 1999.

Nitrati: sono disponibili i dati dal 1988 al 1997.

I trend di piezometria e nitrati confermano la non appartenenza al settore B.

BO27-00

Già compreso nel settore B.

Geologia: il pozzo è profondo 451 m e capta i complessi acquiferi A2, A3, A4 e B (filtri da 100.01 a 429.53 m dal p.c.).

Piezometria: sono disponibili i dati dal 1976 al 2006.

Nitrati: sono disponibili i dati dal 1987 al 2006.

I trend di piezometria e nitrati confermano l'appartenenza al settore B.

BO28-00

Non compreso nel settore B che necessita di approfondimenti.

Geologia: il pozzo è profondo 67 m e capta il complesso acquifero A1 (filtri da 58 a 67 m dal p.c.).

Piezometria: sono disponibili i dati dal 1976 al 2006.

Nitrati: sono disponibili i dati dal 1987 al 2006.

I trend di piezometria e nitrati confermano la non appartenenza al settore B.

BO30-00

Già compreso nel settore B.

Geologia: il pozzo è profondo 218 m e capta i complessi acquiferi A2, A3, A4 e B (filtri da 63.8 a 208 m dal p.c.).

Piezometria: sono disponibili i dati dal 1976 al 2006.

Nitrati: sono disponibili i dati dal 1987 al 2003.

I trend di piezometria e nitrati confermano l'appartenenza al settore B.

BO32-00

Non compreso nel settore B che necessita di approfondimenti.

Geologia: il pozzo è profondo 211 m e capta i complessi acquiferi A2, A3 e A4 (filtri da 95.5 a 203.3 m dal p.c.).

Piezometria: sono disponibili i dati dal 1976 al 2006.

Nitrati: sono disponibili i dati dal 1987 al 2006.

I trend di piezometria e nitrati confermano la non appartenenza al settore B.

BO33-00

Non compreso nel settore B che necessita di approfondimenti.

Geologia: il pozzo è profondo 375 m e capta i complessi acquiferi A2, A3, A4 e B (filtri da 84.09 a 354.11 m dal p.c.).

Piezometria: sono disponibili i dati dal 1976 al 2006.

Nitrati: sono disponibili i dati dal 1987 al 2006.

I trend di piezometria e nitrati confermano la non appartenenza al settore B.

BO49-00

Già compreso nel settore B.

Geologia: il pozzo è profondo 193 m e capta il complesso acquifero B (filtri da 81.5 a 187.2 m dal p.c.).

Piezometria: sono disponibili i dati dal 1976 al 2006.

Nitrati: sono disponibili i dati dal 1987 al 1999.

I trend di piezometria e nitrati confermano l'appartenenza al settore B.

BO52-00

Compreso nel settore A.

Geologia: il pozzo è profondo 14 m e capta il complesso acquifero A (filtri non noti).

Piezometria: sono disponibili i dati dal 1976 al 2006.

Nitrati: sono disponibili i dati dal 1987 al 1999.

I trend di piezometria e nitrati confermano l'appartenenza al settore A.

BO55-01

Non compreso nel settore B che necessita di approfondimenti.

Geologia: il pozzo è profondo 84 m e capta il complesso acquifero A (filtri non noti).

Piezometria: sono disponibili i dati dal 1978 al 2006.

Nitrati: non ci sono dati a disposizione.

Il trend di piezometria consente di includerlo nel settore B.

BO59-00

Non compreso nel settore B che necessita di approfondimenti.

Geologia: il pozzo è profondo 72 m e capta i complessi acquiferi A2, A3 e A4 (filtri da 30 a 63.5 m dal p.c.).

Piezometria: sono disponibili i dati dal 1976 al 2002.

Nitrati: sono disponibili i dati dal 1987 al 1997.

Il trend dei nitrati consente di includerlo nel settore B.

BO61-00

Già compreso nel settore B.

Geologia: il pozzo è profondo 101 m e capta i complessi acquiferi A4 e B (filtri da 73.3 a 95.72 m dal p.c.).

Piezometria: sono disponibili i dati dal 1976 al 2006.

Nitrati: sono disponibili i dati dal 1987 al 2006.

I trend di piezometria e nitrati confermano l'appartenenza al settore B.

BO66-00

Compreso nel settore B che necessita di approfondimenti.

Geologia: il pozzo è profondo 190 m e capta i complessi acquiferi A3, A4 e B (filtri da 96 a 189 m dal p.c.).

Piezometria: sono disponibili i dati dal 1976 al 2006.

Nitrati: sono disponibili i dati dal 1987 al 1994.

I trend di piezometria e nitrati confermano l'appartenenza al settore B.

BO67-00

Non compreso nel settore B che necessita di approfondimenti.

Geologia: il pozzo è profondo 63 m e capta il complesso acquifero A2 (filtri da 55.5 a 60.5 m dal p.c.).

Piezometria: sono disponibili i dati dal 1976 al 2003.

Nitrati: sono disponibili i dati dal 1987 al 2003.

I trend di piezometria e nitrati confermano la non appartenenza al settore B.

BO69-00

Non compreso nel settore B che necessita di approfondimenti.

Geologia: il pozzo è profondo 101 m e capta i complessi acquiferi A2 e A3 (filtri da 53 a 98.9 m dal p.c.).

Piezometria: sono disponibili i dati dal 1976 al 2006.

Nitrati: sono disponibili i dati dal 1987 al 2006.

I trend di piezometria e nitrati confermano la non appartenenza al settore B.

BO70-01

Già compreso nel settore B.

Geologia: profondità e posizione dei filtri non sono noti.

Piezometria: sono disponibili i dati dal 1979 al 2006.

Nitrati: sono disponibili i dati dal 1987 al 2006.

I trend di piezometria e nitrati confermano l'appartenenza al settore B.

BO71-00

Già compreso nel settore B.

Geologia: il pozzo è profondo 96 m e capta i complessi acquiferi A2 e A3 (filtri da 45.5 a 90 m dal p.c.).

Piezometria: sono disponibili i dati dal 1976 al 2006.

Nitrati: sono disponibili i dati dal 1987 al 2006.

I trend di piezometria e nitrati confermano l'appartenenza al settore B.

BO72-00

Già compreso nel settore B.

Geologia: il pozzo è profondo 62 m e capta il complesso acquifero A2 (filtri da 47 a 61 m dal p.c.).

Piezometria: sono disponibili i dati dal 1976 al 2006.

Nitrati: sono disponibili i dati dal 1987 al 2006.

I trend di piezometria e nitrati confermano l'appartenenza al settore B.

BO77-00

Già compreso nel settore B.

Geologia: il pozzo è profondo 193 m e capta il complesso acquifero C (filtri da 53.55 a 190 m dal p.c.).

Piezometria: sono disponibili i dati dal 1976 al 1999.

Nitrati: sono disponibili i dati dal 1987 al 1991.

I trend di piezometria e nitrati confermano l'appartenenza al settore B.

BO84-00

Non compreso nel settore B che necessita di approfondimenti.

Geologia: il pozzo è profondo 150 m e capta il complesso acquifero A (filtri non noti).

Piezometria: sono disponibili i dati dal 1982 al 1990.

Nitrati: sono disponibili i dati dal 1987 al 2006.

I trend di piezometria e nitrati confermano la non appartenenza al settore B.



**VARIANTE IN RECEPIMENTO**  
DEL PIANO REGIONALE DI TUTELA DELLE ACQUE

Approfondimento delle  
“**Zone di Protezione delle acque sotterranee: aree di ricarica**”  
nel territorio collinare montano della Provincia di Bologna

**ALLEGATO 9**  
**Relazione tecnica a corredo della cartografia prodotta**

a cura di  
Dott.ssa Maria Teresa De Nardo e Dott. Stefano Segadelli  
Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli  
Regione Emilia-Romagna

Responsabile del Servizio Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli  
Dott. Raffaele Pignone

## 1 PREMESSA

In base alla convenzione approvata con DGR n. 217 del 27-2-2006, integrata dalla richiesta pervenuta con lettera prot. PG 0418992 del 21-12-2007, il Settore Ambiente della Provincia di Bologna ha richiesto la collaborazione del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, per lo svolgimento (tra le altre) delle seguenti attività:

- Individuazione delle emergenze naturali della falda, attraverso l'acquisizione e sintesi, relativamente all'area appenninica bolognese, delle basi dati sulle sorgenti, ricavabili da analisi territoriali pregresse a corredo del vigente PTCP e da censimenti e banche dati disponibili presso altri Enti (es. ARPA, ATO, Gestori delle reti acquedottistiche ecc.)
- individuazione delle situazioni problematiche (es. sovrapposizioni tra segnalazioni acquisite da diversi archivi) risolvibili con approfondimenti successivi;
- elaborazione di cartografie tematiche per l'individuazione delle "rocce-magazzino" o aree di ricarica, propedeutiche alla delimitazione delle zone di protezione delle acque sotterranee in ambito collinare e montano, in attuazione del Piano di Tutela delle Acque;
- delimitazione delle "aree di possibile alimentazione" delle sorgenti utilizzate per il consumo umano.

Queste analisi territoriali sono finalizzate all'aggiornamento del quadro conoscitivo del PTCP, a costituire variante in adeguamento al Piano di Tutela delle Acque (PTA), nell'ambito dell'elaborazione del Piano provinciale di Tutela delle Acque (PPTA). Il metodo utilizzato nelle analisi territoriali prescritte è illustrato nella Relazione generale del PTA, a cui chi scrive ha contribuito per lo specifico argomento (Par. 1.3.4.3), avvalendosi dei risultati di cartografie pubblicate dal Servizio Geologico ("Schema Direttore della pericolosità geoambientale", Viel *et alii*, 2003).

Le cartografie tematiche predisposte descrivono i costituenti fondamentali delle zone di protezione delle acque sotterranee nell'ambito collinare e montano della Provincia di Bologna, come specificato dall'art. 44, comma 1, punto c) delle Norme del PTA.

Si descrivono sinteticamente i contenuti delle basi dati e cartografie predisposte, come risultato della collaborazione tra i due Enti. Oltre a chi scrive, le attività sono state svolte dai consulenti del Servizio Geologico: Stefano Segadelli (contributo alla delimitazione delle "rocce-magazzino"), Patrizia Scarpulla e Irene Rinaldi (raccolta dati sulle sorgenti e informatizzazione, collaborazione con il Servizio Tecnico di Bacino Reno e l'Autorità di



Bacino) Annalisa Parisi (informatizzazione dati sulle sorgenti). Lo svolgimento di tali attività è stato reso possibile grazie all'impegno del Responsabile del Servizio Geologico regionale, dott. Raffaele Pignone.

## **2 INDIVIDUAZIONE DELLE EMERGENZE NATURALI DELLA FALDA (ART. 44 PTA).**

### **2.1 Considerazioni sulla base dei dati pregressi**

Sin dal 1999 presso il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli è in corso il censimento delle sorgenti nell'area dell'Appennino emiliano-romagnolo, come contributo alla realizzazione del "catasto dei punti d'acqua" che le Regioni devono formare ex-dlgs 152/99. Tra il 2002 e il 2003, grazie a una collaborazione stabilita tra il Servizio Geologico e l'Autorità di Bacino del Reno<sup>1</sup>, è stato possibile implementare ulteriormente l'inventario delle sorgenti (con particolare attenzione a quelle captate per l'approvvigionamento idropotabile) e ottenere una prima individuazione delle unità geologiche sede di significative concentrazioni di sorgenti (*rocce-magazzino*), ad una scala utile alla pianificazione di bacino e provinciale (De Nardo, 2005).

Per le finalità della convenzione con la Provincia, sono state utilizzate le seguenti basi-dati, derivate dalle attività pregresse di cui sopra:

- *Seabo e Azienda Municipalizzata di Imola (AMI)*, ora confluite nel Gruppo HERA S.p.A. Dati (essenzialmente, localizzazione) relativi a sorgenti che alimentano o alimentavano acquedotti, in prevalenza nei comuni dell'Appennino bolognese, ottenuti tramite l'Autorità di Bacino del Reno.
- *Servizio Tecnico di Bacino (STB) Reno, Regione Emilia-Romagna*<sup>2</sup> L'archivio raccoglie i dati reperibili (aggiornati al 2001) nelle pratiche di richiesta di concessione "in via preferenziale" per l'utilizzo di acque sorgive, divenute pubbliche ai sensi della "Legge Galli" e pervenute al Servizio (competente per il rilascio). Le richieste si riferiscono a sorgenti captate per uso idropotabile o altro, nell'Appennino bolognese
- *ARPA-Ingegneria Ambientale*, dati relativi al solo comune di Lizzano in Belvedere (BO) confrontabili con quelli reperiti presso STB Reno
- Pubblicazione "*...Sorella acqua... la fonte e il ricordo...*" Assessorato all'Ambiente, Provincia di Bologna<sup>3</sup> (1998), relativi a un censimento delle sorgenti libere o comunque non captate da acquedotto (es. fontane). Come era nell'intenzione degli

---

<sup>1</sup> Referenti per le attività: D. Preti, P. Maldini

<sup>2</sup> Si ringraziano il responsabile del Servizio, ing. G. Simoni; il referente dott. L. Rosciglione; la sig.ra Morello per l'accesso alle pratiche.

<sup>3</sup> Si ringrazia l'ing. P. Cavazzi

autori, questa base dati segnala scaturigini che possono avere (o acquistare) caratteristiche di pregio naturalistico nell'Appennino Bolognese.

- Sorgenti minerali o termali, in concessione nel 1999 (da dati del Servizio Geologico regionale).

Per un confronto, è stata anche utilizzata:

- la “Base informativa delle reti acquedottistiche (versione provvisoria) ediz. 2003” , pubblicata a cura del Servizio Tutela e Risanamento Risorsa Acqua della Regione Emilia-Romagna.

Tra le possibili elaborazioni che si ottengono considerando questi dati pregressi, il grafico di figura 1 rappresenta la distribuzione del numero delle sorgenti censite in ogni comune, questi ultimi elencati in ascisse da sinistra a destra, secondo un ordine che tiene approssimativamente conto di fasce altimetriche decrescenti (tratta da: De Nardo e Scarpulla, 2004 a cui si rimanda per maggiori dettagli).

Sono state considerate tutte le 483 sorgenti segnalate dall'ex-Seabo nella provincia di Bologna, cifra che comprende anche captazioni originariamente a servizio di acquedotti locali e attualmente dismesse. Per confronto con la “Base informativa delle reti acquedottistiche (versione provvisoria) ediz. 2003” della Provincia di Bologna, le sorgenti dell'archivio ex-Seabo corrispondenti a captazioni effettivamente “in esercizio” sono stimabili in 314, in accordo con quanto si legge in “Le acque sotterranee del territorio montano e collinare della provincia di Bologna” (AA. VV., 1997).

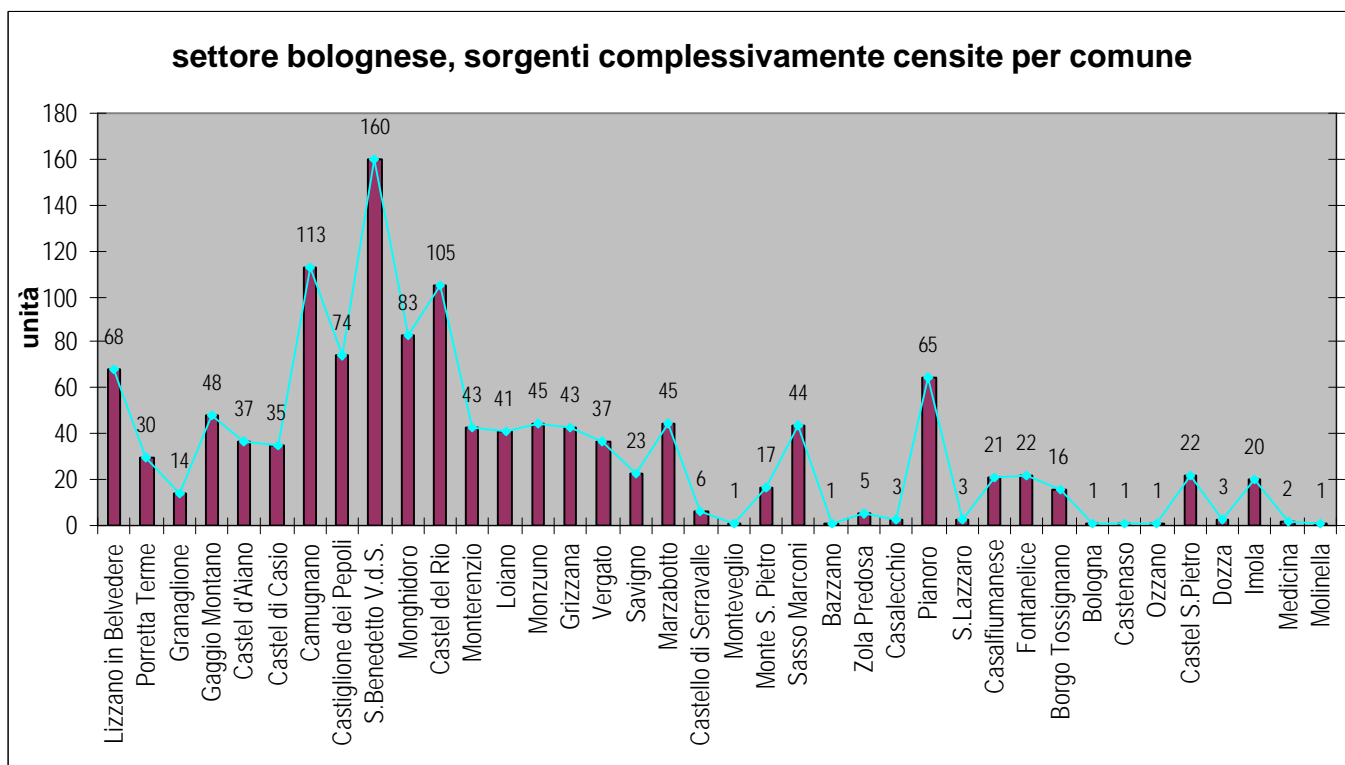


Figura 1

La distribuzione mostra alcuni valori anormalmente bassi in relazione alle locali caratteristiche geologiche (Porretta, Granaglione) oppure viziati dalla sovrapposizione tra punti censiti in archivi diversi (Lizzano); al di là della necessità di sistemazione e completamento locale dell'inventario, l'istogramma mostra comunque una tendenza: le sorgenti sono massimamente concentrate nei comuni dell'alto Appennino bolognese, dove ai valori di precipitazioni medie annue più elevati si accompagna la presenza di formazioni favorevoli a ospitare reti acquifere. Segue un gruppo di comuni (Gaggio Montano, Castel di Casio, Monterenzio, Loiano, Monzuno, Grizzana, Vergato, Marzabotto) con distribuzioni simili e rappresentative di una situazione maggiormente diffusa. Nel medio Appennino bolognese, il calo delle sorgenti censite è netto e solo Sasso Marconi e Pianoro fanno eccezione, a causa della presenza di condizioni idrogeologiche favorevoli (es. litotipi grossolani della sinclinale del "Pliocene Intrappenninico" Auctt.).

Nello studio condotto per l'Autorità di Bacino del Reno (De Nardo, 2005) è stata esaminata, nei comuni bolognesi, la distribuzione delle sorgenti censite e a servizio di acquedotti confrontata con quella delle sorgenti che non alimentano acquedotti o che non sono addirittura utilizzate per il consumo umano. Si ricava che le sorgenti censite che alimentano acquedotti prevalgono costantemente in numero nei comuni che in ascisse

(nel grafico in figura 1) sono compresi tra Lizzano e Marzabotto. Pur trattandosi di dati sicuramente da implementare (vedi oltre), risulta come in questi comuni le acque sorgive rappresentino una fonte primaria per l'approvvigionamento idropotabile. Essi corrispondono alle fasce altimetriche più elevate, dove la quota minima non è inferiore a 110 m. Nei rimanenti comuni, le sorgenti censite che non servono acquedotti sono sempre numericamente superiori.

Si evidenziano quindi due diverse situazioni di utilizzo delle acque sotterranee, tra alto e medio Appennino bolognese, per le quali sono di conseguenza differenziabili politiche per la tutela di questa risorsa.

Per la discreta corrispondenza tra i dati degli archivi pregressi presenti presso il Servizio Geologico regionale e quelli acquisiti dalla Provincia (vedi paragrafo seguente), le considerazioni a commento della figura 1 sono valide anche per le finalità della variante al PTCP.

## **2.2 Elaborazioni per il Piano provinciale**

A completamento dei dati pregressi, attraverso la convenzione con la Provincia di Bologna sono state ricevute le seguenti basi dati informatizzate:

- Sorgenti e fontane pubbliche censite per il vigente PTCP;
- Sorgenti per cui è stata presentata richiesta di concessione al Servizio Tecnico di Bacino (STB) Reno, aggiornate al 2005;
- Sorgenti e pozzi di acque classificate come minerali e termali, per cui esistano concessioni per lo sfruttamento (in atto o meno), aggiornate al 2005.

Dal confronto tra i dati presenti presso il Servizio Geologico e quelli forniti dalla Provincia, è emersa una sostanziale corrispondenza. Ad uso del Piano provinciale di Tutela delle Acque (PPTA, variante al PTCP) sono quindi forniti all'Ente i seguenti shapefiles di sintesi, relativi prevalentemente alle sorgenti non coincidenti rispetto alle segnalazioni degli archivi della Provincia di Bologna. Nella prospettiva di un futuro aggiornamento del censimento delle sorgenti nell'Appennino bolognese, la verifica sull'attendibilità di questi dati "non corrispondenti" costituirà un punto di partenza.

Si tratta dei files in formato shape:

- *1\_spds\_lizzano*, censite nel Comune di Lizzano (da informatizzazione dei dati da pratiche presenti presso STB Reno);
- *Eccedenti\_seabo\_ptcp*, segnalazioni di sorgenti ex-Seabo, che non compaiono tra quelle del vigente PTCP;
- *Eccedenti\_ami\_ptcp*, segnalazioni di sorgenti ex-AMI, che non compaiono tra quelle del vigente PTCP;

- *Da\_bd\_10000*, segnalazioni ricavate, presso il Servizio Geologico regionale, dalla Banca Dati della Carta Geologica a scala 1:10.000 dell'Appennino emiliano-romagnolo; sorgenti libere localmente cartografate dai rilevatori;
- *Captazioni\_acque\_minerali*, sorgenti e pozzi di acque classificate come minerali o termali, integrazione dei dati forniti dalla Provincia con quelli presenti presso il Servizio Geologico regionale.

Solo per facilitare l'allestimento finale da parte dell'Ente, vengono ri-consegnate alcune delle basi-dati ottenute dalla Provincia (files *2\_ptcp\_bo\_sorgenti.shp* da PTCP e *sorgenti\_in\_concessione.shp* relativo ai dati più aggiornati dell'STB Reno). Complessivamente, il quadro sulla distribuzione delle "emergenze naturali della falda", prescritto dall'art. 44 del PTA, è ricostruibile attraverso i files consegnati e contenuti nella cartella "dati\_Bologna\_settembre\_2006".

Nelle tabelle degli attributi compaiono campi legati a codifiche delle sorgenti negli archivi di provenienza, oltre a campi descrittivi del comune in cui sono localizzate, sezione CTR 1:10.000, coordinate X, Y nel sistema di riferimento ED50-UTM 32\*. Per le sorgenti minerali o termali, nella tabella degli attributi compaiono campi descrittivi di nome, temperatura (*temp*, in gradi centigradi, il valore zero indica assenza del dato), comune di ubicazione, chimismo di massima (da bibliografia).

Sempre l'art. 44 del PTA prescrive l'individuazione, nell'ambito delle emergenze naturali della falda, delle sorgenti di particolare pregio naturalistico-ambientale; per l'ambito collinare e montano bolognese risultano disponibili, grazie allo studio effettuato negli anni '90 per la pubblicazione "Sorella Acqua", dati pregressi informatizzati su 177 sorgenti libere o captate da fontane pubbliche: a giudizio del competente Servizio della Provincia, come successivo approfondimento di quest'analisi, sarà possibile procedere all'individuazione delle "sorgenti di particolare pregio naturalistico-ambientale" prescritte dal PTA. Ulteriori dati potranno essere raccolti anche attraverso i risultati di specifici progetti, curati dai Centri di Educazione Ambientale della Regione Emilia-Romagna, nonchè dallo sviluppo dei risultati di iniziative di raccolta di dati "storici", a cui il Servizio Geologico regionale collaborerà nel corso del 2008.

### 3 INDIVIDUAZIONE DELLE AREE DI RICARICA NEL TERRITORIO COLLINARE E MONTANO: LE "ROCCE-MAGAZZINO"

(ART.44 NORME PTA).

#### 3.1 Classificazione per il PPTA (variante al PTCP)

La distribuzione delle sorgenti è stata confrontata con la geologia, tratta dalla base dati informatizzata relativa alla "Carta Geologica dell'Appennino emiliano-romagnolo" a scala 1:10.000 e predisposta dal Servizio Geologico regionale. L'addensamento dei punti d'acqua non è casuale e corrisponde alle unità geologiche sede di risorse idriche sotterranee, differenziate in ammassi rocciosi e coperture detritiche di versante ad essi sovrapposte.

L'elaborazione ottenuta dettaglia maggiormente sia la cartografia di prima approssimazione a cui fa riferimento il PTA (a scala 1:250.000), sia quelle predisposte per l'Autorità di Bacino del Reno.

Sono stati consegnati alla Provincia i files in formato shape che descrivono le "rocce-magazzino"; facendo riferimento ai campi delle tabelle degli attributi, questi poligoni risultano classificabili in vari modi.

Il criterio utilizzato per ottenere quella che si propone come cartografia di riferimento per il PPTA, nel settore collinare e montano della Provincia di Bologna (figura 2) è descritto nelle righe seguenti e fa riferimento al **campo "sintesi"** delle tabelle.

Sono "rocce-magazzino" a tutti gli effetti (art. 44 del PTA), le aree cartografate nei seguenti files, la cui delimitazione è suffragata dai dati raccolti già in questa approssimazione:

- a) ammassi rocciosi (file *S\_merge\_no\_ges\_no\_fma\_bo.shp*, campo "sintesi"= "rocce-magazzino")
- b) coperture detritiche di versante prevalentemente associate agli ammassi rocciosi, che ne costituiscono localmente il substrato (file *Stefano\_frane\_rm\_bologna.shp*, campo "sintesi"= "rocce-magazzino"). Sono state differenziate nell'ipotesi che siano localmente in connessione con il substrato, relativamente alla circolazione idrica sotterranea
- c) coperture detritiche di versante (corpi di frana) sede di sorgenti censite, per le quali in questa approssimazione non è possibile individuare ammassi rocciosi a cui siano eventualmente associate (file *frane\_isolate\_bo.shp*)



Sono “rocce-magazzino” che necessitano di un approfondimento del censimento delle sorgenti in via prioritaria, le unità geologiche sede di un numero anormalmente basso di sorgenti censite. Corrispondono a:

- d) ammassi rocciosi (files *S\_merge\_no\_ges\_no\_fma\_bo.shp*, e *S\_238\_fma\_nuova.shp*, in entrambi campo “sintesi”= “rocce-magazzino, approfondimenti”)
- e) coperture detritiche di versante prevalentemente associate agli ammassi rocciosi, che ne costituiscono localmente il substrato (file *Stefano\_frane\_rm\_bologna.shp*, campo “sintesi”= “rocce-magazzino, approfondimenti”). Sono state differenziate nell’ipotesi che siano localmente sede di connessioni, relativamente alla circolazione idrica sotterranea

Sono “rocce-magazzino” non classificabili entro le categorie di cui sopra e quindi provviste di un certo margine di incertezza, le unità geologiche corrispondenti a:

- f) coperture detritiche di versante prevalentemente associate agli ammassi rocciosi, che ne costituiscono localmente il substrato (file *Stefano\_frane\_rm\_bologna.shp*, campo “sintesi”= “non classificabili”).

Ad esempio, rientrano in questa categoria alcuni corpi di frana che, rispetto alla cartografia geologica a scala 1:10.000, potrebbero essere più coerentemente suddivisi in più accumuli, per evidenziare quelli verosimilmente connessi al substrato.

La zonizzazione che deriva dalla cartografia consegnata è illustrata in figura 2

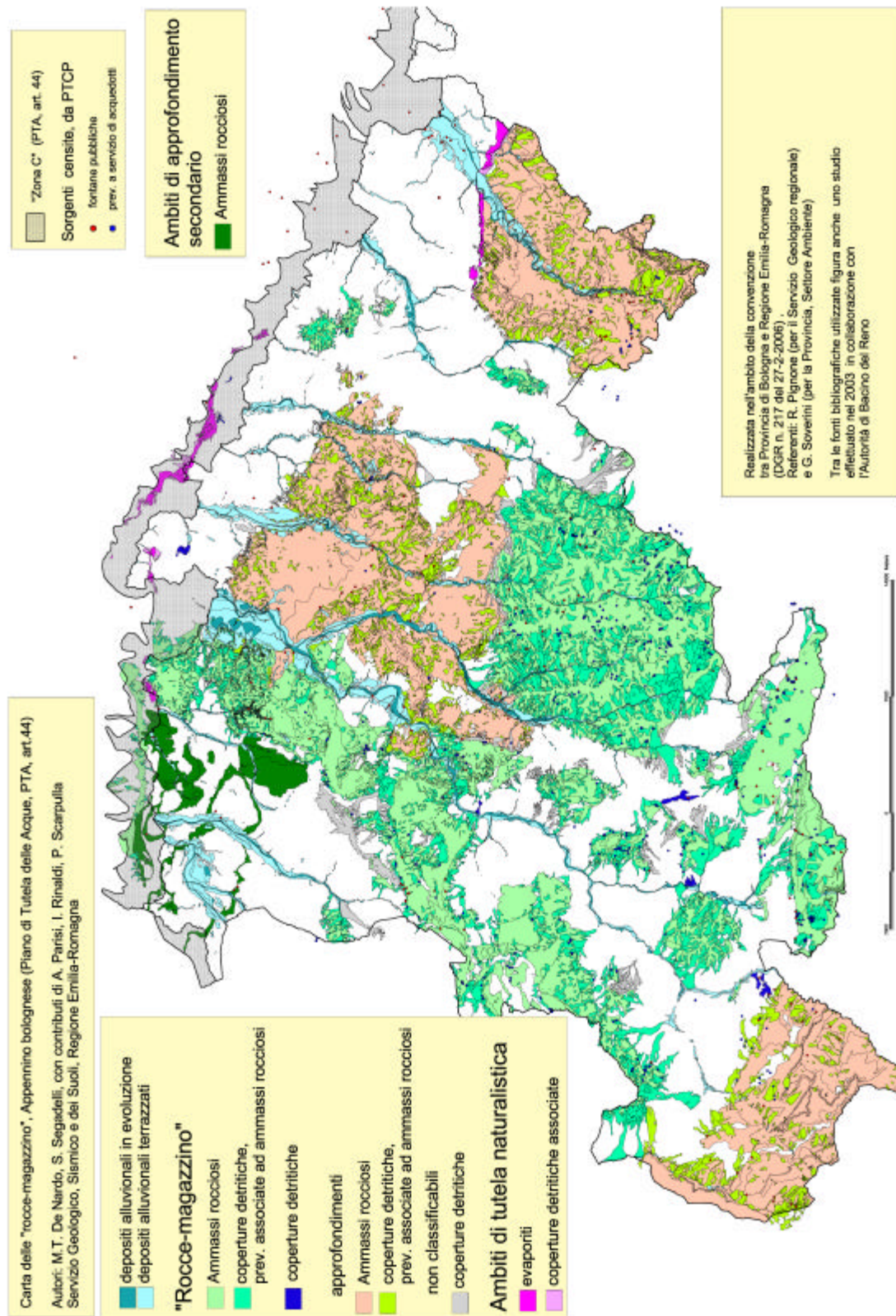


Figura 2

In tutti i files consegnati, nella tabella degli attributi il **campo “nome”** indica la formazione geologica di appartenenza oppure il tipo di copertura detritica, in base alla banca dati relativa alla carta geologica dell'Appennino emiliano-romagnolo a scala 1:10.000.

La corrispondenza tra unità geologiche e sorgenti è risultata piuttosto soddisfacente per il settore occidentale dell'Appennino bolognese, fino al T. Sillaro: qui la geometria delle rocce-magazzino è governata da limiti idrogeologici legati alla presenza di unità con diversa permeabilità relativa. Unità geologiche permeabili per fratturazione (es. Formazione di Monghidoro, Formazione di Pantano, Formazione di Loiano) costituiscono placche delimitate da unità meno permeabili, (es. le “Argille Scagliose” Auctt., le marne della Formazione di Cigarellò).

Le aree di approfondimento, dove vi è il dubbio che le sorgenti censite in questa approssimazione siano sottostimate in numero, corrispondono alle “rocce-magazzino” nelle formazioni Marnoso-arenacea (FMA), Arenarie di M. Cervarola (CEV, parzialmente) e nelle unità conglomeratiche e arenacee che compongono la successione del “Pliocene Intrapenninico” Auctt..

Tali approfondimenti del censimento delle sorgenti interesseranno i comuni di Borgo Tossignano, Casalfiumanese, Fontanelice, Castel del Rio, Lizzano, Porretta, Granaglione, Castel di Casio, Camugnano, Castiglione dei Pepoli, Sasso Marconi, Pianoro, Loiano, Marzabotto e, parzialmente, Monzuno, Monterenzio. Le scelte di priorità potranno essere anche guidate dalla sintesi nel grafico di figura 1.

Successivamente all'implementazione del censimento, nelle unità costituite da regolari alternanze arenaceo-pelitiche come CEV e FMA, attraverso opportuni approfondimenti sarà possibile delimitare “rocce-magazzino” di estensione modificata (ridotta). Questo metodo è stato applicato, ad esempio, nell'area dell'Appennino ravennate (in FMA), per analisi territoriali sempre finalizzate al Piano provinciale di Tutela delle Acque (De Nardo *et alii*, 2007); nell'Appennino bolognese, studi analoghi potrebbero avere come oggetto i territori comunali di Borgo Tossignano, Casalfiumanese, Fontanelice, Castel del Rio e (in via sperimentale) Lizzano, Porretta, Granaglione, Castel di Casio, Camugnano, Castiglione dei Pepoli.

### **3.2 Ulteriori classificazioni delle “rocce-magazzino”**

Nelle tabelle dei files consegnati compaiono campi che sono la chiave per ulteriori criteri di classificazione, per così dire aggiuntivi rispetto a quelli di base prescritti dal PTA; vengono di seguito descritti.

Nelle tabelle dei files *S\_merge\_no\_ges\_no\_fma\_bo.shp*, e *S\_238\_fma\_nuova.shp* (ammassi rocciosi) e *Stefano\_frane\_rm\_bologna.shp* (coperture detritiche di versante), il campo “**Campo\_rocc**” reca dei valori numerici; a parità di numero, si ipotizza che ammassi rocciosi del substrato e relative coperture appartengano ad una stessa situazione idrogeologica, definita come raggruppamento di complessi idrogeologici interconnessi in un unico “modello” che governa localmente le caratteristiche della circolazione idrica sotterranea (definizione adattata da Civita, 1994).

In questa prima approssimazione, si ipotizza come le azioni che interessino una stessa situazione idrogeologica possano avere effetti sulle “rocce-magazzino” componenti: in fase di locale approfondimento del PPTA (es. in ambito sovracomunale), si potranno analizzare le connessioni interpretate nelle aree contraddistinte da uno stesso valore numerico di “Campo\_rocc”.

Nel file *Stefano\_frane\_rm\_bologna.shp*, il campo “Campo\_rocc”= 0 indica accumuli detritici per i quali non è possibile (anche in prima approssimazione) individuare una specifica situazione idrogeologica di appartenenza.

Per le unità geologiche corrispondenti ad ammassi rocciosi in FMA e CEV, è stata ricavata una prima suddivisione (files *S\_merge\_no\_ges\_no\_fma\_bo.shp*, e *S\_238\_fma\_nuova.shp*, campo “**Ut\_fma**”) in tre classi A, B, C con caratteristiche litologiche che predisporrebbero allo sviluppo di una permeabilità relativa decrescente, in relazione a condizioni che determinino il locale sviluppo della fatturazione. La suddivisione è proposta per le “rocce-magazzino” nei territori comunali di Borgo Tossignano, Casalfiumanese, Fontanelice, Castel del Rio, Lizzano, Porretta, Granaglione, Castel di Casio, Camugnano, Castiglione dei Pepoli.

Le classi A, B, C vanno messe localmente in relazione anche con la presenza di strutture favorevoli allo sviluppo della permeabilità secondaria e all’immagazzinamento (es. faglie, pieghe con clivaggio di piano assiale associato ecc.), nonché all’individuazione di particolari tipologie di versanti interessati da frane. Il criterio seguito nell’individuazione è il seguente, già utilizzato per FMA nelle elaborazioni per l’Autorità di Bacino del Reno (De Nardo, 2005):

classi	strati	Rapporto arenaria/pelite strati (indicativo)
A	Da spessi a molto spessi, banchi	Maggiore di 3, compreso tra 10 e 30
B	Medi e sottili, rari spessi e molto spessi	Compreso tra ½ e 2
	Da sottili a molto spessi	Maggiore o uguale a 2
	Da sottili a spessi	Minore di 1, compreso tra 1/3 e 1
C	Medi e sottili	Minore di 1, compreso tra 1/5 e 3
	Da sottili a medi	Compreso tra 1/5 e 1/3

La validità di questa suddivisione è un'ipotesi di lavoro che potrà essere verificata attraverso approfondimenti, sempre successivi all'implementazione dei dati sulle sorgenti censite. A titolo informativo, dall'esperienza condotta per il PPTA di Ravenna, è risultato che, **in un'area vasta**, tali suddivisioni non sono da sole sufficienti a giustificare le caratteristiche della distribuzione delle sorgenti localmente censite per quello studio (si trattava delle più importanti, a servizio di acquedotti rurali); piuttosto, la loro distribuzione preferenziale è associata a versanti in FMA, recanti particolari caratteristiche morfologico-strutturali e interessati da accumuli di frana coalescenti (De Nardo *et alii*, 2007).

## 4 ALTRE SUDDIVISIONI PROPOSTE

### 4.1 Ambiti di tutela s.l.

Secondo il PTA, la cartografia delle “rocce-magazzino” è propedeutica alla delimitazione delle zone di protezione delle sorgenti, nelle quali viene tutelato lo stato delle risorse utilizzate o utilizzabili a scopo idropotabile. E' quindi sembrato più appropriato differenziare in altro modo quelle unità geologiche sede di risorse idriche sotterranee per le quali il **sistematico** utilizzo per il consumo umano non risulti documentato in questa approssimazione oppure sia soggetto a naturali limitazioni. Si è scelto di cartografare tali unità come “ambiti di tutela” a sé stanti, che saranno esclusi dalla ricerca di possibili “zone di riserva” (art. 44 del PTA) nell'ambito della montagna bolognese, ricerca che invece interesserà senz'altro le aree delle “rocce-magazzino” qualora ATO5 e Provincia intendessero procedere a questo approfondimento.

L'area in cui affiora la Formazione Gessoso-solfifera (GES, nel file *S\_gessi.shp*), accompagnata dalle coperture detritiche di versante di cui costituisce il substrato (file *Stefano\_frane\_rm\_bologna.shp*, campo “sintesi”= “ambiti tutela naturalistica s.l.”) è stata cartografata nella categoria “Ambiti di tutela naturalistica”, nella tavola di figura 2.

In GES non si è rinvenuta alcuna segnalazione di sorgenti utilizzate per il consumo umano, ad eccezione di quelle captate da fontane pubbliche, che possono esserlo in modo occasionale. Questa caratteristica è conforme a quanto si è riscontrato, per la stessa formazione del margine appenninico, nel corso delle analisi territoriali svolte per i PPTA di Reggio Emilia e Ravenna (De Nardo *et alii*, 2006 e 2007), a conferma di come queste acque sotterranee possano avere un chimismo indesiderabile per l'uso idropotabile, a causa dell'elevata concentrazione di solfati. Si tratta di un complesso idrogeologico caratterizzato da elevata permeabilità, sede di scaturigini delle quali andrà invece valutata la classificazione entro la categoria “di particolare pregio naturalistico-

ambientale” e del 79% delle cavità ipogee censite dalla FSER, per le quali valgono le considerazioni fatte al punto C di pag. 5.

Gli “Ambiti di approfondimento secondario” (file *approfondimenti\_secondari.shp*) corrispondono ad unità geologiche che, in questa approssimazione non recano segnalazioni di sorgenti censite, ma che hanno caratteristiche litologiche tali da far supporre la presenza es. di sorgenti libere che potrebbero aver qualche interesse, se non altro per il completamento del censimento di quelle “di particolare pregio naturalistico-ambientale”, in fase di approfondimento del PPTA.

#### **4.2 Depositi alluvionali intravallivi.**

Sono stati cartografati i depositi alluvionali in evoluzione e terrazzati (shapes *clip\_alluv\_evoluzione; clip\_alluvionali\_area1*); si tratta di unità geologiche “a sè stanti” nel panorama degli acquiferi montani, sede di acquiferi assimilabili per molti aspetti a quelli di pianura (al di là della scala diversa); sono importanti per l’elevata permeabilità dei sedimenti e in quanto sede di connessioni tra acque sotterranee e superficiali. Questo concetto è stato già trattato nelle analisi territoriali del Piano Territoriale Infraregionale di Bologna, dove erano stati differenziati i depositi alluvionali in cui la connessione fiume-falda produce i massimi effetti dal punto di vista idrogeologico e idrologico.

I depositi alluvionali sono sede di sorgenti/pozzi, il censimento dei quali forma un tema di approfondimento del PPTA, con speciale riferimento ai pozzi di subalveo che alimentano localmente gli acquedotti dei comuni montani.

In questa approssimazione, confrontando la distribuzione delle sorgenti censite con i depositi alluvionali terrazzati rappresentati nella carta geologica a scala 1:10.000, si evidenziano i comuni montani nel cui territorio ricadono i tratti dei fondovalle dei principali corsi d’acqua, sede di segnalazione di scaturigini (in massima parte, libere o captate attraverso fontane pubbliche) e/o di pozzi di subalveo. La localizzazione di questi ultimi è tratta dalla “Base informativa delle reti acquedottistiche” (Regione Emilia-Romagna, 2003), pubblicata in edizione provvisoria e quindi da verificare :

- T. Samoggia: Savigno, Castello di Serravalle e Monteveglio; due chilometri a sud di Savigno capoluogo sono segnalati almeno due pozzi di subalveo;
- T. Lavino: Monte S. Pietro e Zola Predosa;
- F. Reno e T. Setta: Vergato, Marzabotto, Sasso Marconi, Monzuno; un chilometro a nord di Vergato capoluogo è segnalato un pozzo di subalveo;
- F. Savena e T. Zena: Pianoro;
- T. Idice e T. Sillaro: Monterenzio e Castel S.Pietro; nel fondovalle del T. Sillaro è segnalato un pozzo di subalveo in località Marocchina;



- T. Santerno: Castel del Rio, Fontanelice, Borgo Tossignano; nel fondovalle del T. Santerno è segnalato un pozzo di subalveo all'altezza del capoluogo comunale di Fontanelice.

#### **4.3 Limiti dell'area di studio**

Il file *clip\_c\_provincia\_bo.shp* (fonte: ARPA-Ingegneria Ambientale) definisce il “settore C” delle zone di protezione delle acque sotterranee nel territorio di pedecollina e pianura (art. 44) ed è stato assunto come limite settentrionale dell'area di studio, come definito nel PTA. Le segnalazioni di sorgenti che vi ricadono sono per la maggior parte riconducibili a sorgenti libere o fontane rilevate entro i depositi alluvionali terrazzati (es. valli dei torrenti Sillaro e Santerno). Più raramente si rinvencono nella Formazione delle Sabbie Gialle di Imola che, più coerentemente, costituirebbe il limite settentrionale dell'area di studio, meritando quest'unità una trattazione separata dal punto di vista idrogeologico, a prescindere dagli ambiti collinare e montano e di pedecollina-pianura definiti nel PTA.

### **5 DELIMITAZIONE DELLE AREE DI ALIMENTAZIONE DELLE SORGENTI UTILIZZATE PER IL CONSUMO UMANO.**

Se le “aree di ricarica” rappresentano il principale costituente delle zone di protezione delle acque sotterranee nel territorio collinare-montano, l'art. 44 del PTA prescrive che al loro interno siano delimitate le “aree di alimentazione delle sorgenti utilizzate per il consumo umano”.

#### **5.1 Individuazione delle sorgenti utilizzate per il consumo umano**

Nell'ambito delle molteplici basi dati analizzate, relative alle sorgenti dell'Appennino bolognese, sono state individuate come di “primaria importanza” per l'individuazione di quelle utilizzate per il consumo umano le segnalazioni relative a:

- sorgenti che alimentano acquedotti,
- sorgenti captate da fontane pubbliche.

La distribuzione delle sorgenti a servizio di pubblico acquedotto è rappresentata dai files *1\_spds\_lizzano* riferito alle sorgenti in gestione al Comune di Lizzano, e dalla base dati *2\_ptcp\_bo\_sorgenti.shp* (campo: “fonti idriche”) che corrisponde ai dati del vigente PTCP.

Nel maggio 2008, attraverso i tecnici del Servizio Tutela Ambientale della Provincia, è stato possibile acquisire una base dati utilizzata per il Quadro Conoscitivo del PSC dei

Comuni di Pianoro, Loiano e Monzuno ma relativa all'intero territorio montano provinciale, proveniente in origine da ATO5 Bologna; si è riscontrato una pressochè totale corrispondenza tra questa e i dati d'origine del PTCP. In mancanza di informazioni dirette e più aggiornate derivanti da ATO5, si è ritenuto di assumere i due files sopracitati come indicativi della localizzazione più affidabile delle sorgenti "destinate al consumo umano ed erogate a terzi mediante impianto che riveste carattere di pubblico interesse", per le quali la normativa nazionale (l'originario DPR 236/88, il dlgs 152/1999 e il successivo dlgs 152/2006) prescrive, tra le altre, la perimetrazione di "zone di rispetto" incentrate sulle captazioni.

Il quadro delle sorgenti utilizzate per il consumo umano è completato dai dati sulla localizzazione delle fontane, derivanti dalla pubblicazione della Provincia "Sorella Acqua" e recepiti dal vigente PTCP (*2\_ptcp\_bo\_sorgenti.shp*, campo:"sorgenti"). Prendendole in considerazione, è possibile comunque predisporre misure di tutela per tali captazioni in attesa che, in fase di approfondimento successivo, si intraprenda il censimento delle sorgenti di particolare pregio naturalistico-ambientale (art. 44 del PTA), come indicato nel precedente par.2.2.

I dati derivanti da altri archivi, pur comprendendo una quota di sorgenti utilizzate in modo più o meno continuativo per il consumo umano ad integrazione dei prelievi da acquedotto, sono stati considerati solo in casi particolari per ottenere le indicazioni sulle potenziali zone di riserva di seguito descritte. Questo perchè si tratta di segnalazioni che richiedono comunque una validazione, con sopralluoghi sul terreno.

Il problema di una **definitiva validazione dell'ubicazione** delle scaturigini attraverso sopralluoghi e l'utilizzo delle strumentazione GPS è comunque presente anche relativamente alla base dati qui considerata di migliore approssimazione, rappresentata dal file *2\_ptcp\_bo\_sorgenti.shp* e, lo ricordiamo, relativa a sorgenti a servizio di acquedotto.

Il dubbio è sorto nel corso delle elaborazioni effettuate, confrontando queste segnalazioni con dati analoghi acquisiti nel 2001 attraverso l'Autorità di Bacino del Reno e provenienti direttamente dal Gestore delle captazioni in oggetto. Ad una prima stima, lo scarto tra l'ubicazione degli stessi punti d'acqua nelle due diverse basi dati è variabile da una decina a cinquanta metri circa.

Tale incertezza, se non altrimenti risolvibile attraverso l'utilizzo di dati e informazioni reperibili presso ATO5<sup>4</sup>, giustificherà uno specifico approfondimento in ambito provinciale e, se necessario, una campagna di rilevamento sul terreno.

Se per la perimetrazione delle “rocce-magazzino” non è stato necessario prendere in considerazione un eventuale errore nell'ubicazione delle opere di presa, lo stesso non vale per la perimetrazione delle aree di alimentazione delle sorgenti e ancor meno per quella delle zone di rispetto, ottenute con criterio geometrico (vedi capitolo 6).

## **5.2 Le aree di possibile alimentazione**

Per la delimitazione delle aree di alimentazione delle sorgenti utilizzate per il consumo umano sono state seguite le indicazioni nel paragrafo 1.3.4.3.2.1 della “Relazione generale” del PTA, alla cui stesura chi scrive ha contribuito. In sintesi, è stato utilizzato il metodo altimetrico-morfologico (Piacentini, 1994) che individua nell'isoipsa a valle della scaturigine e nei corsi d'acqua delle incisioni vallive laterali (in quanto limiti di flusso), i confini di prima approssimazione dell'area che contiene quella effettivamente corrispondente al bacino di alimentazione della sorgente considerata.

Alle aree che si potevano ottenere dalla sola applicazione di questo utile criterio, nel corso della perimetrazione sono state applicate anche le seguenti regole, derivanti dal confronto con la banca dati della Carta Geologica dell'Appennino emiliano-romagnolo a scala 1:10.000:

- in presenza di formazioni non carsificabili, quali sono in larga maggioranza quelle nell'area di studio, è verosimile che gli spartiacque sotterranei coincidano con quelli superficiali e quindi delimitino almeno superiormente l'area di alimentazione;
- in presenza di formazioni caratterizzate da stratificazione lateralmente persistente, accompagnata da alternanze di litotipi arenacei e pelitici, è cautelativo tenere conto anche della possibilità che la circolazione idrica sotterranea avvenga “lungo strato” o comunque interessi sistemi di fratture con apertura e interconnessione sufficienti a garantire tale sviluppo prevalente, entro gli intervalli arenacei; si sono considerati, anche se in modo speditivo, i rapporti tra l'assetto della stratificazione, il versante e le scaturigini;
- da esperienza, il reticolo idrografico minuto è più fitto di quello disegnato nella Carta Tecnica Regionale, specie in corrispondenza di vallecole ben rappresentate nella topografia;

---

<sup>4</sup> Entro i tempi indicati dalla Provincia per la predisposizione delle elaborazioni, non è risultato che si potessero acquisire i dati (eventualmente esistenti) di campagne di verifica con GPS effettuata in collaborazione con il Gestore del Servizio Idrico Integrato.

- in presenza di formazioni litologicamente omogenee (arenacee) si è tenuto conto della presenza di faglie, anche presunte, indicate nella carte geologica regionale;
- si è tenuto conto dei grandi corpi di frana sistematicamente associati alla presenza di sorgenti captate, dati da accumuli coalescenti, che interessano interi versanti e sono riconducibili a scivolamenti roto-traslativi, anche di interi lembi monoformazionali.

Le aree ottenute con questi criteri (figura 3) sono in ogni caso classificabili “di **possibile** alimentazione”, in quanto solo degli studi idrogeologici di maggiore dettaglio possono permettere una delimitazione corretta o quanto meno caratterizzata da un minor grado di approssimazione. Per l'impegno di tempo e mezzi richiesto da tali valutazioni, ha senso prevedere che tali approfondimenti siano applicati ad una selezione delle aree di prima individuazione.

I perimetri delle “rocce-magazzino”, in ragione delle caratteristiche geologiche dell'Appennino bolognese, risultano affetti da minore incertezza, in quanto nella maggior parte di casi corrispondono a confini litologici con significato di limiti o soglie di permeabilità. Ai fini della tutela delle risorse idriche sotterranee, le aree di possibile alimentazione delle sorgenti utilizzate per il consumo umano non sono svincolate dall'esistenza delle più generali aree di ricarica.

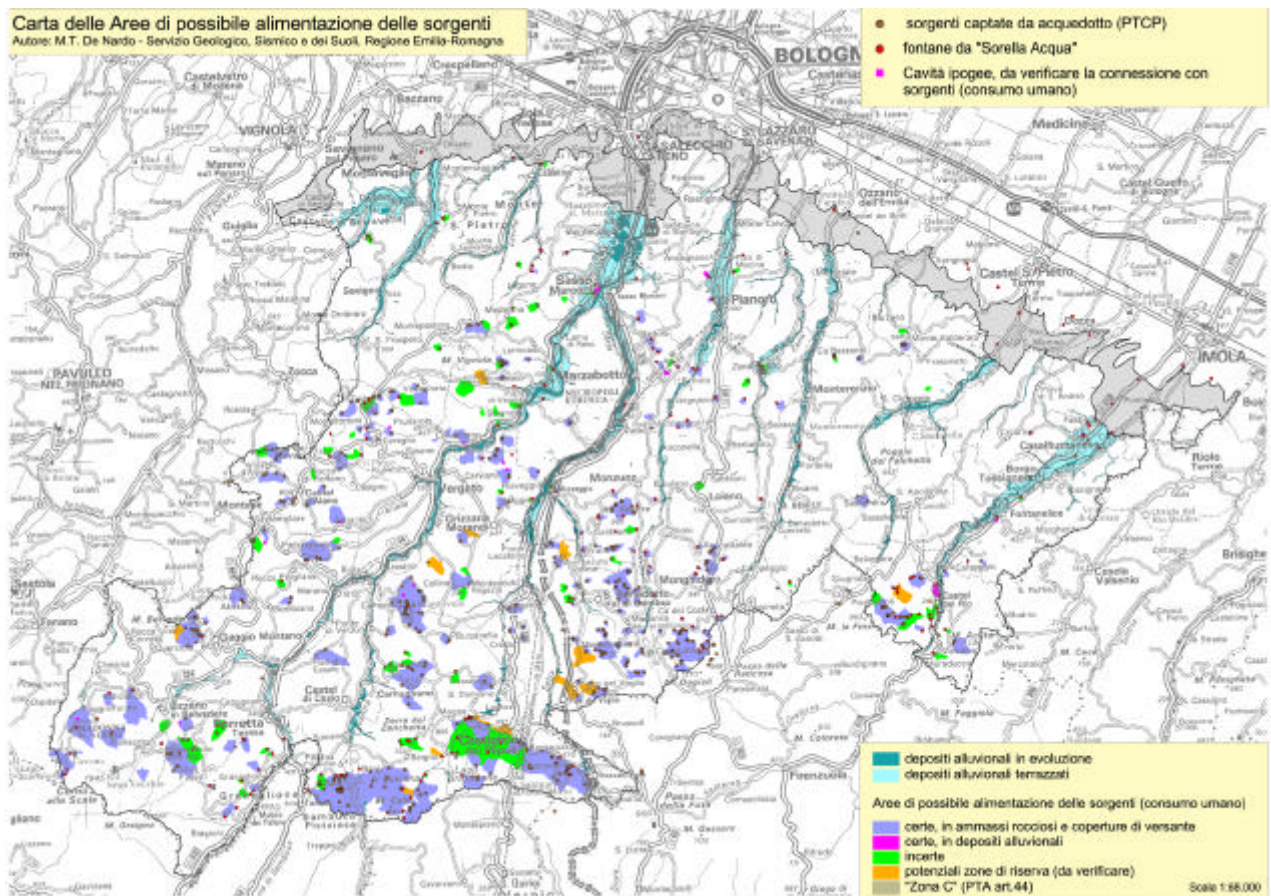


Figura 3

Le aree di possibile alimentazione (file *4\_alimentazione\_bo.shp* ) sono state suddivise nelle seguenti tipologie, in base ai valori del campo "tipo":

- 1: certe**, che comprendono ammassi rocciosi e corpi di frana (la ricarica delle sorgenti avviene per infiltrazione efficace, diretta e delle acque di ruscellamento dai versanti al contorno);
- 2: certe**, che comprendono ammassi rocciosi;
- 3: potenziali zone di riserva** (si tratta di aree dove abbondano segnalazioni di sorgenti utilizzate per il consumo umano ad uso domestico, da archivi diversi da quelli di riferimento. Oltre a quelle cartografate, da studi in corso presso il Servizio Geologico sono individuabili anche altre aree classificabili come potenziali zone di riserva che ben si presterebbero ad approfondimenti specifici);
- 4: incerte**, a causa di incongruenze rilevate nelle ubicazioni delle sorgenti censite dal vigente PTCP confrontate con le altre basi-dati e/o incompatibilità con il tracciato delle reti acquedottistiche o, più in generale, per dubbi legati alla perimetrazione;

**5: relativa alla concessione mineraria “Cerelia” di Vergato.** Questo caso è emerso nel corso dell’elaborazione, e il tema delle aree di alimentazione delle sorgenti utilizzate per imbottigliamento in relazione alle aree delle relative concessioni minerarie, richiede specifici approfondimenti;

**6. incerte,** relative a fontane lateralmente contigue ai tracciati degli acquedotti (possibilità che siano alimentate dall’acquedotto);

**7: su terrazzo alluvionale.**

Il PTA prescrive anche l’individuazione delle cavità ipogee, assoggettate a misure di tutela se in sicura connessione con i circuiti di alimentazione delle sorgenti utilizzate per il consumo umano (art. 47). E’ stato innanzitutto fornito alla Provincia uno shapefile (*Bologna\_26\_01\_07*, cartella “cavita\_app\_bo”) estratto dall’archivio informatizzato fornito dal Servizio Sistemi Informativi Geografici regionale, basato sui rilevamenti dei Gruppi Speleologici della Federazione Speleologica dell’Emilia-Romagna (FSER) e relativo all’area dell’Appennino bolognese.

Tra le cavità ipogee, sono individuate quelle che ricadono nelle aree di possibile alimentazione o si trovano a una distanza di 200 metri dal loro perimetro, comunque a monte o a quota paragonabile a quella delle sorgenti utilizzate per il consumo umano (file *cavità\_connesse\_bo.shp*).

E’ in quest’ambito che andranno ricercate le cavità ipogee in sicura connessione con tali sorgenti, tutelate dall’art. 47, comma 4, del PTA. Per l’individuazione di queste vie preferenziali d’infiltrazione (anche di eventuali inquinanti) nel sottosuolo, saranno richiesti degli approfondimenti di carattere idrogeologico specialistico, ad esempio con l’impiego di sostanze traccianti utili alla ricostruzione tridimensionale dei circuiti di alimentazione delle sorgenti oggetto di studio, che andranno preventivamente selezionate tra quelle censite.

A tal fine, si individuano diversi scenari per l’applicazione di azioni differenziate durante questa fase di approfondimento:

A. se si esamina la distribuzione delle cavità ipogee censite in relazione alle sorgenti che alimentano acquedotti, si deduce che gli approfondimenti di cui sopra vanno prioritariamente indirizzati negli ambiti territoriali dei comuni di Castel d’Aiano, Grizzana Morandi, Porretta, Sasso Marconi, Vergato e, secondariamente, Camugnano, Gaggio Montano, Granaglione, Lizzano, Marzabotto, Monterenzio, Savigno.

B. in presenza di sorgenti classificate “di particolare pregio naturalistico-ambientale” utilizzate a scopo potabile attraverso fontane pubbliche, si propone un’estensione del



concetto di “consumo umano” anche nel caso di un utilizzo occasionale, con conseguente necessità di esaminare le eventuali relazioni con le cavità ipogee censite.

- C. le cavità ipogee censite sono presenti per il 79% del totale nella Formazione Gessoso-solfifera del margine. In quest’ambito si possono avere rare situazioni riconducibili al caso B che si analizzeranno tenendo conto della predisposizione dei gessi a sviluppare fenomeni di dissoluzione, che favoriscono lo sviluppo in profondità e distanza dei circuiti di alimentazione delle sorgenti. I comuni interessati da queste azioni sono Bologna, Borgo Tossignano, Casalfiumanese, Pianoro, S.Lazzaro di Savena, Zola Predosa.

## **6 LE ZONE DI RISPETTO E LORO RELAZIONI CON LE AREE DI POSSIBILE ALIMENTAZIONE**

Se le relazioni esistenti tra le aree di ricarica-“rocce-magazzino” e le aree di possibile alimentazione sono chiare (le seconde sono interne alle prime, in ottemperanza al principio di graduare le norme per la tutela delle risorse idriche sotterranee) è maggiormente problematico confrontare le aree oggetto di questa elaborazione con le “zone di rispetto”, aree di salvaguardia a tutela delle sorgenti “destinate al consumo umano ed erogate a terzi mediante impianto che riveste carattere di pubblico interesse”.

Anche se esulava dalle finalità della cartografia tematica elaborata e predisposta nell’ambito della collaborazione con la Provincia, chi scrive ha ritenuto utile quanto meno evidenziare la questione e proporre una soluzione alla valutazione dell’Ente, nella consapevolezza che essa troverà comunque una più dettagliata espressione (anche cartografica) nell’ambito delle analisi territoriali a corredo degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica di ambito comunale.

A tutt’oggi è il criterio cosiddetto “geometrico” a costituire l’unico riferimento per la delimitazione spaziale delle zone di rispetto, come riconfermato dall’art. 94, comma 6 del dlgs 152/2006 e in accordo con la normativa precedente (DPR 236/88; dlgs152/99, art. 21).

In attesa dell’emanazione della Direttiva regionale (art. 42 del PTA) che indicherà, tra le altre cose, criteri per la delimitazione diversi da quello geometrico, si assume che la zona di rispetto abbia un’estensione di 200 metri di raggio dal punto di captazione.

Nelle elaborazioni del Servizio Geologico Regionale, per l'individuazione delle sorgenti e dei pozzi destinati all'uso acquedottistico, era stata utilizzata la base dati del vigente PTCP e la "Base Informativa delle Reti Acquedottistiche" del Servizio Tutela e Risanamento Risorsa Acqua in edizione provvisoria nel 2003.<sup>5</sup>,

Nell'ipotesi che le sorgenti censite fossero tutte in attività e che i tracciati corrispondessero a quelli effettivi. In fase di approvazione è stato possibile acquisire con la collaborazione di AATO dati informatizzati più aggiornati, elaborati dai Gestori.

Come in precedenza per ognuna delle sorgenti/pozzi individuate dal Gestore per l'uso acquedottistico si sono definite in prima approssimazione le zone di rispetto tracciando i cerchi o "buffer" con raggio 200 metri e centro sulle sorgenti/pozzi singole o involucri delle stesse.

Tale approssimazione è sufficiente per ottenere una rappresentazione cartografica idonea alla scala 1:50.000 per una prima comprensione del problema.

Da tale cartografia, risulta che le "zone di rispetto" possono:

- essere interamente contenute nelle aree di possibile alimentazione, oppure
- estendersi a quote inferiori rispetto ai limiti di queste ultime e/o
- estendersi lateralmente rispetto ai limiti di queste ultime

E'ragionevole assumere che, nelle formazioni dell'area di studio, i circuiti di alimentazione delle sorgenti si sviluppino secondo sistemi di fratture che non comprendano (per interconnessione ed apertura) i settori localizzati a quote inferiori rispetto alla scaturigine. Questa considerazione, peraltro, è alla base della stessa applicazione del metodo altimetrico-morfologico (Piacentini, 1994). Questa considerazione non si applica ai settori interessati da formazioni carsificabili, nell'area di studio date dalle evaporiti (peraltro non interessate da sorgenti che alimentano acquedotti).

In base a tale considerazione è stata effettuata una riduzione della porzione valliva delle zone di rispetto precedentemente individuate con il metodo geometrico, utilizzando tra le curve di livello a 50 metri quella intercettata dalla zona di rispetto e posta immediatamente a valle della sorgente.

In questa nuova elaborazione, le "zone di rispetto" modificate possono:

- essere interamente contenute nelle aree di possibile alimentazione oppure
- estendersi, in misura limitata, a quote inferiori rispetto ai confini delle aree di possibile alimentazione, permettendo di "assorbire" attraverso le misure di tutela più restrittive ad esse associate, il possibile errore nella localizzazione delle scaturigini

---

<sup>5</sup> Si tratta dell'unica base dati ufficiale a tutt'oggi disponibile sul tema delle reti acquedottistiche

- estendersi lateralmente rispetto ai limiti delle aree di possibile alimentazione, in modo analogo alle zone di rispetto “intere”.

## **7 ALCUNE CONSIDERAZIONI SULL'APPLICAZIONE DELLE NORME DEL PTA**

Ai fini dell'applicazione dell'art. 47 del PTA che disciplina le zone di protezione delle acque sotterranee in territorio collinare e montano, si propongono le seguenti riflessioni:

- la delimitazione delle “rocce-magazzino” o aree di ricarica della falda individua i settori più generali a cui applicare le disposizioni dell'art. 45 comma 2, punto a), che regolamentano lo spandimento di liquami e assimilati;
- nelle zone di protezione, l'aspetto idrogeologico dovrà essere considerato e approfondito (con diversi gradi di approssimazione, in relazione alle finalità e al tipo di areale interessato) nelle analisi territoriali a corredo degli strumenti di pianificazione territoriale e di settore, di ambito comunale e sovracomunale, e comunque nelle analisi territoriali correlate alle trasformazioni d'uso del suolo. Il più elementare di questi approfondimenti è il censimento delle sorgenti, con riferimento almeno alle principali, localmente documentabili (captate per uso domestico, di antico utilizzo ecc.). In ambito provinciale sono individuati gli ambiti prioritari in cui applicare questa azione;
- L'applicazione delle disposizioni dell'art. 45, comma 2, punti b1, b2 e b3 è riservata alle aree di possibile alimentazione. Il punto b1 regola le attività estrattive, per le quali l'approfondimento idrogeologico rientra nelle considerazioni fatte al punto precedente; il divieto relativo alle discariche di rifiuti è estrapolabile a queste aree dalle prescrizioni indicate per i settori A e D delle zone di protezione di pianura. L'applicazione dei punti b2 e b3 è condizionata anche dall'esecuzione di studi idrogeologici che, almeno in aree di possibile alimentazione selezionate e individuate come prioritarie in ambito provinciale, vengano effettuati per risolvere il grado di approssimazione legato al metodo morfologico-altimetrico. Per l'impegno (anche metodologico) richiesto da tali approfondimenti, è richiesto il coinvolgimento di Enti sovraordinati rispetto ai Comuni, tra cui il Gestore delle captazioni e l'ATO competente;
- per le aree di possibile alimentazione, il grado di approssimazione legato al metodo morfologico-altimetrico va tenuto in debita considerazione, nel caso si intenda integrare le norme del PTA con prescrizioni maggiormente restrittive es. destinate alla tutela delle singole captazioni;

- per le sorgenti a servizio di pubblico acquedotto, interessate dalle zone di rispetto, la ripermetrazione di queste ultime con criteri diversi da quello geometrico potrà condizionare anche l'estensione di prima approssimazione delle aree di possibile alimentazione.

## BIBLIOGRAFIA CONSULTATA

AA. VV. (1997) – *Le acque sotterranee del territorio montano e collinare della Provincia di Bologna*. A cura di F. Francavilla, G. Raffaelli. Quaderni di Tecniche di Protezione Ambientale, n. 61. Protezione delle acque sotterranee. Pitagora Editrice.

CIVITA M. (1994) - *Le carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento: teoria e pratica*. Studi sulla vulnerabilità degli acquiferi n. 7, Quaderni di Tecniche di Protezione Ambientale, n. 31. Protezione delle acque sotterranee. Pitagora Editrice.

DE NARDO M.T. (2005) – *Sorgenti e “rocce-magazzino” nel bacino montano del Fiume Reno*. In: Secondo Forum Nazionale, Rischio di frana e assetto idrogeologico nei territori collinari e montani. Questioni, metodi, esperienze a confronto. A cura di E.M. Ferrucci e O. Zani. Maggioli Editore.

DE NARDO M.T. con contributi di BONAPOSTA D., CHIERICI A., FAVA E. , SEGADELLI S. (2006) – *Contributo al Quadro Conoscitivo del Piano di Tutela delle Acque Provinciale, variante al PTCP; perimetrazione delle zone di protezione delle acque sotterranee in ambito collinare e montano*. Cartografie e Relazione Illustrativa predisposte per la Provincia di Reggio Emilia.

DE NARDO M.T. E SCARPULLA P. (2004) – *Le risorse idriche sotterranee dell'Appennino emiliano-romagnolo: casi di studio nel bacino montano del Fiume Reno*. Il Geologo dell'Emilia-Romagna. Bollettino Ufficiale d'Informazione dell'Ordine dei Geologi, Regione Emilia-Romagna. Anno IV/2004 n. 19.

DE NARDO M.T., ERCOLESSI G. E PARISI A. (2007) – *Progetto per la perimetrazione delle zone di protezione delle acque sotterranee in ambito collinare e montano: contributo al Piano provinciale di Tutela delle Acque*. Cartografie e Relazione Illustrativa predisposte per la Provincia di Ravenna.

DE NARDO M.T., SEGADELLI S. E VESCOVI P. , con contributi di GHIRETTI A. e NEGRINO F. (in stampa) – *Studio pilota per la caratterizzazione delle sorgenti nelle zone di Monte Nero (alta Val Ceno e alta Val Nure, Province di Parma e Piacenza)*. Il Geologo dell'Emilia-Romagna, anno VII/2007, n. 25.

NUOVA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, scala 1:50.000, fogli 251, 252, 238, 236, 237, 220, 221. Sito [www.regione.emilia-romagna.it/geologia/carg.htm](http://www.regione.emilia-romagna.it/geologia/carg.htm) per relativi Autori e bibliografia.

PIACENTINI D. (1994) – *Zona di possibile alimentazione delle sorgenti: criterio di delimitazione con il metodo altimetrico-morfologico*. In: AA. VV. – *Studi sulla vulnerabilità degli acquiferi, l'Appennino modenese*. A cura di: D. Piacentini, A. Zavatti. Quaderni di Tecniche di Protezione Ambientale, n. 35. Protezione delle acque sotterranee. Pitagora Editrice.

PROVINCIA DI BOLOGNA, 1998 – *“Sorella Acqua...” la fonte, il ricordo*. Assessorato all'Ambiente.

REGIONE EMILIA-ROMAGNA, 1982 – *Catasto delle cavità naturali dell'Emilia-Romagna*.

REGIONE EMILIA-ROMAGNA, ASSESSORATO AMBIENTE E SVILUPPO SOSTENIBILE, 2005 – *Piano di Tutela delle Acque, Relazione Generale*. ARPA, Ingegneria Ambientale.

REGIONE EMILIA-ROMAGNA, SERVIZIO GEOLOGICO, SISMICO E DEI SUOLI – *Carta geologica dell'Appennino emiliano-romagnolo, a scala 1:10.000.*

Sito: [www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/cartografia/sito\\_cartografia/sito\\_cartografia.htm](http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/cartografia/sito_cartografia/sito_cartografia.htm)

REGIONE EMILIA-ROMAGNA, SERVIZIO TUTELA E RISANAMENTO RISORSA ACQUA, 2003 – *“Base informativa delle reti acquedottistiche (versione provvisoria) della provincia di Bologna”.*

VIEL G., DE NARDO M.T. E MONTAGUTI M., 2003, *“Schema Direttore della pericolosità geo-ambientale”*, Servizio Geologico d'Italia e Servizio geologico, sismico e dei suoli, Regione Emilia-Romagna. 4th European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information Systems, Bologna, 17-20 giugno 2003.