



ELENCO ELABORATI DI TESTO

Elab.1.1 - Relazione tecnica

Elab.1.2 – Studio di incidenza

Elab.1.3 – Relazione paesaggistica e forestale

Elab.1.4 – Prime indicazioni e disposizioni per la stesura dei piani della sicurezza

Elab.1.5 – Piano particellare e planimetria catastale

ELENCO ELABORATI GRAFICI

Elab.2.1 – Stato di fatto

Elab.2.2 – Planimetria generale opere in progetto

Elab.2.3 – Profilo longitudinale

Elab.2.4 – Trattamenti preliminari – Manufatto di grigliatura

Elab.2.5 – Trattamenti preliminari – Manufatto dissabbiatore

Elab.2.6 – Manufatti scolmatori: pianta e sezione

Elab.2.7 – Particolari e manufatti tipo

Elab.2.8 – Sistema di filtrazione

Elab.2.9 – Vasca volano

ELENCO ELABORATI ECONOMICI

Elab.3.1 – Computo metrico estimativo

Elab.3.2 – Elenco prezzi unitari

Elab.3.3 – Quadro economico



ATO Provincia di Varese

PROGETTO DEFINITIVO

**TUTELA E SALVAGUARDIA DELLE ACQUE DEL
LAGO DI VARESE E DEL LAGO DI COMABBIO
Revamping della stazione di sollevamento SS9
e realizzazione di un impianto di
fitodepurazione**

RELAZIONE TECNICA

PROGETTISTA

Ing. Sergio Bavagnoli, BMB Ingegneria, iscritto all'Ordine di Monza e della Brianza, Sez. A al n.2907

Ing. Massimo Sartorelli, BLU progetti, iscritto all'Ordine di Varese, al n.2096

R.U.P.

Ing. Dario Sechi, Alfa srl, iscritto all'Ordine di Cagliari, Sez. A al n.7364

DE02COMAFITO

NOVEMBRE 2021

SOMMARIO

1	PREMESSA	2
1.1	<i>Obiettivi del progetto e coerenza con il bando</i>	2
1.2	<i>Criticità ambientali e benefici apportati dal progetto.....</i>	3
1.3	<i>Attinenza con il PTUA, con le misure di conservazione del Lago di Comabbio e con il PAF regionale.....</i>	3
2	RIFERIMENTI NORMATIVI E TECNICI.....	6
3	STATO DI FATTO.....	9
3.1	<i>Quadro fotografico dello stato di fatto.....</i>	11
4	ANALISI DEI VINCOLI	13
5	LA FITODEPURAZIONE DELLE ACQUE REFLUE.....	14
5.1	<i>Introduzione ai sistemi naturali di depurazione delle acque</i>	14
5.2	<i>I meccanismi di rimozione degli inquinanti</i>	15
5.3	<i>Classificazione di sistemi di fitodepurazione</i>	15
5.4	<i>Sistemi a flusso sub-superficiale (SSF, Sub-Surface Flow o Wetlands).....</i>	16
5.5	<i>La scelta delle specie vegetali</i>	17
6	INTERVENTI IN PROGETTO.....	19
6.1	<i>Localizzazione intervento.....</i>	19
6.2	<i>Soluzione progettuale</i>	20
6.2.1	<i>verifica idraulica scolmatore esistente in via labiena</i>	20
6.2.2	<i>Adeguamento pozzetto scolmatore esistente e realizzazione nuovo scolmatore 1.....</i>	21
6.2.3	<i>sistema di grigliatura e dissabbiatura.....</i>	28
6.2.4	<i>Scolmatore n.2.....</i>	31
6.3	<i>Sistema di filtrazione (biofiltro)</i>	34
6.4	<i>Vasca volano (wet pond)</i>	35
6.5	<i>Sistemazioni finali.....</i>	36
7	DISPONIBILITA' DELLE AREE.....	37

1 PREMESSA

Le Società Blu Progetti S.r.l. e BMB Ingegneria S.r.l. sono state incaricate dalla Società ALFA S.r.l. della Redazione della Progettazione Definitiva dei lavori di “TUTELA E SALVAGUARDIA DELLE ACQUE DEL LAGO DI VARESE E DEL LAGO DI COMABBIO - Revamping della stazione di sollevamento SS9 e realizzazione di un impianto di fitodepurazione”

Il presente documento costituisce la relazione generale del progetto definitivo e **viene presentato nell’ambito del bando pubblicato da Regione Lombardia “Interventi di tutela e risanamento delle acque lacustri: criteri e modalità per l’individuazione degli interventi da ammettere a finanziamento ai sensi della legge regionale n. 9 del 4 maggio 2020 – Secondo bando”** dal Comune di Vergiate. L’area di progetto è incentrata sulle fasce prossime al Lago di Comabbio (a meno di 1 km dalla linea di costa) che sono caratterizzate attualmente da criticità specifiche riguardanti la gestione delle acque meteoriche.

Il progetto intende promuovere il miglioramento ambientale del Lago di Comabbio e delle fasce contermini attraverso **il miglioramento della funzionalità delle reti di canalizzazione delle acque bianche e nere** mediante il risanamento di una situazione ambientale di degrado presente in corrispondenza della stazione di sollevamento ubicata nel Comune di Comabbio in via Labiena.

Attualmente alla stazione di sollevamento vengono recapitate le acque di by pass provenienti dal collettore consortile (sfioratore in via Labiena), le acque meteoriche raccolte dalla rete bianca posta lungo la via Ai Prati, e i reflui della rete fognaria mista delle abitazioni ubicate a valle della strada provinciale. I reflui dalla stazione di sollevamento vengono poi inviati al collettore consortile, mentre le acque del troppo pieno del collettore sfiorate vengono recapitate nel reticolo idrico minore.

Tale situazione, durante eventi meteorici anche di scarsa entità, determina lo sfioro frequente di acque di scadente qualità nel reticolo idrico minore che si immette a valle nell’ecosistema idrico del Lago di Comabbio (SIC IT2010008 "Lago di Comabbio").

1.1 OBIETTIVI DEL PROGETTO E COERENZA CON IL BANDO

Il progetto “**Revamping della stazione di sollevamento SS9 e realizzazione di un impianto di fitodepurazione**” prevede il miglioramento ambientale del contesto lacustre mediante interventi che apporteranno ricadute positive sul territorio specialmente in termini di **miglioramento della qualità delle acque e incremento della biodiversità locale**.

Nello specifico il progetto avrà come obiettivo la risoluzione delle problematiche della rete fognaria esistente legate principalmente all’attuale sistema di sfioratori e stazioni di sollevamento che presentano difficoltà di smaltimento delle acque.

Tali interventi sono **coerenti con le finalità del bando** e rientrano in **due delle tre linee di finanziamento** riportate nell’allegato 1 della DGR del 4 ottobre 2021 n. XI/5333, ovvero:

- **Recupero sponde lacuali e interventi di disinquinamento acque**
- **Interventi sui laghi/biodiversità**

Per il raggiungimento dell’intento del progetto, gli interventi proposti sono stati declinati secondo gli obiettivi generali indicati dal bando “Interventi di tutela e risanamento delle acque lacustri” e di seguito elencati.

- OB1) Miglioramento della qualità delle acque
- OB2) Aumento della funzionalità ecologica delle sponde
- OB3) Tutela e miglioramento della biodiversità

L'intervento proposto è riferibile ai seguenti obiettivi:

OB1) Miglioramento della qualità delle acque

OB3) Tutela e miglioramento della biodiversità

Il miglioramento dell'assetto fognario urbano avrà principalmente un effetto positivo sulla qualità delle acque del lago (in quanto recettore delle suddette reti), mentre gli interventi di contorno (come ad esempio la vasca volano) determineranno una diversificazione dell'attuale contesto naturale nelle aree previste dalle opere; tale diversificazione introdurrà nuove tipologie di habitat colonizzabili da fauna e flora, apportando così un incremento della biodiversità.

1.2 CRITICITÀ AMBIENTALI E BENEFICI APPORTATI DAL PROGETTO

Come indicato dal bando occorre illustrare in modo chiaro sia le criticità che insistono sul territorio in esame che i benefici che gli interventi potranno generare rispetto agli obiettivi generali sopra indicati.

A tal fine si riporta di seguito una tabella riepilogativa con gli interventi previsti, le criticità e gli effetti positivi sul territorio. Si sottolinea che **i benefici apportati sono pienamente coerenti con obiettivi e categorie indicati dal bando.**

TABELLA 1. CRITICITÀ E BENEFICI

Intervento	Criticità	Benefici
Revamping della stazione di sollevamento SS9 e realizzazione di un impianto di fitodepurazione a tutela delle acque del Lago di Comabbio	<p>Presenza di uno scolmatore recapitante all'interno del reticolo minore</p> <p>Sistema che entra in crisi anche durante eventi piovosi modesti</p> <p>Bassa qualità delle acque del corpo idrico recettore</p>	<p>Depurazione delle acque in entrata nel Lago di Comabbio</p> <p>Miglioramento della funzionalità dell'attuale sistema di gestione delle acque</p> <p>Diversificazione ambientale</p> <p>Creazione di una nuova area umida in grado di incrementare la biodiversità</p>

1.3 ATTINENZA CON IL PTUA, CON LE MISURE DI CONSERVAZIONE DEL LAGO DI COMABBIO E CON IL PAF REGIONALE

Attualmente il Lago di Comabbio è classificato come corpo idrico con obiettivo di qualità. Nel PdG Po 2015 il Lago di Comabbio aveva uno stato chimico “buono” e uno stato ecologico “sufficiente” con l'obiettivo di raggiungere nel 2021 uno stato “buono”. Le indagini di ARPA condotte nel triennio 2014-2016 confermano la suddetta classificazione del lago.

Gli interventi proposti sono allo stesso tempo **coerenti con gli obiettivi ambientali** perseguiti dal PTUA (Programma di Tutela e Uso delle Acque) e dalle sue **misure di piano**.

Il PTUA persegue obiettivi strategici identificati dall'Atto di Indirizzo, approvato con Delibera del Consiglio regionale 929/2015. Gli interventi proposti hanno attinenza, in particolare, con i seguenti obiettivi menzionati dal PTUA:

- Norme Tecniche di Attuazione, TITOLO III – GLI OBIETTIVI AMBIENTALI, Art. 14 – Obiettivi strategici regionali:
 - b) assicurare acque di qualità, in quantità adeguata al fabbisogno e a costi sostenibili per gli utenti;

c) recuperare e salvaguardare le caratteristiche ambientali degli ambienti acquatici e delle fasce di pertinenza dei corpi idrici.

- Norme Tecniche di Attuazione, TITOLO III – GLI OBIETTIVI AMBIENTALI, Art. 16 – Ulteriori obiettivi di qualità:
 3. Per le acque dolci idonee alla vita dei pesci, di cui all'art. 8, comma 2, lett c) delle presenti norme il PTUA e la normativa attuativa perseguono l'obiettivo di miglioramento della qualità chimico fisica delle acque al fine di mantenere o conseguire il rispetto dei valori limite previsti dal 152/06 per i corpi idrici designati.
 5. Per i corpi idrici individuati come aree sensibili Regione persegue l'obiettivo di ridurre i carichi di fosforo e azoto apportati dagli scarichi di acque reflue urbane, al fine di evitare il rischio dell'instaurarsi di fenomeni di eutrofizzazione e conseguire il buono stato ecologico dei corpi idrici.

All'interno dell'allegato "Misure di Piano" del PTUA sono invece elencate le misure specifiche volte alla concretizzazione sul territorio degli obiettivi perseguiti. Alcune delle misure trovano perfetta sintonia con gli intenti degli interventi proposti.

Si sottolinea l'attinenza dell'intervento proposto con alcune delle misure di piano riportate nel PTUA, come riportato dalla seguente tabella.

TABELLA 2. ANALISI DI COERENZA TRA INTERVENTO PROPOSTO E MISURE DI PIANO DEL PTUA

Scheda	Misura PTUA	Descrizione
4	KTM01-P1-b004	Incremento efficienza di depurazione dei reflui urbani funzionale al raggiungimento degli obiettivi di qualità dei corpi idrici, oltre le disposizioni della direttiva 91/271/CEE
5	KTM01-P1-b006	Interventi di sistemazione delle reti esistenti (separazione delle reti, eliminazione delle acque parassite, ecc.) al fine di migliorare le prestazioni degli impianti di trattamento
58	KTM21-P1-a098	Disciplina e trattamento delle acque di prima pioggia in ambito urbano ed industriale e delle acque di sfioro delle reti fognarie miste
59	KTM21-P1-b099	Disciplina e indirizzi per la gestione del drenaggio urbano

Gli interventi **rispondono altresì a specifiche misure del Piano di Gestione della ZSC IT2010008 Lago di Comabbio e alle sue misure di conservazione.** In particolare si riportano di seguito le misure di conservazione individuate dall'allegato 2 alla D.G.R. n. 4429 del 30 novembre 2015 ("Misure di conservazione per 76 SIC dotati di piano di gestione") per il Lago di Comabbio che condividono gli scopi del progetto proposto nell'ambito del presente bando.

TABELLA 3. MISURE DI CONSERVAZIONI DELLA ZSC LAGO DI COMABBIO COERENTI CON LE FINALITÀ DEL PROGETTO PROPOSTO

Obiettivo	Misura	Priorità
Valutazione dello stato di conservazione delle zone umide e degli ambienti acquatici	Monitoraggio della qualità chimico-fisica dell'acqua, in particolare per la verifica dell'inquinamento diffuso, e del bilancio idrico naturale del lago, anche al fine di verificata l'utilità e la necessità di una regolazione del livello lacustre attraverso l'opera di regolazione posizionata sul Canale Brabbia.	Alta

Sempre in riferimento all'allegato 2 alla D.G.R. n. 4429 del 30 novembre 2015 per il Lago di Comabbio (Norme Tecniche di Attuazione, art. 4) si citano tra le minacce e criticità ambientale il problema dell'eutrofizzazione, l'inquinamento dell'acqua e lo squilibrio generale dell'ecosistema lacustre, per il quale si registrano una qualità

dell'acqua scadente, il degrado di parte della fascia di vegetazione litorale e la presenza di popolamenti ittici profondamente mutati nel tempo. Tali problematiche sono coerenti con il target prefissato dal presente progetto.

Infine in relazione agli **interventi previsti dal PAF** (Prioritized Action Framework) della Regione Lombardia non si possono reperire specifiche misure prioritarie capaci al tempo stesso di concorrere sinergicamente al miglioramento delle Aree Natura 2000 e di trovare corrispondenza con l'intervento proposto in quanto i progetti legati alla gestione delle acque meteoriche in ambito urbano o di sistemazione delle reti fognarie non rientrano sostanzialmente come misure prioritarie per il periodo 2021-2027 previste dal PAF.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI E TECNICI

Nel 2019 è entrato in vigore il Regolamento Regionale 29 marzo 2019 n° 6: “Disciplina e regimi amministrativi degli scarichi di acque reflue domestiche e di acque reflue urbane”.

Al fine di migliorare tale situazione, con il presente progetto si procederà ad intercettare le acque di troppo pieno provenienti dallo scolmatore di via Labiena ed avviarle ad un sistema di trattamento.

Il sistema individuato segue le linee guida della Regione Lombardia: *Allegato A: Linee Guida per la progettazione e realizzazione di sistemi di trattamento delle acque reflue provenienti da scarichi di sfioratori di reti fognarie (in attuazione dell’art. 13, comma 3 del RR n. 6/2019)*; in particolare si è preso in esame quanto riportato nella **Scheda 3** (di seguito riportata).

VF + FWS (Approccio italiano)	SCHEDA 3
<p>DESCRIZIONE</p> <p>Questa soluzione ripropone lo schema adottato in Italia per il primo impianto realizzato, cioè il CSO-CW di Gorla Maggiore (VA). Lo schema proposto è una fitodepurazione ibrida multistadio, con un primo stadio a flusso sommerso verticale (VF) simile alle soluzioni tedesche e francesi, e un secondo stadio a flusso libero progettato con ottica multiobiettivo sfruttandone i servizi ecosistemici (<i>ecosystem services</i>), cioè aumentando il volume di detenzione, la biodiversità e le potenzialità fruibili dell’area.</p> <p>L’impianto di Gorla Maggiore è rientrato tra i casi studi del progetto europeo FP7 OpenNESS (www.openness-project.eu), il cui monitoraggio ha permesso di evidenziare alte rese depurative su COD e N-NH₄, oltre ai maggiori benefici forniti dai servizi ecosistemici di questo schema di infrastruttura verde rispetto ad una infrastruttura grigia (per maggiori dettagli vedasi i paragrafi 7.1.1.4 e 7.1.1.6 in Allegato).</p> <div data-bbox="252 1227 1034 1460" style="text-align: center;"> <p>Il diagramma illustra il flusso del trattamento delle acque reflue. Inizia con 'Fognatura' che entra in un contenitore 'CSO' (Caso Sottile Overflow). L'acqua si sposta poi in un'area di 'Trattamenti preliminari' rappresentata da una griglia. Successivamente, l'acqua passa in uno stagno a flusso sommerso verticale 'VF' (Vertical Flow). Infine, l'acqua viene trattata in uno stagno a flusso libero 'FWS' (Free Surface Flow) con vegetazione acquatica.</p> </div>	
<p>VANTAGGI</p> <ul style="list-style-type: none"> - Possibilità di sfruttare al meglio i servizi ecosistemici messi a disposizione dalle soluzioni naturali (qualità delle acque, sicurezza idraulica, biodiversità, fruizione) - Possibilità di limitare il volume di detenzione nello stadio VF al solo volume di trattamento delle prime piogge, usando il FWS per la laminazione di portate maggiori - Ridotte operazioni di gestione e manutenzione - Alti rendimenti depurativi su COD e N- NH₄, stimati dal monitoraggio dell’impianto di Gorla Maggiore (VA) 	<p>SVANTAGGI</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tuttora solo un impianto a scala reale monitorato - Maggiore area richiesta rispetto all’approccio tedesco e francese per la presenza del sistema a flusso libero, che però garantisce anche un trattamento delle acque di seconda pioggia nel caso di Gorla Maggiore

VF + FWS (Approccio italiano)
SCHEDA 3
FUNZIONAMENTO

Lo schema funzionale è il seguente:

- Manufatto scolmatore CSO per separazione delle acque da mandare in fognatura e acque da trattare in situ
- Trattamenti preliminari per la rimozione dei materiali più grossolani (griglia) e delle sabbie (dissabbiatore)
- Uno o più stadi in parallelo di letti di fitodepurazione a flusso subsuperficiale verticale VF riempiti a ghiaia per la rimozione di parte dei solidi e degli inquinanti disciolti (p.es. COD, BOD5, N-NH4+, NO3-); il flusso in uscita è regolato da una bocca tarata, in modo da garantire tempi di residenza in grado di promuovere un efficace trattamento delle acque di scolmo; è inoltre previsto di accumulare le acque al di sopra del letto, in modo da fornire un ulteriore volume di detenzione;
- Fitodepurazione a flusso libero superficiale (FWS) per il post-trattamento delle acque di prima pioggia in uscita dai VF, l'aumento della biodiversità e la possibilità di creare area naturalistiche ad alta valenza fruitiva; il FWS può anche essere utilizzato per il trattamento e la laminazione delle acque di seconda pioggia
- Scarico

Efficienza di abbattimento:

COD: 70-90% ¹	N: nitrificazione 70-90% ¹ Rendimenti maggiori si possono avere con gestione apposita dello sfalcio delle piantumazioni (capacità di accumulo azoto nella biomassa emergente delle piante 100-200 gN/mq) ²
BOD:50-70%*	TP:30-40%* Rendimenti maggiori si possono avere con gestione apposita dello sfalcio delle piantumazioni (capacità di accumulo fosforo nella biomassa emergente delle piante 10-20 gP/mq) ²
TSS:>90%*	Agenti microbiologici: 90-99%*

1- Masi et al. (2017a) 2 - Vymazal (2007)

*- Indicativo per la soluzione naturale proposta

Dimensionamento:

Velocità massima infiltrazione nel letto regolata da bocca tarata VF Parametri indicativi: 1×10^{-5} – 1×10^{-4} m/s

Tempo di ritenzione minimo FWS su portata massima bocca tarata VF

VF + FWS (Approccio italiano)	SCHEDA 3
Parametri indicativi: 6-12 ore	
<p>LIMITI E CRITICITA' NELL'APPLICAZIONE</p> <p>La presenza di un secondo stadio a flusso libero superficiale FWS comporta la necessità di aree di ingombro maggiori rispetto all'approccio tedesco o francese.</p> <p>Nel caso di progettazione del FWS in area ad alta fruizione, per esempio un parco, e di necessità di laminazione delle acque di sfioro per il rispetto dell'invarianza idraulica, è possibile prevedere aree di allagamento a frequenze più alte (p.es. tempo di ritorno 5-10 anni). Se da un lato questo è un vantaggio, perché permette di usufruire delle aree quasi sempre durante l'anno, dando più valore all'opera, dall'altro va presa in considerazione (nel caso di battenti maggiori di 40-50 cm in tempo di piena nelle aree non normalmente umide) la collaborazione con la Protezione Civile per la gestione in sicurezza del parco quando siano attesi eventi meteorici più intensi. A tal proposito, è importante coinvolgere anche la popolazione in attività di educazione sul funzionamento del parco multiobiettivo.</p>	
<p>GESTIONE E MANUTENZIONE</p> <p>Tutti i controlli e gli interventi necessari alla manutenzione sono eseguibili senza l'ausilio di manodopera specializzata, da personale avente le conoscenze sul funzionamento dell'impianto</p> <p><i>Regolarmente e dopo eventi meteorici intensi</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Rimozione e smaltimento del materiale grigliato - Rimozione e smaltimento del materiale accumulato nel dissabbiatore - Ispezione manufatto scolmatore e controllo delle luci di regolazione per la suddivisione delle portate tra fognatura ed impianto di trattamento - Ispezione delle vasche VF e FWS - Verifica presenza di erosioni e ristabilizzazione delle sponde e/o della superficie del letto - Verifica della presenza di piante infestanti e rimozione delle stesse - Verifica corretto funzionamento bocca tarata <p><i>Dopo i primi 3 anni funzionamento, ogni due anni</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Sfalcio essenze vegetali VF e FWS <p><i>Straordinaria</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Rimozione sedimenti accumulati sul fondo del FWS (tipicamente ogni 10-15 anni) 	
<p>ESEMPI Impianto di Gorla Maggiore Impianto di Gorla Maggiore</p>	

VF



FWS



3 STATO DI FATTO

La stazione di sollevamento ubicata in via Labiena è stata progettata per recapitare all’impianto di depurazione tradizionale i reflui della rete fognaria delle abitazioni ubicate a valle della strada provinciale (circa 450 A.E. con due condotte fognarie di diametro 300 mm) e le acque di by-pass non scolmate provenienti dal collettore consortile (vedi figure seguenti).

Le acque scolmate del by-pass escono dalla stazione di sollevamento con una tubazione di diametro 800 mm e si immettono nel reticolo minore poco più a valle della stazione di sollevamento.

Durante eventi meteorici anche di scarsa entità la stazione di sollevamento non riesce a pompare le acque provenienti dalla rete fognaria e del by-pass, pertanto tali acque sfiorano e si immettono nel reticolo minore, senza subire nessun trattamento, per poi essere confluite al Lago di Comabbio.

Figura 1: Stralcio tavola STATO DI FATTO

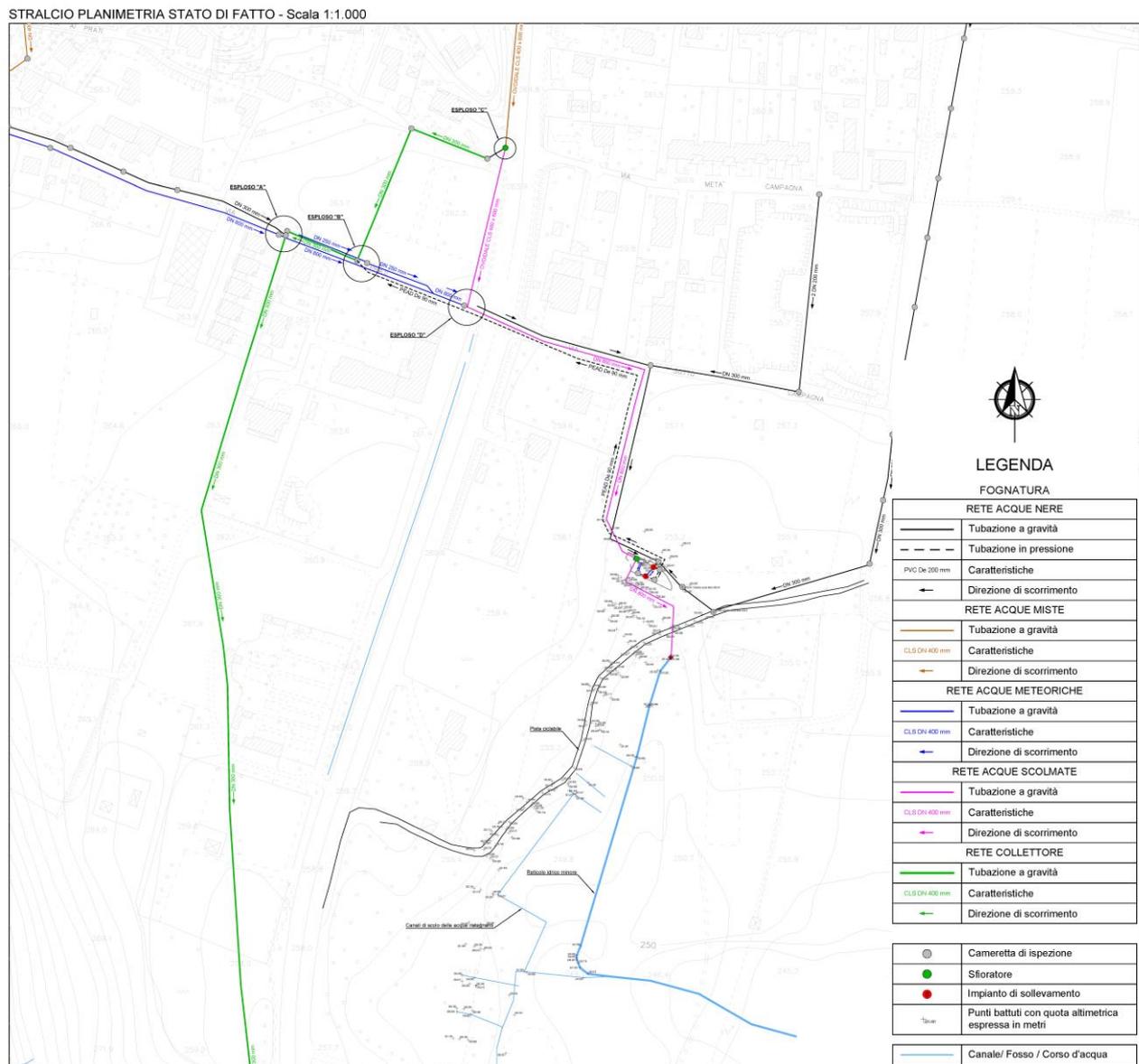
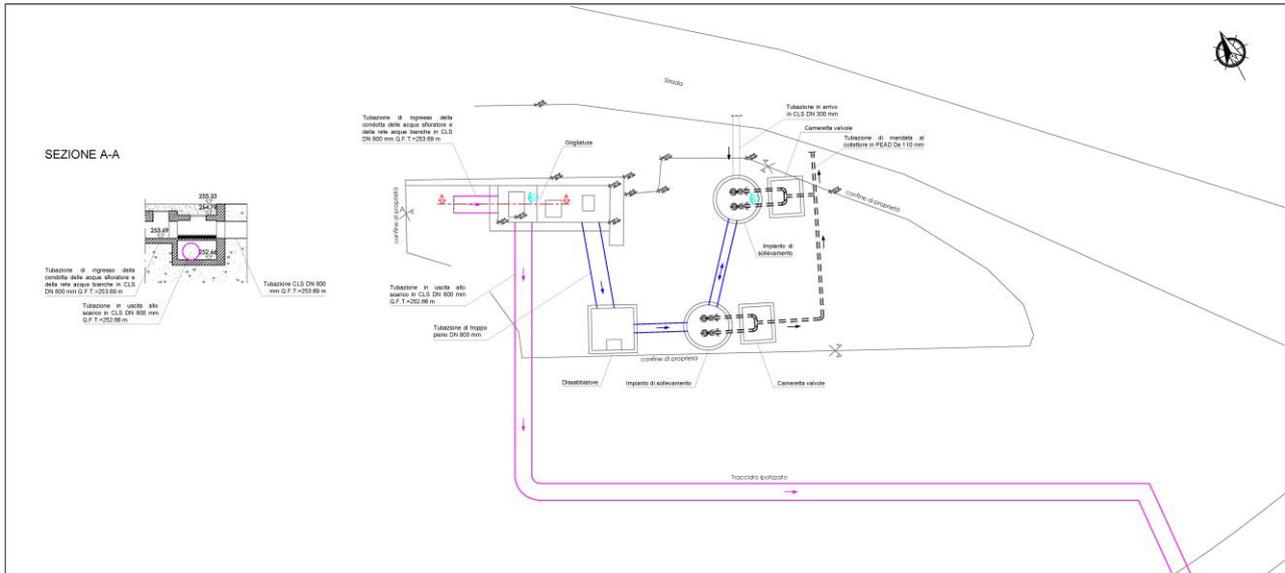
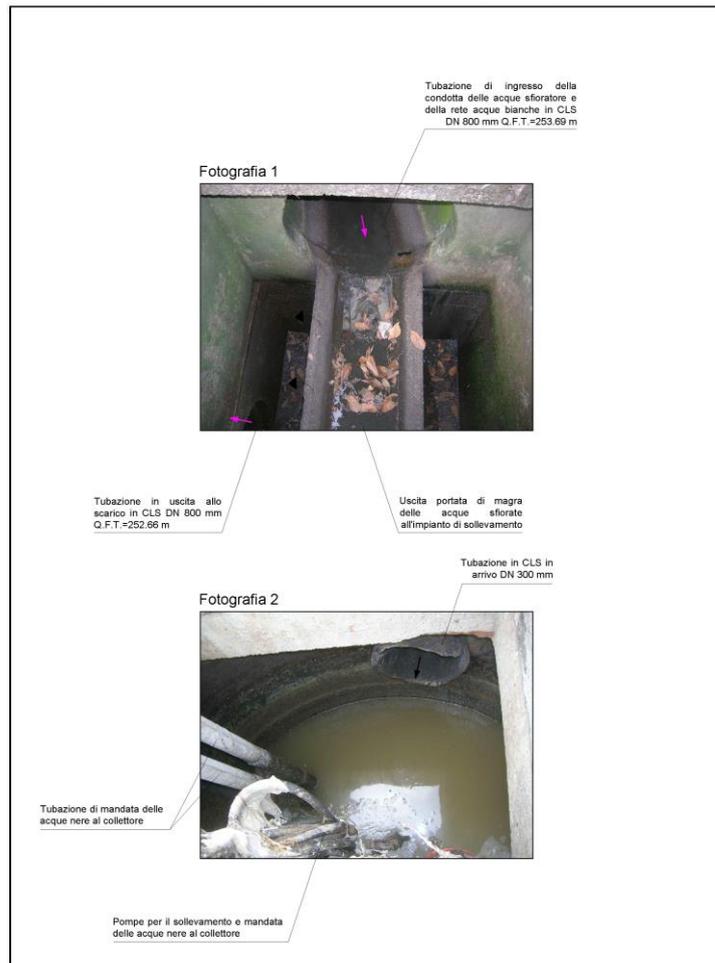


FIGURA 2: PARTICOLARI STAZIONE DI SOLLEVAMENTO

PLANIMETRIA DI DETTAGLIO STATO DI FATTO AREA IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO - Scala 1:100



PARTICOLARE FOTOGRAFICO IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO



3.1 QUADRO FOTOGRAFICO DELLO STATO DI FATTO



Ingresso area impianto sollevamento



Cameretta



Cameretta: ingresso condotta acque troppo-pieno da scolmatore via Labiena



Stazione di sollevamento



Area intervento



Area intervento



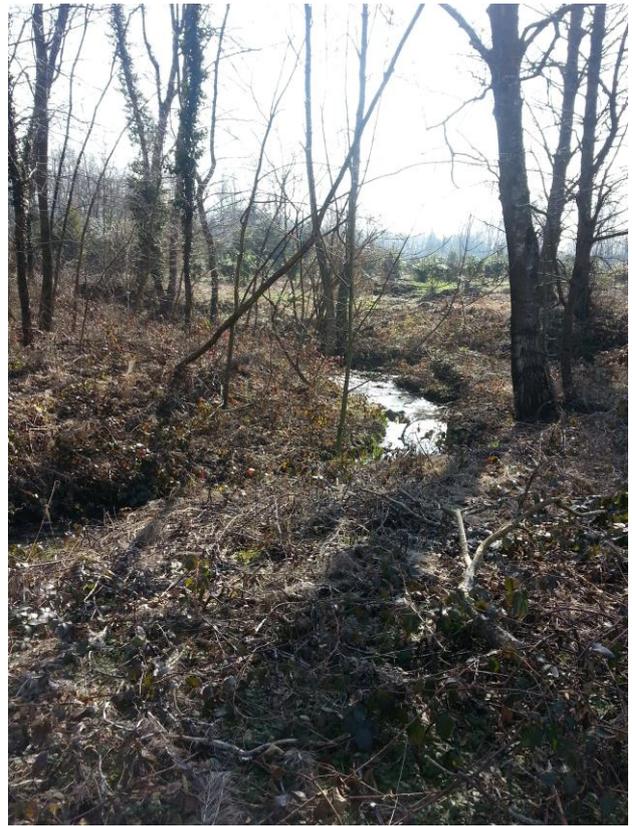
Area intervento



Area intervento



Reticolo idrico



Reticolo idrico

4 ANALISI DEI VINCOLI

L'area interessata è in vincolo paesaggistico. Si rimanda pertanto alla Relazione Paesaggistica allegata al presente progetto.

5 LA FITODEPURAZIONE DELLE ACQUE REFLUE

5.1 INTRODUZIONE AI SISTEMI NATURALI DI DEPURAZIONE DELLE ACQUE

La **fitodepurazione** è un naturale processo di depurazione che avviene nelle aree umide dove, ad opera di organismi animali e vegetali presenti nel suolo e nelle acque, si attuano meccanismi di depurazione attraverso processi fisici, chimici e biologici (filtrazione, assorbimento, assimilazione da parte degli organismi vegetali e degradazione batterica).

L'impiego dei sistemi naturali si basa, quindi, sulla capacità autodepurativa degli ambienti umidi. Il refluo, già sottoposto ad un trattamento primario (vasche di decantazione o vasche Imhoff), viene distribuito, mediante sistemi disperdenti all'interno dei bacini fitoassorbenti.

Il suolo, oltre a costituire il supporto alla vegetazione, svolge attivamente un'azione di filtrazione meccanica e chimica. Esso rappresenta un complesso sistema di competizione biologica nei confronti delle cariche batteriche presenti nei reflui; inoltre componenti quali le argille hanno una grande capacità di assorbimento di alcuni composti quali il fosforo e l'azoto ammoniacale.

La microfauna del terreno degrada il carico organico presente nel refluo (processi quali la rimozione del carbonio, nitrificazione dell'azoto ammoniacale, denitrificazione dell'azoto nitrico) trasformandolo in nutrienti disponibili per le specie vegetali del sistema.

La vegetazione, attraverso l'apparato radicale, apporta ossigeno in profondità (permettendo lo svolgersi dei processi degradativi ossidativi), assorbe nutrienti dal terreno, riducendone la concentrazione nelle acque in uscita, e, attraverso i meccanismi di evapotraspirazione, riduce il quantitativo totale delle acque che comunque vengono scaricate nell'ambiente esterno.

Gli inquinanti vengono quindi trasformati in nutrienti e infine in biomassa vegetale. Lo scopo è quello di ottenere la stabilizzazione della sostanza organica e la rimozione dei nutrienti per condurre il refluo depurato verso riutilizzazioni secondarie.

Il campo d'impiego della fitodepurazione riguarda principalmente:

- reflui di origine civile: è il trattamento ideale per piccole comunità aventi potenzialità inferiore a 2.000 abitanti equivalenti e con carichi fluttuanti settimanalmente o stagionalmente;
- aziende zootecniche: trattamento adatto per i reflui di lettiera e sala mungitura;
- utenze con reflui assimilabili ai civili (di natura organica), ubicate in aree non servite da pubblica fognatura: bar, ristoranti, agriturismi, campeggi, rifugi alpini, aree commerciali;
- **trattamento acque miste provenienti da sfioratori della rete fognaria o di acque di runoff urbano.**

Nel rispetto della normativa di riferimento e nel valutare la soluzione ottimale, vengono presi in esame i diversi sistemi naturali che prevedono il trattamento naturale delle acque reflue e che comportano, per piccole utenze con carichi inquinati fluttuanti nel tempo, una serie di vantaggi riassumibili in:

- elevata capacità depurativa della parte organica biodegradabile e affinamento complessivo del refluo;
- costi di realizzazione contenuti;
- costi di gestione estremamente contenuti e limitati ai primi anni di funzionamento oltre alla manutenzione dei sistemi di trattamento primario;
- facilità con cui le macrofite attecchiscono e si adattano ai climi temperati (per es. nelle nostre zone colonizzano abitualmente canali di scolo e di drenaggio);
- impatto ambientale ridotto: i bacini di fitodepurazione possono costituire parte integrante di un ecosistema;
- flessibilità alle fluttuazioni stagionali di carico inquinante.

5.2 I MECCANISMI DI RIMOZIONE DEGLI INQUINANTI

I processi depurativi attivi nei trattamenti di fitodepurazione nei confronti delle diverse forme di inquinamento sono spesso complessi e variegati.

Meccanismi di rimozione	Solidi sedimentabili	Solidi sospesi	BOD	Azoto	Fosforo	Metalli pesanti	Organiche refrattarie	Batteri e virus	Descrizione	
FISICI										
Sedimentazione	P	S	I	I	I	I	I	I	Sedimentazione gravitazionale di solidi in stagni/paludi di sedimentazione	
Filtrazione	S	S							Particolato rimosso meccanicamente dal passaggio dell'acqua attraverso il substrato, gli apparati radicali o i pesci	
Adsorbimento		S							Forze d'attrazione interparticellare (forze di Van der Waals)	
CHIMICI										
Precipitazione				P	P				Formazione di composti insolubili o coprecipitazione	
Adsorbimento				P	P	S			Adsorbimento su substrato e sulla superficie radicale	
Decomposizione						P		P	Decomposizione o alterazione de composti più stabili per ossidazione e riduzione	
BIOLOGICI										
Metabolismo batterico		P	P	P				P	Rimozione di solidi colloidali e organici solubili da parte di batteri sospesi, bentici e aggregati alle piante. Nitrificazione e denitrificazione batterica	
Metabolismo delle piante								S	S	Assunzione e metabolizzazione di composti organici da parte delle piante. La secrezione della radici può essere tossica per microrganismi di derivazione enterica
Assorbimento della pianta				S	S	S	S			In particolari condizioni, significative quantità di questi contaminanti saranno rimossi dalle piante
Decadimento naturale									P	Decadimento naturale di organismi in condizioni ambientali sfavorevoli

Legenda effetti: P = primario; S = secondario; I = incrementale

TABELLA 4 - MECCANISMI DI RIMOZIONE DEGLI INQUINANTI NELLE ZONE UMIDE DELLE ACQUE REFLUE

Essi avvengono attraverso una varietà di processi biologici, chimici e fisici che concorrono in diversa misura sul destino di ogni inquinante. Ogni processo, non solo costituisce il principale metodo di depurazione di un particolare inquinante, ma può svolgere un effetto secondario o incrementale su altri. Un esempio è la sedimentazione che ha un effetto primario sui solidi sedimentabili, uno secondario sui solidi sospesi ed uno incrementale sul BOD, sull'azoto, sul fosforo, sui metalli pesanti, sulle sostanze organiche refrattarie, sui batteri e virus (Tabella 4).

5.3 CLASSIFICAZIONE DI SISTEMI DI FITODEPURAZIONE

L'adozione della fitodepurazione trova applicazione tramite diverse tipologie di realizzazione, in cui vengono ricreati artificialmente habitat naturali. In base alla modalità e alla direzione di scorrimento del refluo da trattare, i sistemi di fitodepurazione possono essere classificati in:

- ✓ sistemi a flusso superficiale (SF, Surface Flow);
- ✓ sistemi a flusso sub-superficiale orizzontale (H-SSF, Horizontal Sub-Surface Flow);

- ✓ sistemi a flusso sub-superficiale verticale (V-SSF, Vertical Sub-Surface Flow);
- ✓ sistemi integrati che prevedono l'impiego delle diverse tipologie combinate.

Essi possono inoltre essere classificati in base alle idrofite utilizzate:

- ✓ sistemi a macrofite galleggianti;
- ✓ sistemi a macrofite radicate sommerse;
- ✓ sistemi a macrofite radicate emergenti;
- ✓ sistemi a microalghe.

Nel caso in esame si adotterà un sistema a macrofite radicate sommerse.

Segue un approfondimento della tipologia di sistema a flusso sub-superficiale orizzontale (H-SSF, Horizontal Sub-Surface Flow) che verrà adottata per l'impianto in progetto.

5.4 SISTEMI A FLUSSO SUB-SUPERFICIALE (SSF, SUB-SURFACE FLOW O WETLANDS)

Questo tipo di impianti prevede la realizzazione di bacini opportunamente impermeabilizzati, dove il pelo libero dell'acqua è mantenuto sempre al di sotto della superficie del terreno in modo che il *medium*, materiale inerte a diversa granulometria (pietrisco, ghiaia, sabbia, zeolite), sia saturo d'acqua. Mantenendo l'acqua sotto il livello del letto si riducono notevolmente i cattivi odori, i rischi igienici e lo sviluppo di colonie d'insetti. Dove le condizioni climatiche lo consentono, nel substrato poroso vengono piantate idrofite radicate emergenti appartenenti essenzialmente ai generi *Phragmites*, *Scirpus* e *Typha*.

A livello progettuale occorre tener conto dei seguenti aspetti:

- carico idraulico in ingresso;
- caratteristiche del refluo (concentrazione inquinanti e temperatura del refluo);
- superfici disponibili;
- condizioni climatiche.

Nei sistemi a flusso sub-superficiale orizzontale, il refluo scorre costantemente nel medium lungo il bacino. Affinché tale flusso sia uniforme è necessario che il refluo venga distribuito su tutta la larghezza del letto al fine di utilizzare pienamente l'intero sistema depurativo, con l'accortezza di non originare uno scorrimento superficiale e di non innescare cortocircuiti idraulici. Il refluo percorre tutta l'altezza del letto, scorrendo in senso orizzontale attraverso il substrato. L'evacuazione del refluo depurato avviene tramite una tubazione drenante posta sul fondo, all'estremità opposta del letto.

Il *medium*, svolge un'importante azione di filtrazione meccanica, oltre a rappresentare, insieme agli apparati radicali delle piante, il substrato di adesione delle colonie batteriche, funghi e protozoi, fattori della depurazione biologica. L'applicazione di questo trattamento, sia su scala internazionale che nazionale, ha dato dei risultati molto positivi.

Nei sistemi a flusso sub-superficiale orizzontale, l'abbattimento degli inquinanti avviene nel modo seguente:

INQUINANTE	ABBATTIMENTO / RIMOZIONE
BOD₅	- Processi di filtrazione attraverso il medium - Degradazione organica da parte dei microrganismi
SST	- Processi di filtrazione attraverso il medium (soprattutto in prossimità dell'immissione dello scarico)
N	- Assunzione da parte delle piante (in minima parte)

	<ul style="list-style-type: none"> - Nitrificazione (microrganismi aerobici) - Denitrificazione (microrganismi anaerobici)
P	<ul style="list-style-type: none"> - Adsorbimento e precipitazione a carico del medium - Assunzione da parte delle piante (in minima parte)

TABELLA 5 -PROCESSI DI ABBATTIMENTO DEGLI INQUINANTI IN UN SISTEMA H-SSF

L'efficienza di abbattimento e rimozione degli inquinanti si mostra particolarmente importante nei riguardi del **BOD₅**. Anche la rimozione dei **solidi sospesi** è ottima. La rimozione dell'**azoto** è invece contenuta: il processo di nitrificazione del refluo è limitato dalla carenza di ossigeno (soprattutto con BOD₅ molto elevato) e inoltre il tempo di ritenzione idraulica del refluo non è sufficientemente prolungato rispetto al tempo necessario alla reazione di nitrificazione che avviene con velocità ridotta (mentre la denitrificazione è sempre abbastanza veloce). Come si vedrà nel paragrafo 0, l'abbattimento dei composti azotati viene notevolmente migliorato utilizzando le zeoliti.

Anche l'abbattimento del **fosforo** avviene in misura ridotta rimozione della sostanza organica; l'assunzione radicale non è generalmente rilevante. Il meccanismo più efficace di abbattimento di questo nutriente risulta dal processo di precipitazione e successivo stoccaggio nei sedimenti. La sua rimozione può essere valutata in proporzione alla rimozione di sostanza organica, considerando che nei processi batterici è ipotizzabile che per 100 g di BOD rimosso venga eliminato 1 g di fosforo. I valori di efficienza del fosforo riportati in letteratura sono particolarmente variabili, principalmente in relazione alle caratteristiche del substrato impiegato come *medium*. Possono essere incrementati con l'aggiunta di un coagulante (cloruro ferrico) o utilizzando, come in questo caso, le zeoliti in grado di adsorbire in parte il nutriente.

5.5 LA SCELTA DELLE SPECIE VEGETALI

Di consueto la scelta della specie vegetale da impiegarsi nei sistemi di fitodepurazione ricade sulla macrofita acquatica particolarmente efficace Cannuccia di palude (*Phragmites australis*), che cresce normalmente fino a quote massime di 1.400 ÷ 1.500 m s.l.m..

Le nuove frontiere della fitodepurazione: l'impiego di substrati "attivi"

Gli impianti di fitodepurazione convenzionali possono richiedere superfici estese (da 2 a 5 m²/A.E.), a seconda del tipo di impiego (sistemi di affinamento oppure sistemi di trattamento secondario), della presenza e dalle caratteristiche di altri sistemi deputativi sulla linea di trattamento, dalle caratteristiche ambientali e climatiche del sito in cui vengono realizzati (in zona di montagna rispetto ad aree di pianura i rendimenti depurativi sono in genere inferiori dato il clima più rigido).

Laddove, dunque, siano disponibili superfici piane ridotte, come avviene sovente nelle aree montane, le diverse tipologie classiche di fitodepurazione non sempre risultano realizzabili. Tale fattore limitante di spazio ha dunque portato a ricercare soluzioni alternative rispetto a quelle convenzionali descritte nelle pagine precedenti.

La pedo-fitodepurazione si propone come valida alternativa tecnologica alla fitodepurazione convenzionale, puntando ad un aumento dell'efficienza depurativa del sistema di fitodepurazione, intesa come una minimizzazione degli spazi necessari a parità di resa depurativa.

Questa tecnologia si fonda sull'approfondimento del ruolo che i singoli fattori - **parametri costruttivi, substrati, essenze vegetali, attività microbica** - svolgono nel bilancio dell'intero processo depurativo. Dall'analisi di ciascuno di questi fattori e delle loro interazioni risultano evidenti le notevoli potenzialità di questa nuova frontiera della fitodepurazione. Combinando tali fattori in modo opportuno, è infatti possibile ottenere sistemi applicabili alle diverse realtà, per il trattamento di reflui anche molto diversi. Attraverso l'impiego di scambiatori ionici (es. zeolite) e fasi minerali adsorbenti (es. residui dell'attività mineraria) atti a integrare l'azione dei processi biologici, viene

notevolmente incrementata l'efficienza nella rimozione degli inquinanti, riducendo la necessità di spazio presente nella versione tradizionale. Questa razionalizzazione permette di adattare il sistema al trattamento di acque reflue anche in condizioni di scarsa disponibilità di aree deputate ad ospitare tali sistemi di depurazione.

Il bio-pedo-trattamento delle acque reflue si fonda sulla rivalutazione del ruolo del **suolo** nel processo depurativo. Esso, in natura, è sede di purificazione dell'acqua da inquinanti organici, biologici e da metalli pesanti. In un impianto di bio-pedo-trattamento, sostanzialmente si sfruttano le potenzialità depurative del suolo, sostituendo il medium inerte (ghiaie e sabbie), con un medium contenente minerali efficaci nell'adsorbimento e/o nella precipitazione degli inquinanti. In questo tipo di impianti le piante radicanti svolgono un ruolo fondamentale di mantenimento della capacità adsorbente e degradante del suolo, asportando i composti bloccati sul complesso di scambio e facendo sì che i comparti deputati all'adsorbimento non raggiungano la saturazione. Le piante inoltre agiscono come una pompa biologica, convertendo l'energia solare in energia chimica e portando O₂ dalle foglie alle radici, permettendo la colonizzazione della rizosfera da parte dei microrganismi.

Le **zeoliti** sono i minerali più abbondanti della crosta terrestre. Esse si ritrovano nelle rocce sedimentarie, nei depositi lasciati dai laghi di origine salina (phillipsite, clinoptilolite, analcime, erionite, chabasite, mordenite), in depositi marini (phillipsite, clinoptilolite, analcime, erionite, mordenite), e nelle rocce vulcaniche (phillipsite, chabasite). Depositi di diversa composizione sono presenti in USA, Giappone, Russia, ex-Cecoslovacchia, Ungheria, Bulgaria, ex-Jugoslavia, Messico, Corea, Sudafrica, Italia (tufi campani, le lave leucitiche del vulcano laziale e del Monte Somma, che abbondano di phillipsite, in Sardegna con abbondanza di chabasite). In alcuni casi i depositi contengono quantità di milioni di tonnellate, con livelli di purezza anche >90%. In altri casi la purezza scende al 60%, essendo il materiale zeolitico miscelato con argille e feldspati.

Il nome "zeolite" (dal greco: pietra che bolle) è stato introdotto da un mineralogista svedese (A.F. Cronstedt), perché sono minerali che se riscaldate sprigionano vapore acqueo. Le zeoliti, grazie alla loro struttura cristallina costruite da tetraedri di SiO₄ e AlO₄ disposti tridimensionalmente e legati l'uno con l'altro tramite la condivisione di tutti gli atomi di ossigeno, presentano particolari proprietà chimico-fisiche:

1. elevata e selettiva Capacità di Scambio Cationico (CSC);
2. disidratazione reversibile;
3. adsorbimento molecolare.

A queste si aggiungono altre proprietà (ritenzione idrica, resistenza meccanica, permeabilità, bassa densità) dovute alla natura della roccia.

6 INTERVENTI IN PROGETTO

6.1 LOCALIZZAZIONE INTERVENTO

Il nuovo sistema di trattamento delle acque reflue provenienti dallo scolmatore del collettore) che confluisce i reflui fognari al depuratore di Bardello) con sistema di fitodepurazione ibrida multistadio (Scheda 3 di riferimento riassunto nelle pagine precedenti), si colloca in un'area depressa adiacente al reticolo idrico minore che recapita nel Lago di Comabbio.

L'area risulta essere un'area sub-pianeggiante caratterizzata da materiale fine a bassa permeabilità e tendenza al ristagno di acqua. Infatti l'area di progetto è percorsa da canali di scolo che confluiscono le acque ristagnanti al reticolo minore. Per queste caratteristiche risulta idonea ad accogliere un impianto di fitodepurazione che diventerebbe parte integrante dell'ambiente naturale adiacente.

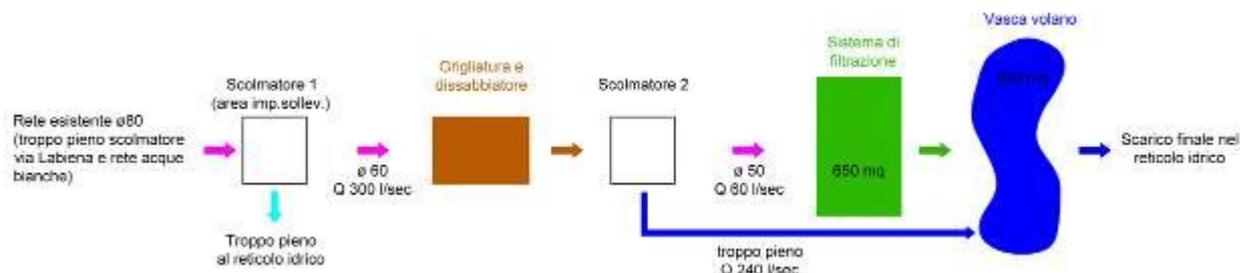
La presenza della roggia in cui attualmente recapitano le acque di sfioro, facilita l'immissione delle acque trattate nella rete idrica superficiale.

FIGURA 3: IN ROSSO L'INDIVIDUAZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO RISPETTO ALL'ATTUALE STAZIONE DI SOLLEVAMENTO



6.2 SOLUZIONE PROGETTUALE

La soluzione progettuale adottata segue lo schema seguente composto da:



6.2.1 VERIFICA IDRAULICA SCOLMATORE ESISTENTE IN VIA LABIENA

Lo sfiatore in questione si trova in via Labiena. Il manufatto è a servizio di un bacino prevalentemente residenziale servito da una rete di tipo misto.

La zona residenziale a Est della strada statale S.S. 629 (via Labiena) è gestita da una rete nera che convoglia le acque di scarico nella stazione di sollevamento n°1 esistente, posta in via Sotto Campagna. Per tale motivo gli abitanti relativi al bacino sotteso allo scolmatore esistente saranno conteggiati come una percentuale degli abitanti totali (che risultano essere pari a circa 1150 in totale).

Le portate di acque reflue e di prima pioggia derivate dal manufatto vengono immesse mediante una tubazione di derivazione in CLS De 300 mm nel collettore intercomunale; mentre le acque meteoriche di supero vengono convogliate allo sfiatore di via Sotto Campagna, attraverso una condotta con primo tratto ovoidale di dimensioni 400 x 600 mm e secondo tratto in CLS Dn 800 mm.

Il manufatto è costituito attualmente da una soglia di sfioro (dotata di guida) di altezza pari a 11 cm rispetto al fondo della tubazione e di una paratoia regolabile manualmente con luce pari a 15 cm. Quando il livello idrico raggiunge la quota della soglia di sfioro inizia lo scarico delle acque sfiorate nella rete fognaria di interesse.

Come si vedrà di seguito, l'adeguamento di tale manufatto risulta necessario in quanto alle condizioni attuali non è conforme a normativa.

ASPETTI IDRAULICI

In primo luogo è stato necessario classificare il manufatto oggetto di intervento, ai sensi dell'art. 12 del r.r. n. 6 del 29/03/2019, che definisce questa distinzione:

- sfiatori di alleggerimento idraulico:** sfiatori il cui valore della portata di soglia è maggiore o uguale al doppio della portata da avviare all'impianto di trattamento delle acque reflue, determinata in base ai criteri descritti nell'Allegato E;
- sfiatori volti alla limitazione** delle portate meteoriche da addurre alla depurazione: sfiatori il cui valore della portata di soglia è minore del doppio della portata da avviare all'impianto di trattamento delle acque reflue, determinata in base ai criteri descritti nell'Allegato E.

Si è quindi proceduto a determinare la portata nera minima da avviare a depurazione, di seguito indicata come Q^*n , corrispondente a un apporto di 750 l/A.E. giorno oppure elevato a 1000 l/A.E. giorno per gli sfiatori "le cui acque eccedenti siano recapitate in laghi ovvero su suolo o negli strati superficiali del sottosuolo". A partire dalle

informazioni disponibili, sono stati individuati in prima approssimazione i dati relativi a popolazione, fissata pari al 75% degli abitanti totali del comune, ed è stata calcolata la portata minima da addurre a depurazione $Q*n$ (750 l/ab*d), pari a 7,5 l/s.

Allo stato attuale, dai calcoli preliminari effettuati la portata di attivazione dello sfioratore risulta essere pari a circa 15 l/s e pertanto può essere classificato come sfioratore di alleggerimento.

Poiché il manufatto in oggetto è classificato come manufatto di alleggerimento, si esclude la necessità di prevedere la realizzazione di vasche di prima pioggia, in relazione a quanto stabilito dall'art. 13 comma 2 del r.r. 6/2019, che stabilisce che “[...] *In caso di sfioratori di cui all'art. 12, comma 1, lettera a) le acque sfiorate sono avviate direttamente ai recapiti naturali, senza necessità di vasca di accumulo o di sistema di trattamento delle acque di sfioro [...]*”.

Il sopracitato articolo 13 del r.r. 6/2019, al comma 2, riporta inoltre “[...] *Resta comunque salvo l'obbligo di rispettare le portate limite previste dall'art. 51 delle NTA del PTUA. [...]. Tale articolo, al comma 5, riporta che la portata degli scarichi degli sfioratori di piena delle reti fognarie unitarie collocate in area ad alta o media criticità devono essere compatibili con la capacità idraulica del recettore e comunque limitati al valore massimo di 40 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile.*

Dal momento che il caso in oggetto è collocato in un'area a bassa criticità idraulica non si è tenuto conto di tale limite allo scarico nel recettore.

Infine, si evidenzia che, conformemente a quanto riportato nell'Allegato E del r.r. n. 6/2019, la portata di soglia, cioè il valore oltre al quale è prevista l'attivazione dello sfioro, deve essere sempre maggiore o uguale a 20 l/s, al fine di ridurre il rischio di occlusione.

Per tale motivo, è previsto in progetto **l'adeguamento dello sfioratore mediante innalzamento della soglia** di 4 cm (ottenendo così una soglia di altezza pari a 15 cm rispetto al fondo scorrimento della tubazione), che consente di avere una portata di attivazione superiore a 20 l/s. L'innalzamento della soglia sarà realizzato mediante l'installazione di una lamiera di acciaio nella predisposizione esistente lungo la soglia.

6.2.2 ADEGUAMENTO POZZETTO SCOLMATORE ESISTENTE E REALIZZAZIONE NUOVO SCOLMATORE 1

Il primo intervento previsto, partendo da monte, riguarda la dismissione/demolizione del manufatto scolmatore in via Sotto Campagna, caratterizzato attualmente anche da una camera di grigliatura e dissabbiatura. Coerentemente, si prevede anche la dismissione del tratto di collegamento di tale manufatto alla stazione di sollevamento n.2 esistente.

Questo intervento permette di ridurre le acque in arrivo al collettore consortile e consente di utilizzare la seconda stazione di sollevamento esistente come by-pass per le acque nere, qualora si necessiti di effettuare una manutenzione straordinaria sulla vasca n.1. Inoltre, dal momento che, come confermato dall'ente stesso, in tale area si verificano problemi legati al funzionamento in pressione delle tubazioni con conseguenti fenomeni di allagamento in caso di precipitazioni meteoriche intense, tale intervento di disconnessione del tratto di fognatura dalle stazioni di sollevamento permette di ridurre il verificarsi di tali fenomeni.

DIMENSIONAMENTO IDRAULICO

In generale, per il dimensionamento delle tubazioni e del manufatto scolmatore è necessario calcolare la portata di piena in arrivo alla sezione di interesse. La portata viene stimata a partire da un modello afflussi-deflussi a partire dallo ietogramma di riferimento di un dato evento meteorico avente un particolare tempo di ritorno e dal bacino scolante impermeabile sotteso al manufatto scolmatore esistente.

I criteri di dimensionamento sono esposti di seguito.

1- Analisi piogge intense

Una delle ipotesi fondamentali che sta alla base del dimensionamento di opere soggette ad eventi idrologici, è che le portate massime e le onde di piena critiche, aventi un certo tempo di ritorno T, siano originate da una precipitazione con lo stesso tempo di ritorno.

Partendo da questa ipotesi è necessario determinare la curva di possibilità climatica, ovvero l'espressione che, per un pre-assegnato tempo di ritorno T, fornisce, per ogni durata di pioggia, la massima altezza di precipitazione che può verificarsi e che viene superata una volta ogni T anni.

A tale proposito si fa generalmente riferimento ad un'espressione algebrica monomia del tipo:

$$h = a \cdot t^n$$

in cui h è l'altezza di pioggia espressa in millimetri, t è la corrispondente durata in ore, a ed n sono due coefficienti che definiscono la curva risultante.

Il sito "<http://idro.arpalombardia.it/pmapper4.0/map.phtml>" di ARPA Lombardia fornisce i parametri della curva di possibilità pluviometrica valida per ogni località della Lombardia espressa nella forma:

$$h = a_1 \cdot w_T \cdot D^n$$

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \cdot \left[1 - \log \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]^k$$

in cui h è l'altezza di pioggia, D è la durata, a1 è il coefficiente pluviometrico orario, wT è il coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno T, n è l'esponente della curva (parametro di scala), α , ε , k sono i parametri delle leggi probabilistiche GEV adottate.

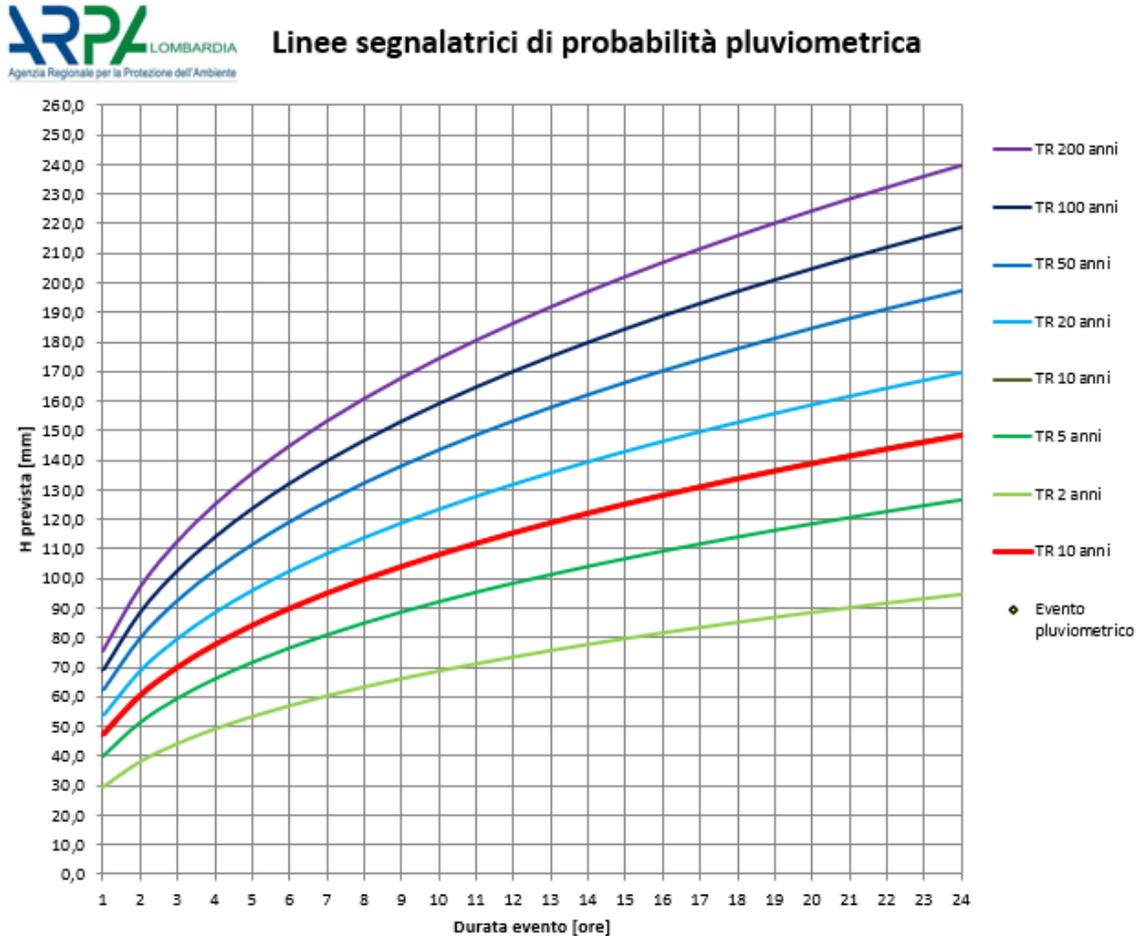
Poiché tali parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica riportati da ARPA Lombardia si riferiscono generalmente a durate di pioggia maggiori dell'ora, per le durate inferiori all'ora si possono utilizzare, in carenza di dati specifici, tutti i parametri indicati da ARPA tranne il parametro n per il quale si indica il valore n = 0,5 in aderenza agli standard suggeriti dalla letteratura tecnica idrologica.

Per l'area in oggetto si considerano piogge con tempo di ritorno T = 10 anni, per cui risulta:

h=48,84 t 0,5 per t < 1 ora;

h=48,84 t 0,363 per t > 1 ora;

FIGURA 4: Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per il Comune di Comabbio nell'area oggetto dell'intervento



2- Caratterizzazione idrologica dei bacini di drenaggio

Non tutto il volume di pioggia che ricade su una certa area affluisce alla rete drenante. Una parte di esso si perde per effetto di una serie di fenomeni idrologici (evaporazione, infiltrazione nel terreno, formazione sul bacino di un velo idrico, immagazzinamento in avvallamenti superficiali) prima di arrivare alla rete di drenaggio.

Per il dimensionamento di quest'ultima sarà quindi rilevante solo la restante parte di pioggia, cioè la cosiddetta pioggia netta o efficace. Tale pioggia può essere valutata attraverso il coefficiente di assorbimento φ che rappresenta il rapporto tra il volume della pioggia netta ed il volume della pioggia totale cioè la frazione di acqua meteorica che scorre fino alla sezione di chiusura del bacino senza infiltrarsi nel terreno. Questo coefficiente varia in funzione dell'intensità della durata della pioggia, ma nella pratica progettuale generalmente viene considerato costante.

Nel caso in cui un bacino sia composto da zone con diverse destinazioni d'uso, il coefficiente di deflusso complessivo deve essere calcolato come media pesata, in funzione delle diverse aree, dei coefficienti di deflusso di ogni zona attraverso la relazione:

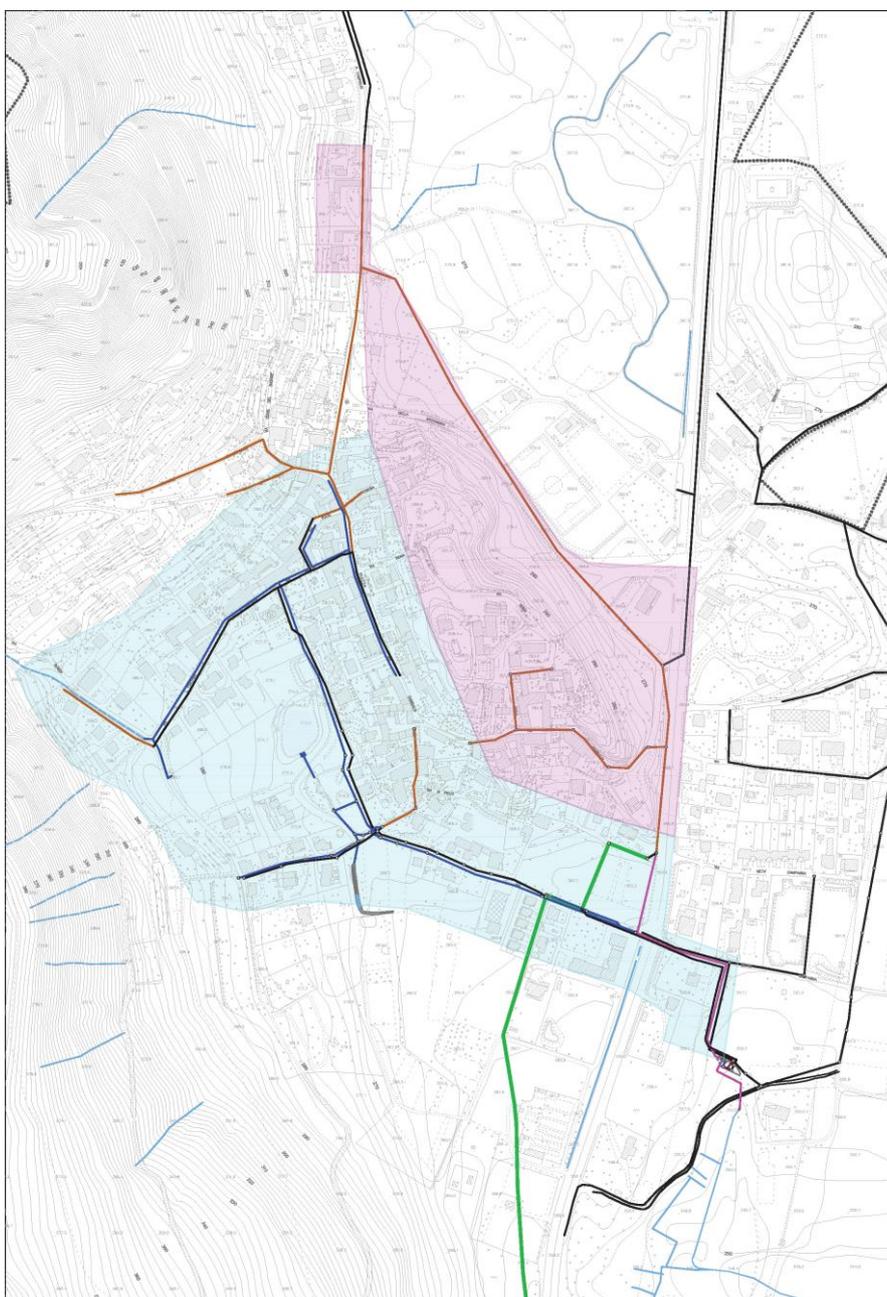
$$\varphi = \frac{\sum_i S_i \cdot \varphi_i}{\sum_i S_i}$$

Nel caso in esame, per il calcolo della superficie scolante impermeabile è stato utilizzato un valore medio per entrambi i bacini individuati pari a 0,25, sulla base delle caratteristiche dell'area in oggetto.

Di seguito si mostra il bacino scolante sotteso al manufatto scolmatore esistente in via Sotto Campagna pari a circa 29 ha. Nello specifico, il bacino individuato è costituito da due sotto-bacini:

- *il bacino azzurro*, pari a circa 19 ha, costituisce il bacino scolante delle acque bianche raccolte dalla rete che si collega a quella delle acque sfiorate a valle del manufatto sfioratore di via Labiena;
- *il bacino in magenta*, pari a circa 10 ha, rappresenta il bacino scolante della rete mista in arrivo allo sfioratore esistente in via Labiena, le cui acque sfiorate contribuiscono a generare la portata di piena in arrivo nel manufatto sfioratore sito in via Sotto Campagna (ossia nel punto interessato dagli interventi in progetto).

FIGURA 5: Bacini scolanti sottesi allo scaricatore sito in via Sotto Campagna.



3- Metodo di calcolo delle portate

Per la determinazione, attraverso un modello afflussi-deflussi, della massima portata al colmo che si verifica all'uscita dalla rete di drenaggio di un bacino idrografico, corrispondente ad un tempo di ritorno prefissato, è necessario costruire uno ietogramma teorico di progetto a partire dalle curve di possibilità pluviometrica.

La forma utilizzata nel presente studio e largamente diffusa in letteratura è lo ietogramma Chicago. Lo ietogramma Chicago presenta un picco di intensità massima i_{max} ed ha il vantaggio di essere poco sensibile alla variazione della durata di base. Infatti, la parte centrale dello ietogramma rimane la stessa per durate progressivamente maggiori, aggiungendosi solo due “code” all'inizio e alla fine dell'evento. Inoltre esso contiene in sé, proprio per il modo con cui è costruito, le piogge critiche per tutte le durate parziali minori della durata complessiva; lo stesso ietogramma pertanto può essere utilizzato come ietogramma di progetto per tutti i sottobacini di un medesimo bacino, senza la necessità di ricerca delle durate critiche di ognuno di essi, purché la durata complessiva dello ietogramma sia sicuramente maggiore del tempo di corrivazione del bacino totale (“Sistemi di fognature e drenaggio” di A. Paoletti).

Il calcolo delle portate critiche può essere effettuato in base alla formula razionale applicando il metodo della corrivazione:

$$Q_c = S \cdot 2,78 \cdot \varphi \cdot A \cdot \vartheta_c^{n-1}$$

dove Q_c è la portata critica (l/s), S è l'area del bacino scolante considerato (ha), φ è il coefficiente di afflusso, a e n sono i due coefficienti che definiscono la curva di possibilità climatica, θ_c è la durata critica dell'evento meteorico (ore) pari a:

$$\vartheta_c = T_e + \frac{T_r}{1,5}$$

dove T_e è il tempo di corrivazione sul bacino prima del raggiungimento della rete di drenaggio (tempo di ingresso in rete) e T_r è il tempo di corrivazione in quest'ultima.

Il tempo di corrivazione del bacino T_0 è il tempo che intercorre tra la caduta della precipitazione su di un bacino ed il passaggio di questa dalla sezione di chiusura del bacino stesso. T_0 è dato da:

$$T_0 = T_e + T_r$$

Il tempo di ingresso in rete è stato posto pari a 5 minuti, mentre il tempo di corrivazione della rete di drenaggio è stato posto pari a L/V_r dove L (m) è il percorso idraulicamente più lungo della rete mentre V_r (m/s) è la velocità della corrente a tubo pieno.

Nel caso in esame, considerando un evento meteorico, considerando un bacino scolante impermeabile stimato pari a $29 \cdot 0,25$ ha = 7,25 ha ed un tempo di corrivazione pari a 12 min la portata al colmo generata da un evento meteorico con tempo di ritorno pari a 10 anni risulta essere pari a 2198,6 l/s.

Sulla base delle informazioni disponibili, dal momento che parte delle acque ricadenti sulla superficie in esame e raccolte dalla rete fognaria sembrano essere in parte scaricate nel bacino a cielo aperto esistente in via L. Fontana, si ipotizza di ridurre tale valore a 1830,5 l/s, in linea con la portata massima convogliabile dalla tubazione in CLS DN 800 mm esistente (avente una pendenza ipotizzata pari a 2 %) in arrivo al manufatto sfioratore sito in via Sotto Campagna.

4- Calcolo delle sezioni dei condotti e dei canali

Per il calcolo idraulico dei condotti di fognatura si ammette che la portata in essi defluente si muova con moto uniforme.

Questa ipotesi, pur non essendo mai esattamente conforme alle reali condizioni di movimento, viene normalmente accettata per la sua semplicità, anche in conformità delle enormi semplificazioni proprie dello schema di funzionamento idraulico ammesso per la teoria sulla quale poggiano i calcoli di dimensionamento.

La formula più comunemente usata è quella di Chezy:

$$Q = A \cdot \chi \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

dove Q è la portata in m^3/s , A è l'area della sezione bagnata in m^2 , χ è un coefficiente che tiene conto della scabrezza della condotta, R è il raggio idraulico in metri, i è la pendenza di fondo del condotto.

Per il calcolo del coefficiente χ si è adottata l'espressione di Strickler:

$$\chi = k \cdot R^{1/6}$$

con $k = 70 m^{1/3}/s$ per le tubazioni in CLS.

Le opere in progetto in prossimità dei manufatti esistenti di via Sotto Campagna sono le seguenti:

- **Adeguamento del manufatto scolmatore esistente** in modo tale da realizzare un pozzetto di ispezione semplice avente in uscita una tubazione in CLS DN 1000 mm con $i = 1\%$. Tale tubazione è in grado di smaltire una portata maggiore rispetto alla tubazione esistente in ingresso al manufatto (in CLS DN 800 mm con pendenza ipotizzata all'incirca pari al 2%).
- **Realizzazione nuovo manufatto scolmatore n.1** in grado di avviare ai sistemi di trattamento una portata regolata pari a $300 l/s$, attraverso una condotta in CLS DN 600 mm con pendenza minima $i = 1\%$. Tale manufatto sarà dotato di regolatore di portata tipo HYDROSLIDE al fine di controllare e mantenere costante la portata da confluire a valle indipendentemente dalle variazioni di battente idraulico che possono verificarsi a monte. La restante aliquota di portata in arrivo al manufatto viene sfiorata e convogliata mediante una tubazione in CLS dn 800 mm fino allo scarico nella roggia.

Le caratteristiche tecniche e costruttive del manufatto sfioratore e del relativo organo di regolazione della portata sono le seguenti:

- Manufatto gettato in opera con dim. interne pari a $2,50 \times 2,50$ m, con soglia avente un'altezza pari a $0,9$ m;
- Portata di settaggio organo di regolazione della portata da mandare ai sistemi di trattamento: $300 l/s$
- Battente di regolazione: $0,9$ m (= altezza soglia rispetto alla quota di scorrimento del tubo).
- Tipo di paratoia: a ghigliottina
- Comando paratoia: da galleggiante esterno posizionato frontalmente
- Materiale: acciaio inox AISI 304

Quando il livello supera $254,25$ m s.l.m., corrispondente alla quota della soglia di sfioro laterale ($h = 90$ cm), la portata inizia a defluire verso la nuova condotta in CLS DN 800 mm con pendenza pari al 2% che si collegherà al tratto di condotta esistente in CLS DN 800 mm con pendenza ipotizzata pari a $1,56\%$ fino allo scarico verso il corpo idrico ricettore delle portate eccedenti i $300 l/s$ nel caso di eventi meteorici particolarmente intensi.

VERIFICA IDRAULICA NUOVE CONDOTTE IN PROGETTO

Sulla base dei criteri indicati precedentemente di seguito si riporta la verifica idraulica dei condotti in progetto.

La portata che la tubazione in CLS DN 1000 mm, con pendenza pari a 10 m/km e riempimento 94% , è in grado di smaltire è pari a $2346,92 l/s$ (velocità: $3,06$ m/s, altezza livello idrico nel tubo: $940,00$ mm).

D_i [mm]	1000,00
D_e [mm]	1200
KST	70
J [m/Km]	10,00

ALTEZZA mm	VELOCITA' m/s	PORTATA l/s
15,0	0,32	0,61
45,0	0,66	6,36
75,0	0,91	18,61
105,0	1,12	37,28
135,0	1,30	62,04
165,0	1,46	92,36
195,0	1,60	127,64
225,0	1,73	167,17
255,0	1,84	210,18
285,0	1,93	255,84
315,0	2,02	303,23
345,0	2,09	351,37
375,0	2,15	399,20
405,0	2,19	445,57
435,0	2,23	489,19
465,0	2,25	528,58
495,0	2,25	561,99
525,0	2,24	587,10
555,0	2,20	600,32
585,0	2,11	593,25
600,0	1,98	558,75

La portata che la tubazione in CLS DN 600 mm, con pendenza pari a 10 m/km e riempimento 94%, è in grado di smaltire è pari a 601,04 l/s (velocità: 2,18 m/s, altezza livello idrico nel tubo: 564,00 mm).

D_i [mm]	600,00
D_e [mm]	800
KST	70
J [m/Km]	10,00

ALTEZZA mm	VELOCITA' m/s	PORTATA l/s
30,0	0,51	3,51
80,0	0,97	28,46
130,0	1,31	78,84
180,0	1,60	154,22
230,0	1,85	253,14
280,0	2,08	373,59
330,0	2,27	513,13
380,0	2,44	669,00
430,0	2,60	838,14
480,0	2,73	1017,25
530,0	2,85	1202,76
580,0	2,94	1390,81
630,0	3,03	1577,23
680,0	3,09	1757,45
730,0	3,14	1926,39
780,0	3,16	2078,22
830,0	3,17	2205,88
880,0	3,14	2300,04
930,0	3,08	2345,85
980,0	2,95	2305,49
1 000,0	2,78	2181,80

La portata che la tubazione in CLS DN 800 mm, con pendenza pari a 20 m/km e riempimento 94%, è in grado di smaltire è pari a 1830,57 l/s (velocità: 3,37 m/s, altezza livello idrico nel tubo: 752,00 mm).

D_i [mm]	800,00
D_e [mm]	960
KST	70
J [m/Km]	20,00

ALTEZZA mm	VELOCITA' m/s	PORTATA l/s
15,0	0,46	1,00
55,0	1,07	16,10
95,0	1,51	50,92
135,0	1,88	105,41
175,0	2,20	178,56
215,0	2,47	268,89
255,0	2,72	374,56
295,0	2,93	493,46
335,0	3,12	623,28
375,0	3,29	761,48
415,0	3,44	905,30
455,0	3,56	1051,81
495,0	3,67	1197,79
535,0	3,75	1339,78
575,0	3,81	1473,90
615,0	3,85	1595,77
655,0	3,86	1700,14
695,0	3,84	1780,25
735,0	3,78	1825,92
775,0	3,64	1815,13
800,0	3,39	1701,78

6.2.3 SISTEMA DI GRIGLIATURA E DISSABBIATURA

La quota parte delle acque che prosegue verso il sistema di fitodepurazione (300 l/s) sarà sottoposto al trattamento di grigliatura, in modo da evitare il trascinarsi di materiale solido grossolano verso gli stadi successivi del processo. Date le portate e le quantità prevedibilmente trasportate, è stata scelta una griglia meccanizzata, in modo da rendere agevole l'estrazione e l'allontanamento del grigliato. Il sistema di grigliatura verrà installato direttamente in testa al dissabbiatore.

Il canale di grigliatura, di lunghezza pari a 4 metri, sarà dotato di uno sgrigliatore monoblocco a barre con pettine rotante su carrello ad azionamento oleodinamico. La macchina è realizzata in acciaio al carbonio verniciato ed è composta da:

- una struttura fissa comprendente la sezione barrata, le guide laterali dove scorre il carrello, il raschiatore pettine e lo scivolo di scarico;
- una parte mobile formata dal carrello sul quale è montato il pettine rotante per la pulizia delle barre che scorre nelle guide laterali;
- una centralina oleodinamica dotata di tutte le apparecchiature necessarie per la movimentazione ed il controllo della macchina. Il quadro elettrico è installato e cablato a bordo centralina; un PLC gestisce la logica di funzionamento, gli allarmi ed i messaggi di manutenzione.

Le caratteristiche tecniche della griglia e del canale di grigliatura sono raccolte nella seguente tabella:

Canale di grigliatura	
Portata massima in arrivo [m ³ /s]	0,3
Larghezza [m]	1,00
Lunghezza [m]	4,00
Altezza [m]	2,34
Griglia	
Quota di scarico (da fondo canale a sotto scivolo) [m]	3,67
Altezza sezione barrata [m]	1,00
Luce libera tra le barre [mm]	20
Barre [mm]	h 40,00 – s 8,00
Velocità tra le barre [m/s]	0,81
Portata massima trattata [m ³ /s]	0,320
Perdita idraulica [mm]	15
Velocità salita / discesa [m/s]	0,11
Ingombro massimo in altezza [m]	6,032

Il dissabbiatore è costituito da una vasca interrata in cemento armato con fondo sagomato avente le funzioni di sedimentare le sabbie e le particelle medio-fini veicolate in periodo di pioggia dalla fognatura e che altrimenti ridurrebbero i volumi utili di trattamento dello stadio successivo.

I dissabbiatori a canale sono manufatti in cls (da realizzarsi interrati) progettati per conseguire la rimozione di sabbie, ghiaie e altri solidi pesanti caratterizzati da velocità di sedimentazione notevolmente superiori a quelle dei solidi organici putrescibili presenti nelle acque reflue. Il dimensionamento delle unità di dissabbiatura viene finalizzato a conseguire la rimozione del 100% delle particelle aventi diametro medio 0,2 mm e densità 2650 kg/m³ con una temperatura dell'acqua di 15°C. Il dissabbiatore scelto è del tipo a flusso orizzontale e pianta rettangolare. Il dimensionamento viene effettuato in modo da garantire una velocità su tutta la sezione liquida non superiore a 0,30 m/s.

PARAMETRI PROGETTUALI DISSABBIATORE	
Tempo di residenza	45-90 s
Velocità orizzontale	0,2-0,4 m/s
CIS per rimozione materiale 0,21 mm	1-1,3 m/min
CIS per rimozione materiale 0,15 mm	0,6-0,9 m/min
Portata massima di progetto	0,30 m ³ /s

Imponendo di avere in corrispondenza della portata di progetto un carico idraulico superficiale (CIS) pari 0,7 m/min si ricava il valore della superficie orizzontale del dissabbiatore:

$$CIS = \frac{Q}{A}$$

Da cui otteniamo una superficie di **25,71 m²**. Scegliamo un manufatto in calcestruzzo armato, avente lunghezza 10 m, larghezza 2,50 m e altezza d'acqua 1,50 m. Con tali dimensioni si ricava un valore della velocità orizzontale V_h

$$V_h = \frac{Q}{B \cdot H_L}$$

pari a 0,12 m/s. Tale valore risulta inferiore a quelli di letteratura e permetterà al sistema di comportarsi soprattutto per le basse portate anche da sedimentatore, allungando in questo modo la vita utile dei successivi stadi di fitodepurazione.

Utilizzando la teoria della sedimentazione di particelle discrete è possibile determinare il diametro delle particelle che vengono rimosse completamente dal sistema dato il loro peso specifico. Il sistema è stato dimensionato per rimuovere completamente particelle con densità 2650 kg/m³ e diametro 0,15 mm. Per verificare l'efficienza del dissabbiatore consideriamo particelle più leggere con densità 1300 kg/m³ e diametro 0,25 mm.

La velocità limite di sedimentazione w può essere calcolata in condizioni di moto laminare secondo la legge di Stokes:

$$w = \frac{1}{18} \cdot g \cdot \frac{(\rho_s - \rho_f) \cdot D^2}{\mu_f} = 0,009 \text{ m/s}$$

Dove:

ρ_s è la densità delle particelle solide = 1300 kg/m³

ρ_f è la densità dell'acqua = 1000 kg/m³

μ_f è la viscosità dinamica dell'acqua a 15°C = 1,139x10⁻³ kg/m/s

Si calcola il numero di Reynolds per verificare di essere in condizioni di moto laminare ($Re < 0,3$):

$$Re = \frac{w \cdot D}{\nu_f} = 1,97$$

Dove ν_f è la viscosità cinematica dell'acqua a 15°C = 1,139x10⁻⁶ m²/s

Dato che l'ipotesi di moto laminare non è rispettata, per il calcolo della velocità limite di sedimentazione si deve ricorrere ad una procedura iterativa assumendo una velocità di sedimentazione iniziale. Partendo dal valore sopra ricavato, dopo aver determinato il numero di Reynolds, si stima il coefficiente di resistenza C_D mediante la seguente espressione:

$$C_D^{(1)} = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0,34$$

Nota quest'ultimo si può ricavare un valore di secondo tentativo $w^{(2)}$ della velocità di sedimentazione utilizzando l'espressione di *Newton*:

$$w = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot g \cdot D \cdot \frac{(\rho_s - \rho_f)}{C_D \cdot \rho_f}}$$

Si procede in questo modo fino ad arrivare a convergenza:

Re	C _D	w
1,969	14,666	0,00818
1,795	15,948	0,00784
1,721	16,568	0,00769
1,689	16,859	0,00763
1,674	16,993	0,00760
1,668	17,054	0,00758
1,665	17,082	0,00758
1,663	17,095	0,00758

1,663	17,101	0,00757
1,662	17,103	0,00757
1,662	17,105	0,00757
1,662	17,105	0,00757
1,662	17,106	0,00757
1,662	17,106	0,00757
1,662	17,106	0,00757
1,662	17,106	0,00757

Il valore della velocità di sedimentazione della particella w_p , che ha portato a convergenza quanto sopra riportato, è pari a 0,00757 m/s.

L'efficienza di rimozione è data dal rapporto fra la velocità di sedimentazione della particella w_p e il CIS:

$$E_{rimozione} = \frac{w_p}{CIS} = 65\%$$

Il dissabbiatore è quindi in grado di rimuovere anche con la massima portata oltre alle sabbie anche particelle più leggere con elevate efficienze limitando così nel tempo possibili fenomeni di clogging dei successivi stadi di fitodepurazione.

6.2.4 SCOLMATORE N.2

A valle del sistema di grigliatura, prima dell'immissione nel sistema di fitodepurazione, verrà posizionato un manufatto scolmatore (n°2) in grado di regolamentare le acque da recapitare al sistema di trattamento.

La condotta in ingresso in CLS DN 600 mm entra nel manufatto scolmatore a quota 250.17 m s.l.m.. Fintanto che il livello nel manufatto è inferiore a 250.32 m s.l.m., la portata in ingresso prosegue verso il sistema di filtrazione attraverso una condotta in CLS DN 300 mm con $i = 1\%$ al fine di confluire a valle una portata massima di circa 60 l/s.

Quando il livello supera 250.32 m s.l.m., corrispondente alla quota della soglia di sfioro laterale (petto C = 15 cm), la portata inizia a defluire verso la condotta in CLS DN 500 mm con pendenza pari al 0,5% che sarà in grado di garantire il deflusso verso la vasca volano delle portate eccedenti i 60 l/s, con recapito finale nel reticolo idrico.

Per il dimensionamento dello sfioratore dotato di soglia laterale è stata fatta l'ipotesi che il processo di sfioro avvenga ad energia specifica della corrente costante. Supposto il derivatore in CLS DN 300 indefinito verso valle, l'altezza idrica nella sezione terminale dello sfioratore sarà pari a quella di moto uniforme h_{0v} della portata massima Q_{max} pari a 60 l/s. Gli elementi utili per la determinazione della lunghezza dello sfioratore e quindi della soglia laterale sono i seguenti:

- Energia specifica della corrente a valle

$$E_{max} = h_{0v} + \frac{Q_{max}^2}{2g \cdot A_0^2}$$

Dove A_0 corrisponde all'area bagnata corrispondente alla portata Q_{max} ;

- Curva h-Q a energia costante

$$Q = A(h) \cdot \sqrt{2g \cdot (E_{max} - h)}$$

Dove h è la profondità della corrente in corrispondenza del punto lungo la soglia considerato e $A(h)$ è l'area bagnata in funzione di h ;

- L'equazione di efflusso

$$dQ = \mu \cdot ds \cdot (h - C) \cdot \sqrt{2g \cdot (h - C)}$$

Dove μ è il coefficiente di efflusso pari a 0,35, C è l'altezza della soglia di sfioro

Al fine di determinare la lunghezza L della soglia di sfioro si è proceduto per differenze finite, fissando a priori i valori di altezza idrica h a valle di ogni intervallo di integrazione. Determinata la portata corrispondente Q, noti i valori di ΔQ per tutti gli intervalli di integrazione, utilizzando l'equazione di efflusso è possibile determinare i valori della lunghezza Δs di tali intervalli. La somma dei Δs fornisce quindi la lunghezza L della soglia di sfioro.

VERIFICA IDRAULICA NUOVE CONDOTTE IN PROGETTO

Secondo i criteri sopra descritti di seguito si mostra la verifica idraulica delle condotte in progetto in uscita dal manufatto sfioratore.

La portata che la tubazione in CLS DN 300 mm, con pendenza pari a 10,00 m/km e riempimento 94%, è in grado di smaltire è pari a 94,65 l/s (velocità: 1,37 m/s, altezza livello idrico nel tubo: 282,00 mm).

D_i [mm]	300,00
D_e [mm]	450
KST	70
J [m/Km]	20,00

ALTEZZA mm	VELOCITA' m/s	PORTATA l/s
5,0	0,16	0,04
20,0	0,39	0,78
35,0	0,55	2,54
50,0	0,69	5,31
65,0	0,80	9,06
80,0	0,90	13,69
95,0	1,00	19,13
110,0	1,08	25,25
125,0	1,15	31,94
140,0	1,21	39,07
155,0	1,26	46,50
170,0	1,31	54,07
185,0	1,35	61,63
200,0	1,38	68,98
215,0	1,40	75,94
230,0	1,41	82,27
245,0	1,42	87,71
260,0	1,41	91,91
275,0	1,39	94,36
290,0	1,34	93,98
300,0	1,24	88,00

La portata che la tubazione in CLS DN 500 mm, con pendenza pari a 5,00 m/km e riempimento 94%, è in grado di smaltire è pari a 261,36 l/s (velocità: 1,36 m/s, altezza livello idrico nel tubo: 470,00 mm).

D_i [mm]	500,00
D_e [mm]	700
KST	70
J [m/Km]	5,00

ALTEZZA mm	VELOCITA' m/s	PORTATA l/s
15,0	0,23	0,39
40,0	0,43	3,17
65,0	0,59	8,78
90,0	0,71	17,17
115,0	0,83	28,19
140,0	0,92	41,60
165,0	1,01	57,14
190,0	1,09	74,50
215,0	1,16	93,34
240,0	1,22	113,28
265,0	1,27	133,94
290,0	1,31	154,88
315,0	1,35	175,64
340,0	1,38	195,71
365,0	1,40	214,53
390,0	1,41	231,44
415,0	1,41	245,65
440,0	1,40	256,14
465,0	1,37	261,24
490,0	1,31	256,75
500,0	1,24	242,97

6.3 SISTEMA DI FILTRAZIONE (BIOFILTRO)

Le acque di prima pioggia verranno veicolate allo stadio di fitodepurazione a flusso subsuperficiale verticale VF (superficie di 600 mq) riempito a ghiaia per la rimozione di parte dei solidi e degli inquinanti disciolti (p.es. COD, BOD5, N-NH4+, NO3-); il flusso in uscita è regolato da una bocca tarata, in modo da garantire tempi di residenza in grado di promuovere un efficace trattamento delle acque di scolo; è inoltre previsto di accumulare le acque al di sopra del letto, in modo da fornire un ulteriore volume di detenzione.

Il funzionamento del modulo filtrante è molto simile a quello di sistemi di filtrazione utilizzati nei trattamenti degli scarichi; si riportano quindi le efficienze di tali sistemi ricavate in base a modelli e monitoraggi condotti nell'applicazione su reflui di scarico e su trattamenti di acque di pioggia.

Rimozione caratteristica di sistemi di filtrazione per acque di scarico *Performance di zone umide a flusso sommerso per il trattamento delle acque di prima pioggia*

Pollutant	Typical Percent Removal Rates
Sediment	90%
Total Phosphorous	60%
Total Nitrogen	60%
Metals	90%
Bacteria	90%
Organics	90%
Biochemical Oxygen Demand	70-80%

Pollutant	Percent Removal
Fecal Coliform	76
Biochemical Oxygen Demand (BOD)	70
Total Suspended Solids (TSS)	70
Total Organic Carbon (TOC)	48
Total Nitrogen (TN)	21
Total Kjeldahl Nitrogen (TKN)	46
Nitrate as Nitrogen (NO ₃ -N)	0
Total Phosphorus (TP)	33
Iron (Fe)	45
Lead (Pb)	45
Zinc (Zn)	45

Source: Galli, 1990

Non esistendo in letteratura modelli di dimensionamento precisi. Le esperienze adottate in impianti di fitodepurazione danno valori di circa 1 mq/Abitante Equivalente.

Considerando la potenziale popolazione gravante sul bacino drenato, 650 A.E., si è adottata la superficie di 650 mq.

Il letto è piantumato con macrofite già presenti sulle sponde del Lago di Comabbio.

Il tempo di residenza delle acque scolmate è compreso tra le 6 e le 12 ore.

Le acque in uscita confluiscono nella vasca volano.

Il letto è dotato di uno scarico di troppo pieno che confluisce direttamente nella vasca volano.

6.4 VASCA VOLANO (WET POND)

La vasca volano (superficie utile di circa 650 mq) ha la funzione di trattare e laminare il flusso delle acque di prima e seconda pioggia prima dell'immissione nel reticolo minore.

Il bacino è configurato come un laghetto naturaliforme in cui verranno messe a dimora differenti specie di macrofite acquatiche autoctone. L'ambiente umido è strutturato in differenti zone:

- **la zona esterna ad arbusti** deve tener conto del fatto che il livello maggiore è raggiunto periodicamente in occasione di eventi particolari (piogge intense) con un tempo di ritorno di qualche mese; le sponde devono essere poco inclinate e ricoperte da vegetazione che dovrà resistere a brevi periodi di sommersione da parte delle acque; la zona sarà preferibilmente piantumata, solo zone limitate saranno lasciate a prato. Le specie utilizzate per questa fascia inondabile devono resistere bene all'effetto meccanico della trazione, alla sommersione ed il relativo prolungato ristagno idrico del suolo.
- **la zona interna a graminacee ripicole** interessa quella porzione del laghetto in cui l'acqua raggiunge profondità massime di 50-60 cm. La gestione di questa fascia litorale rappresenta un elemento fondamentale per garantire elevati tassi di rimozione delle sostanze inquinanti (processi di fitodepurazione). I processi fitodepurativi si basano su meccanismi biologici di assorbimento e concentrazione di sostanze inquinanti disciolte, che si sviluppano a livello degli apparati radicali e rizomatosi di piante acquatiche; è interessante osservare che tali processi vengono adottati sia come trattamento secondario sia come finissaggio di sistemi di depurazione convenzionali. Le piante che si utilizzeranno in questa zona sono:
 - ✓ Mazzasorda (*Typha latifolia*);
 - ✓ Canna palustre (*Phragmites australis*);
 - ✓ Iris (*Iris pseudacorus*).
- **la zona a piante acquatiche** è formata da idrofite che esplicano l'azione fitodepurativa all'interno dello specchio d'acqua possono essere emergenti, sommerse o galleggianti, differenziando così la tipologia del sistema naturale di fitodepurazione. Le piante acquatiche emergenti e sommerse che vengono immesse nel laghetto sono:
 - ✓ Ranuncolo (*Ranunculus aquatilis*);
 - ✓ Sagittaria (*Sagittaria latifolia*);
 - ✓ Ninfea bianca (*Nymphaea alba*).



6.5 SISTEMAZIONI FINALI

L'area interessata dai bacini di fitodepurazione verrà dotata di recinzione in rete metallica e pali di castagno (come da tipologico indicato nella tavola 2.9 Vasca volano). All'interno della recinzione lungo la pista ciclabile verrà piantumata una siepe con funzione di mascheramento. L'accesso all'area avverrà tramite un cancello carraio.

È prevista inoltre la formazione di una strada sterrata di servizio che seguirà il tracciato della nuova condotta fognaria.

È inoltre prevista la realizzazione di una trincea drenante lungo il lato ovest dell'area interessata dal sistema di fitodepurazione per intercettare le acque di scolo provenienti dalla strada adiacente.

7 DISPONIBILITA' DELLE AREE

Catastalmente l'area di progetto ricade nel foglio 9 del Comune di Comabbio.

Per un maggior dettaglio si rimanda all'allegato Piano particellare e Planimetria catastale.

Il Comune di Comabbio ha già intrapreso contatti con i proprietari dei mappali.

Comabbio, novembre 2021

I Progettisti