



PARCO REGIONALE DELLA VALLE DEL LAMBRO

AFFINAMENTO DEPURATIVO A VALLE DEL DEPURATORE IN COMUNE DI MERONE

Interventi per il miglioramento delle acque e degli habitat nella Valle del
Lambro (Lambro vivo) - LIFE11 ENV/IT/004 – azione B2

Lamber risorsa di Brianza – Bando Cariplo 2011 – azione 5

In attuazione della Convenzione tra

il Parco Regionale della Valle del Lambro e la Regione Lombardia

RELAZIONE TECNICA

Triuggio, Marzo 2013



Progetto LIFE+2011 – Bando Fondazione Cariplo 2011



fondazione
cariplo



INDICE

1. INTRODUZIONE AL PROGETTO	5
1.1 ARCHITETTURA DELL'IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI MERONE	5
1.1.1 <i>Linea trattamento acque</i>	7
1.1.2 <i>Linea trattamento fanghi</i>	10
1.1.3 <i>Cogenerazione</i>	11
1.1.4 <i>Linea biogas</i>	11
1.1.5 <i>I controlli</i>	11
1.2 PRESTAZIONI DELL'IMPIANTO	12
1.2.1 <i>Acque reflue domestiche</i>	12
1.2.2 <i>Acque di pioggia</i>	13
1.3 INTERAZIONI CON L'IDROLOGIA DEL LAMBRO	20
1.3.1 <i>Diluizione dei carichi</i>	20
1.3.2 <i>Temperatura</i>	21
1.4 FINALITA' DEL PROGETTO	22
2. RELAZIONE IDROLOGICA	23
2.1 CLIMA	23
2.1.1 <i>Precipitazioni e temperature nel territorio brianzolo</i>	23
2.1.2 <i>Influenze e relazioni tra morfologia del territorio e clima in Brianza</i>	24
2.2 IDROLOGIA	25



2.2.1 Regime pluviometrico	25
2.2.2 Regime termometrico	26
2.2.3 Idrografia superficiale	27
2.2.4 Regime idrologico del fiume Lambro	28
3. RELAZIONE IDRAULICA E DI PROCESSO DEL SISTEMA DI FINISSAGGIO	31
3.1 ARCHITETTURA DEL SISTEMA	31
3.2 SCHEMA IDRAULICO	33
3.3 CINETICHE DI RIMOZIONE DEGLI INQUINANTI	36
3.3.1 Prestazioni attese sulle rimozioni di nutrienti, batteri e metalli	38
3.3.2 Meccanismi secondari e facoltativi per la rimozione di nutrienti e metalli	48
3.4 ASPETTI GESTIONALI	49
3.4.1 Alimentazione del sistema	49
3.4.2 Manutenzione del sistema	50
3.4.2.1 Strutture di adduzione	50
3.4.2.2 Pretrattamenti	50
3.4.2.3 Organi di carico, scarico e sfioro della vasca di trattamento primario	51
3.4.2.4 Raccolta e smaltimento fanghi	51
3.4.2.5 Manutenzioni del bosco umido	52
4. RELAZIONE GEOLOGICA	53
4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELLA BRIANZA	53
4.2 GEOLOGIA E MORFOLOGIA	56



<i>4.2.1 Quadro delle conoscenze consolidate</i>	56
<i>4.2.2 Geologia dei substrati</i>	58
<i>4.2.3 Natura e forma dei depositi quaternari e note di idrogeologia</i>	61
<i>4.2.4 Elementi geomorfologici principali</i>	64
4.3 PEDOLOGIA	67
4.4 I CARATTERI DEL SOTTOSUOLO E LA ZONAZIONE GEOLOGICO-TECNICA	68



1. INTRODUZIONE AL PROGETTO

Il presente progetto concerne un sistema di finissaggio delle acque del depuratore di Merone da attuarsi con tecniche di depurazione naturali. Scopo della presente relazione è illustrare i dettagli tecnici dell'area oggetto di intervento e delle opere previste.

1.1 ARCHITETTURA DELL'IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI MERONE

L'impianto di depurazione di Merone riceve i reflui urbani (domestici e industriali) di 38 comuni. La popolazione equivalente complessivamente servita è di circa 120.000 A.E. di cui circa il 85% civile e il restante 15% industriale. L'impianto tratta annualmente oltre 15 milioni di metri cubi di liquame provenienti da un'area di 140 km².

Il bacino servito dall'ASIL comprende i comuni associati di Albavilla, Alserio, Anzano del Parco, Asso, Barni, Barzago, Caglio, Canzo, Caslino d'Erba, Castello Brianza, Castelmarte, Costamasnaga, Dolzago, Ello, Erba, Eupilio, Galbiate, Garbagnate Monastero, Lasnigo, Longone al Segrino, Magreglio, Merone, Molteno, Monguzzo, Oggiono, Pontelambro, Proserpio, Rezzago, Rogeno, Rovagnate, Sirone, Sirtori, Sormano, Valbrona, e parzialmente anche i comuni convenzionati di: Alzate, Orsenigo, Lurago d'Erba e Lambrugo.

I reflui prodotti sono convogliati all'impianto di depurazione da una rete di collettori intercomunali che si estende per circa 76 km. Lungo la rete sono ubicate tre stazioni di sollevamento che consentono di immettere nelle aste principali le acque raccolte a quota più bassa; esse sono situate ad Alserio, Erba e Valbrona.

Alcuni limiti di accettabilità dello scarico delle utenze industriali per l'allacciamento al collettore fognario sono stati modificati rispetto ai valori riportati nella Tabella 3 della legge 152/06, come specificato di seguito.



Parametri	Limiti ASIL	Limiti nazionali (Tab.3 All.5 D.Lgs.152/06)
Temperatura	40 °C	
pH	5,5-10	5,5-9,5
Solidi sedimentabili	5 mg/L	
Solidi sospesi totali	350 mg/L	200 mg/L
Azoto ammoniacale (come NH ₄)		30 mg/L
Azoto nitrico		30 mg/L
Azoto totale (escluso azoto nitroso)	60 mg/L	
Tensioattivi	30 mg/L	4 mg/L
COD	1000 mg/L	500 mg/L
BOD ₅	500 mg/L	250 mg/L
Cloruri	2000 mg/L	1200 mg/L
Grassi e olii vegetali e animali	80 mg/L	40 mg/L

Tabella 1: Limiti consortili di immissione in fognatura degli scarichi industriali

L'impianto di Merone è di tipo a fanghi attivi a biomassa sospesa, caratterizzati dalla presenza di fiocchi liberi di muoversi all'interno della massa liquida. I fanghi attivi o attivati sono una sospensione in acqua di biomassa attiva (batteri saprofiti, protozoi, amebe, rotiferi e altri microrganismi), solitamente sotto forma di fiocchi. Tali fanghi sono alla base dei sistemi di ossidazione biologica a fanghi attivi, che sono i più diffusi nei tradizionali impianti di depurazione o meglio impianti di trattamento delle acque reflue.

Il ruolo di questa biomassa (presente soprattutto sotto forma di fiocchi sedimentabili costituiti da materia organica e dalle colonie di batteri che di essa si nutrono) nel processo depurativo è quello di utilizzare le sostanze organiche biodegradabili presenti nel refluo, degradandole a composti più piccoli e meno pericolosi che in parte vengono utilizzati dai microrganismi stessi per il proprio nutrimento e la riproduzione.

Lo schema tipo di un impianto come quello di Merone è riportato in figura 1.

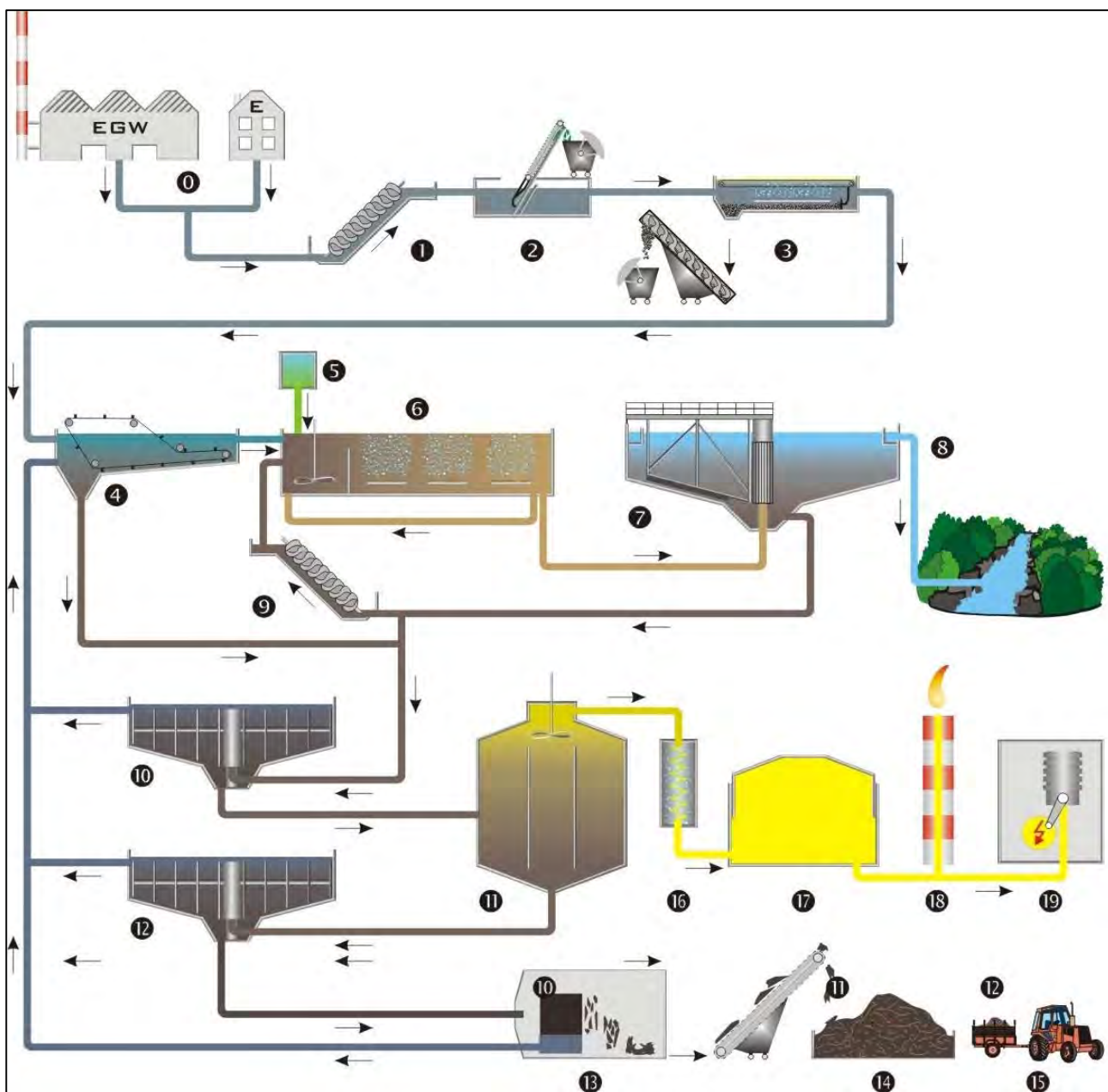


Figura 1: Schema di un impianto di trattamento delle acque reflue a fanghi attivi

Qui di seguito si riportano le principali sezioni che costituiscono l'impianto oggetto di intervento.

1.1.1 Linea trattamento acque

Grigliatura grossolana. Con la grigliatura grossolana vengono trattenuti i materiali estranei di dimensioni superiori a 2 ÷ 5 centimetri (quali stracci, legni, sassi ed altro), trasportati dalle acque reflue. I materiali vengono estratti, convogliati in un compattatore e raccolti in contenitori per essere conferiti in discarica controllata.



Sollevamento (1). Le acque reflue urbane vengono sollevate per mezzo di pompe sommergibili. Possono così attraversare in successione, per caduta naturale, tutte le successive sezioni di trattamento dell'impianto.

Grigliatura fine (2). La grigliatura fine serve a trattenere le particelle sospese aventi dimensioni superiori a $4 \div 6$ millimetri. Il materiale trattenuto viene inviato ad un compattatore per mezzo di un nastro trasportatore e quindi raccolto in contenitori per essere conferito in discarica controllata.

Dissabbiatura – disoleatura (3). Il liquame passa poi in un bacino dove le sabbie fini trasportate dalle acque reflue si depositano sul fondo per gravità. La separazione fisica delle sabbie avviene in una vasca rettangolare; nella medesima vasca si insuffla aria che, oltre a favorire i processi di separazione delle sabbie e degli olii, consente di ridurre la setticità del liquame in ingresso ed evitare fenomeni di anaerobiosi. Gli oli si raccolgono sulla superficie di un bacino di calma, posto lateralmente al dissabbiatore. Le sabbie (che potrebbero arrecare danni quali intasamenti e corrosione nelle successive fasi di trattamento), vengono estratte dal fondo del bacino di dissabbiatura con speciali pompe e stoccate in grandi contenitori per essere poi conferite a discarica.

Sedimentazione primaria (4). Il liquame è poi convogliato in grandi bacini circolari dove, per gravità, una parte dei materiali in sospensione sedimenta. Avviene cioè il fenomeno della chiarificazione: parte del materiale organico ed inorganico (il fango primario), in circa 2 ore di permanenza nel bacino, deposita sul fondo della vasca; ponti girevoli con raschiatori di fondo provvedono a raccogliere i fanghi nel centro delle vasche per il loro invio all'apposita linea di trattamento, mentre il liquame, chiarificato, fuoriesce da apposite canalette e si avvia al trattamento
secondario.

In questo modo nei trattamenti anzidetti il liquame perde prima i materiali di grosse dimensioni (grigliatura), poi le sabbie e gli oli (dissabbiatura disoleatura) e quindi il materiale organico sedimentabile (sedimentazione primaria). Il liquame parzialmente depurato (cioè solo chiarificato) presenta ancora inquinanti disciolti e parte di quelli sospesi. Entra quindi nel cuore dell'impianto di depurazione dove subisce il trattamento biologico a fanghi attivi

Trattamenti biologici (6). Con i trattamenti biologici s'intende eliminare dalle acque reflue urbane, affluenti all'impianto di depurazione, le sostanze organiche ed inorganiche che possono essere



assimilate in via aerobica e/o anaerobica da parte dei batteri e dei microrganismi che fanno parte dell'ecosistema. Nel trattamento biologico dove viene favorita la crescita e la riproduzione batterica si distinguono le seguenti fasi:

Denitrificazione. Con la denitrificazione viene ridotta la quantità dei nitrati presenti nel liquame trattato, che verrà successivamente avviato allo scarico. La denitrificazione è il processo biologico di riduzione dei nitrati per mezzo di batteri denitrificanti presenti in ambiente anossico. I microrganismi denitrificanti metabolizzano la sostanza organica utilizzando come fonte di ossigeno l'ossigeno dei nitrati e riducendo quest'ultimi ad azoto. La reazione avviene in vasche di opportuna dimensione dove vengono posti in contatto i fanghi di ricircolo, contenenti i batteri denitrificanti, il liquame proveniente dal processo di ossidazione - nitrificazione, contenente i nitrati, e le acque reflue in ingresso che contengono il carbonio organico biodegradabile.

Ossidazione – nitrificazione. L'ossidazione è il processo biologico di metabolizzazione delle sostanze organiche e di ossidazione dell'ammoniaca, per mezzo di batteri aerobi e nitrificanti. Con delle spazzole rotanti (i rotorii mammut) viene fornito l'ossigeno necessario ai microrganismi comunemente chiamati "fango biologico", per il loro metabolismo. La reazione avviene in vasche di opportune dimensioni dove il fango biologico viene mantenuto in concentrazione di circa 3 ÷ 5 grammi per litro. Il processo di ossidazione-nitrificazione determina una crescita batterica che deve essere controllata asportando il fango prodotto in eccesso.

Decantazione – ricircolo fanghi (7). La decantazione (sedimentazione secondaria) è la fase di separazione fisica del fango biologico, prodotto nel trattamento di ossidazione, dall'acqua depurata che lo contiene. La decantazione viene effettuata in vasche circolari munite di sistema raschia fanghi. Il fango depositatosi sul fondo del decantatore viene inviato in parte nelle vasche di trattamento biologico allo scopo di mantenerne la concentrazione ottimale di microrganismi, ed in parte (fango di supero) a monte dei sedimentatori primari, prima di essere inviato, insieme ai fanghi primari, alla linea di trattamento fanghi.

Clorazione. La clorazione, quando necessario, si effettua con ipoclorito di sodio, che ha un effetto battericida sulle sostanze organiche residue presenti nell'acqua trattata.

Scarico finale (8). L'acqua così trattata viene avviata allo scarico finale nel fiume Lambro. L'acqua trattata viene costantemente monitorata prelevando campioni da sottoporre ad analisi chimica mediante apposita apparecchiatura automatica.



1.1.2 Linea trattamento fanghi

I microrganismi cresciuti a seguito della metabolizzazione delle sostanze organiche, il cosiddetto "fango di supero", sono allontanati dal sistema depurativo e smaltiti nel seguente modo:

Preispessimento (10). Il fango di supero asportato dai decantatori secondari e i fanghi primari, vengono inviati in un manufatto circolare chiuso dove si riduce ulteriormente il loro volume separando l'acqua in essi contenuta, ispessendoli sino ad ottenere una concentrazione di sostanza secca di circa 30 g/litro.

Digestione anaerobica (11). Dopo il preispessimento, i fanghi vengono inviati in un grande serbatoio privo d'aria chiamato digestore anaerobico. In esso i microrganismi anaerobici demoliscono le sostanze organiche e producono sostanze minerali e gas biologico contenente buona parte di gas metano (usato come combustibile nella caldaia dell'essiccatore). I fanghi, dopo circa 15 giorni di permanenza nel digestore, sono mineralizzati e pronti per i trattamenti successivi.

Postispessimento (12). Il fango proveniente dal digestore (con concentrazione di sostanza secca di circa 20 g/litro) viene inviato in un manufatto circolare, dove se ne riduce ulteriormente il volume separando l'acqua in esso contenuta sino ad ottenere una concentrazione di sostanza secca di circa 30-40 g/litro.

Disidratazione meccanica (13). I fanghi provenienti dal postispessimento vengono ulteriormente ridotti di volume mediante disidratazione meccanica con un "idroestrattore centrifugo". Il fango così disidratato contiene ancora un grado di umidità pari al 75 %, ovvero un tenore di sostanza secca del 25%.

Essiccamento termico. Dopo la disidratazione il fango viene essiccato. L'impianto di essiccamento, realizzato per far fronte alla nuova legislazione sui rifiuti e contenere i costi di gestione legati allo smaltimento, è in grado di ridurre il volume di fanghi da smaltire aumentando la concentrazione di sostanza secca fino al 90%. Esso è costituito da un turbo essiccatore rotante ad olio diatermico riscaldato con il biogas prodotto dai digestori anaerobici, oppure con gas metano di rete. Il fango così essiccato viene caricato in silos ed avviato alla termovalorizzazione nel vicino cementificio.



1.1.3 Cogenerazione

Al fine di ottimizzare i consumi di energia elettrica è stato installato un cogeneratore costituito da un motore alimentato con gas metano di rete (18), accoppiato con un alternatore (19). L'energia elettrica prodotta (circa 750 KWh) è in grado di alimentare le utenze dell'impianto con un'eccedenza che viene venduta al GSE (Gestore dei Servizi Elettrici) per la distribuzione in rete. Il calore sviluppato dal motore viene usato per il riscaldamento dei digestori anaerobici e per il riscaldamento invernale della palazzina uffici e del laboratorio chimico.

1.1.4 Linea biogas

Il gas biologico prodotto (composto per il 70% circa da metano e per il 30% da anidride carbonica) passa attraverso dei filtri a ghiaia. Successivamente viene in parte ricircolato all'interno dei digestori per garantire la completa miscelazione del fango, in parte stoccato nel gasometro ed utilizzato come combustibile per l'essiccamento dei fanghi. All'occorrenza il biogas può essere utilizzato anche per il riscaldamento dei digestori.

1.1.5 I controlli

Il processo di depurazione è costantemente sorvegliato sia mediante controlli analitici sia con un monitoraggio delle apparecchiature che intervengono nelle diverse fasi di trattamento.

Controlli analitici. Il laboratorio interno di cui l'impianto è dotato consente di effettuare analisi giornaliere sulle acque reflue in ingresso, nelle fasi di trattamento intermedie e sulle acque trattate e inviate allo scarico. Vengono inoltre controllati i parametri chimici allo scarico delle utenze industriali.

Controllo del processo. Il controllo del processo viene attuato in automatico nelle varie fasi di trattamento mediante supervisor PLC che effettuano un monitoraggio continuo delle apparecchiature. I PLC sono collegati con un server di rete centrale il quale elabora i dati pervenuti e in funzione dei parametri di controllo impostati, ne verifica la rispondenza inviando, se del caso, segnalazione di allarme. Le segnalazioni di allarme sono inviate al personale in servizio per il loro intervento 24h su 24h.



1.2 PRESTAZIONI DELL'IMPIANTO

1.2.1 Acque reflue domestiche

Attualmente l'impianto è dimensionato per trattare una portata media di circa 1800 mc/ora. Le concentrazioni del refluo in ingresso e dell'effluente in uscita sono riportate nelle prime due colonne della tabella che segue (dati rilevati anni 2011/2012). A seguito degli adeguamenti impiantistici previsti, in particolare un trattamento per l'abbattimento dell'azoto, una fase di filtrazione su tela e la disinfezione UV le concentrazioni medie dell'effluente previste saranno quelle indicate nella terza colonna. Come si può osservare tutte le concentrazioni limite previste per legge vengono già attualmente rispettate; l'adeguamento tecnologico consentirà infatti soprattutto una migliore efficienza nella rimozione dei solidi sospesi e del fosforo ad essi adsorbito (come si osserva attualmente quest'ultimo rimane appena al di sotto del limite di legge), del colore (grazie al miglioramento nel trattamento per la riduzione dell'azoto ed alla filtrazione su tela) e degli agenti patogeni (escherichia coli < 1000 UFC/100 ml, grazie alla disinfezione UV).

REFLUE DOMESTICHE	INGRESSO	USCITA ATTUALE	USCITA FUTURA
BOD₅ [mg/L] O ₂	116,93	8,40	< 10,00
COD [mg/L] O ₂	333,28	33,68	< 60,00
Solidi sospesi totali [mg/L]	192,20	11,64	< 15,00
Fosforo totale [mg/L] P	4,59	0,95	< 1,00
Azoto ammoniacale [mgN-NH ₄ /L]	20,09	1,84	n.d.
Azoto nitroso [mgN-NO ₂ /L]	0,23	0,21	n.d.
Azoto nitrico [mgN-NO ₃ /L]	1,16	6,48	n.d.
Azoto totale [mgN/L]	30,22	9,58	< 10,00
Tensioattivi totali [mg/L]	5,74	0,43	n.d.
pH	7,73	7,78	n.d.

Tabella 2: concentrazioni in ingresso ed uscita per le acque reflue domestiche



Moltiplicando la portata media trattata per le concentrazioni in uscita sopra riportate si può avere anche una stima dei carichi annui introdotti in ambiente attraverso la sola quota di effluente depurato (valori in tonnellate):

REFLUE DOMESTICHE	CARICHI ANNUI
BOD₅ [t] O ₂	132,47
COD [t] O ₂	530,92
Solidi sospesi totali [t]	183,49
Fosforo totale [t] P	15,04
Azoto ammoniacale [tN-NH ₄ /L]	28,94
Azoto nitroso [tN-NO ₂ /L]	3,32
Azoto nitrico [tN-NO ₃ /L]	102,15
Azoto totale [tN/L]	151,04
Tensioattivi totali [t]	6,83

Tabella 3: carichi in uscita in ambiente dalla depurazione

1.2.2 Acque di pioggia

Il problema delle acque di pioggia drenate dalla rete fognaria è piuttosto complesso ed ancora oggetto di numerosi studi ed elaborazioni. La sua peculiarità consiste nel fatto che, a differenza delle acque reflue urbane, le concentrazioni degli inquinanti, la loro tipologia e le portate affluenti dagli eventi meteorici che dilavano le superfici drenate sono difficilmente prevedibili e molto variabili nel tempo e nello spazio. Tipicamente la localizzazione dell'area drenata influenza la tipologia di inquinanti (con maggiori possibilità di ritrovare metalli come rame, piombo e zinco e idrocarburi laddove le superfici drenate siano soggette al traffico veicolare), mentre le concentrazioni e le portate dipendono da numerosissimi fattori quali: le caratteristiche dell'evento meteorologico (intensità, durata, distribuzione, etc.), la geometria della rete fognaria (dimensione dei condotti, presenza di manufatti di raccolta delle acque di prima pioggia, di meccanismi di

infiltrazione nel terreno diffusi sul territorio, funzionamento delle caditoie stradali, etc.), l'impermeabilità delle superfici drenate.

Questa fortissima variabilità rende necessaria un'attenta e specifica caratterizzazione del sito oggetto di studio o di intervento per una migliore definizione di tutte queste variabili; tuttavia per questo studio preliminare può essere utile estendere alcune considerazioni ricavate dallo studio di casi analoghi sia in Italia che all'estero per supportare l'ipotesi progettuale che sta alla base di questo intervento (dati riportati da uno studio della dott.ssa Sara Todeschini, DIIAR UniPavia):

- 1) le concentrazioni di picco di solidi sospesi e di COD e BOD5 sono molto superiori a quelle di un reflujo domestico urbano (nel caso di seguito riportato rispettivamente 1400, 1100 e 500 mg/l contro 200, 350 e 120 mg/l – figura 2);

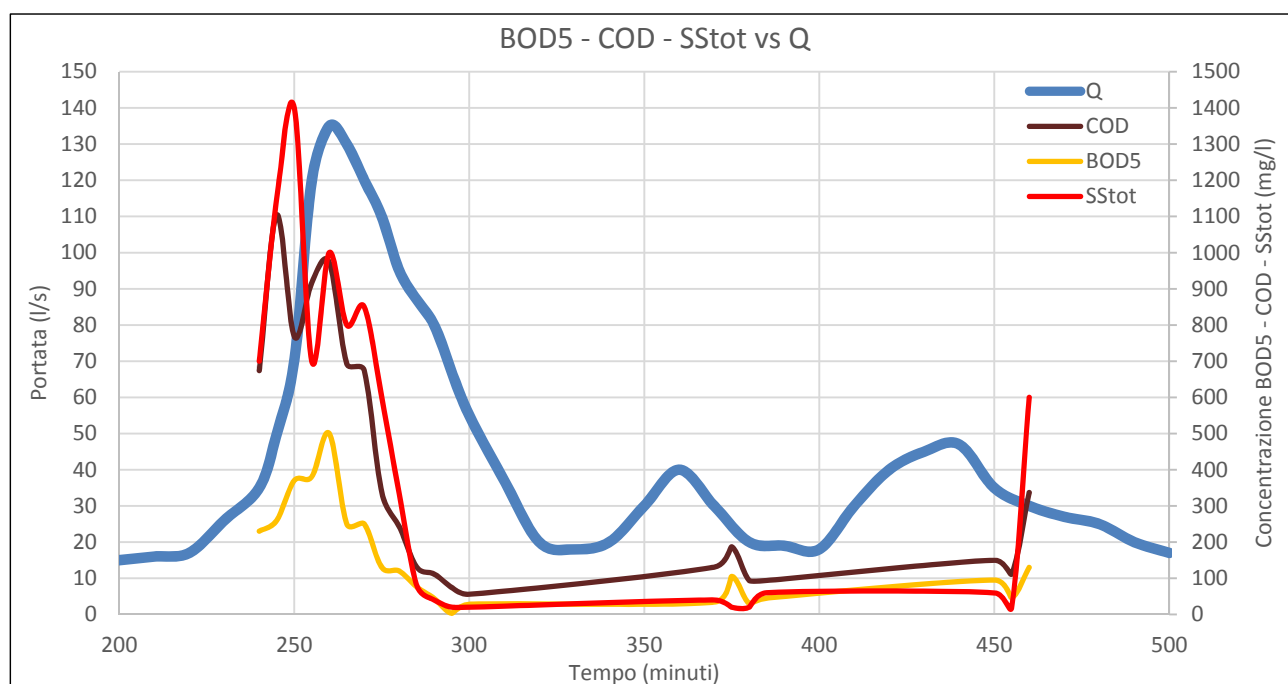


Figura 2: concentrazioni di SS, BOD5 e COD in un evento di pioggia drenato dal sistema fognario

- 2) le concentrazioni di picco di azoto totale ed ammoniacale e di fosforo sono invece molto simili o addirittura inferiori a quelle di un reflujo domestico urbano (nel caso di seguito riportato rispettivamente 37, 5 e 5 mg/l contro 30, 20 e 5 mg/l – figura 3);
- 3) nelle acque di dilavamento si ritrovano talune sostanze difficilmente rinvenibili in ordinarie acque reflue urbane, come alcuni metalli (Zn, Cu, Pb, Ni, V, Cr, Cd) e idrocarburi. Queste sono chiaramente riconducibili al traffico veicolare (derivati di combustione dei carburanti,

usura di pneumatici, parti meccaniche e impianto frenante dei veicoli, corrosione della carrozzeria dei veicoli, etc. – figura 4);

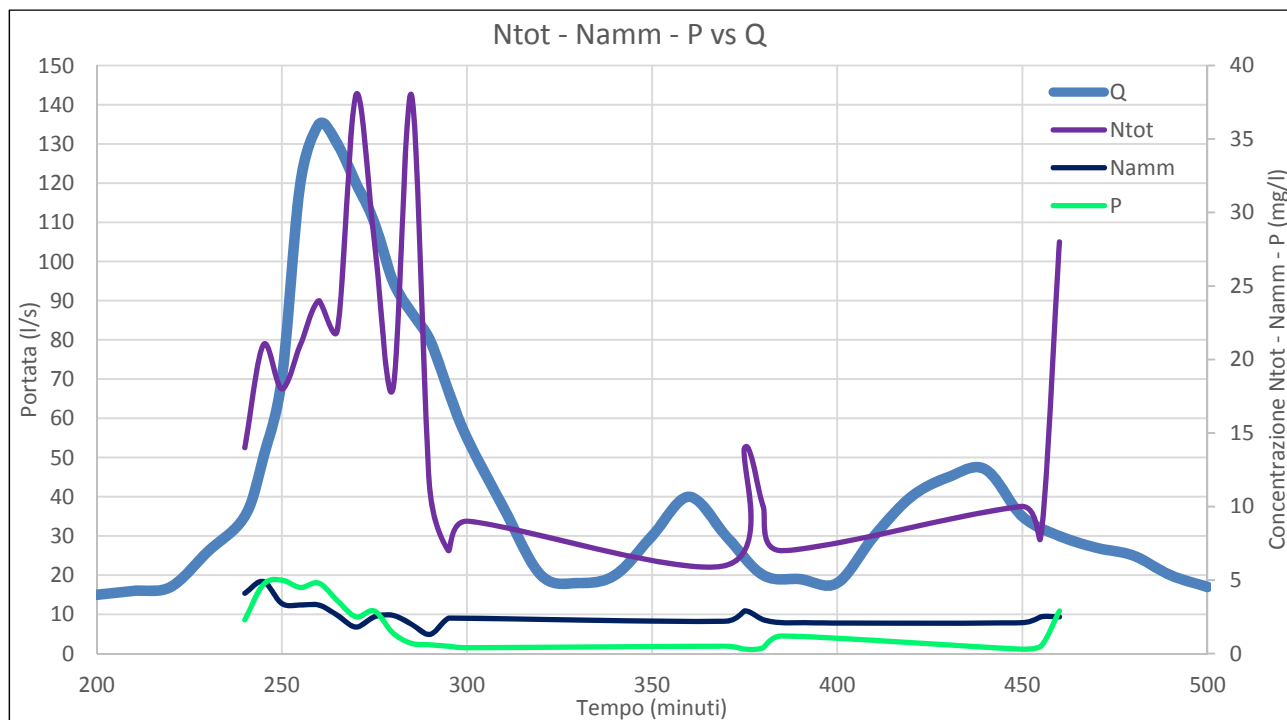


Figura 3: concentrazioni di Ntot, Namm e P in un evento di pioggia drenato dal sistema fognario

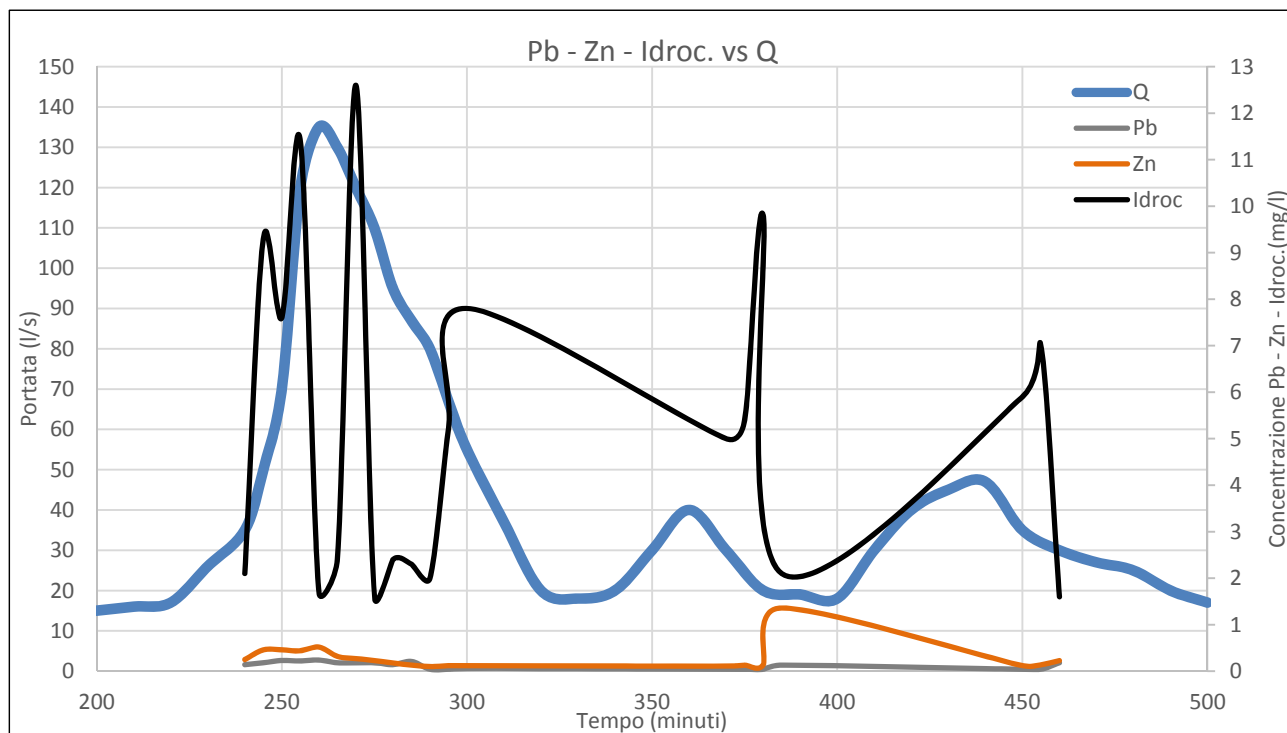


Figura 4: concentrazioni di Pb, Zn e Idrocarburi in un evento di pioggia drenato dal sistema fognario

4) in generale si osserva che il picco dell'andamento delle concentrazioni (detto pollutogramma) è anticipato rispetto al picco dell'idrogramma di piena. Questo significa fondamentalmente che la maggior parte degli inquinanti viene dilavata nella parte ascendente dell'onda: questo fenomeno è denominato first foul flush. Inoltre considerando che la rimozione delle sostanze depositate sul suolo dipende tipicamente dalla velocità di scorrimento, l'anticipo del picco del pollutogramma è tanto più marcato quanto più impulsivo ed intenso è l'evento meteorologico. Si suole rappresentare in maniera sintetica queste peculiarità in grafici che indicano la percentuale di inquinante trasportato rispetto al totale in funzione del volume d'acqua normalizzato. Si può osservare dalla figura riportata che i grafici sono spesso posizionati sopra la linea bisettrice (che rappresenterebbe la legge lineare) a conferma del fatto che gli inquinanti vengono rimossi velocemente dalle acque meteoriche; inoltre bisogna considerare che eventi più impulsivi ed intensi si collocano più in alto, mentre eventi meno impulsivi di pioggia insistente e continua si collocano molto vicini alla bisettrice (figura 5).

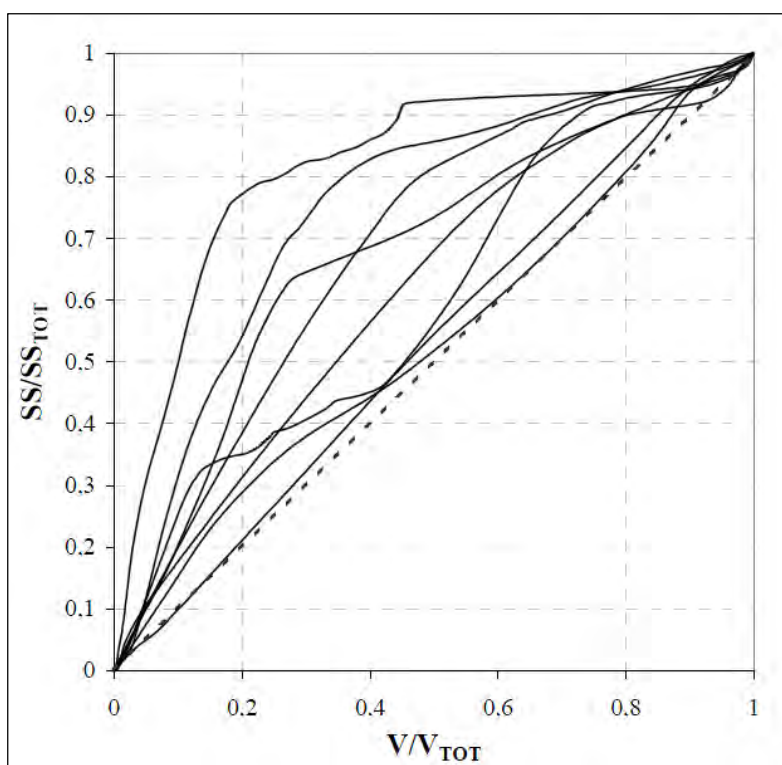


Figura 5: Inquinanti trasportati vs volume d'acqua defluito rispetto al totale



Il depuratore di Merone è dimensionato per mandare al trattamento una quota parte delle acque di pioggia che convergono all'impianto; la sua attuale capacità di smaltimento consente infatti di trattare fino a 3200 mc/ora, con un surplus disponibile di circa 1400 mc/ora rispetto alla media delle portate reflue urbane. L'eccesso viene riversato nel corpo recettore, il Lambro, dallo sfioratore di testa dell'impianto. Si consideri che, a titolo di esempio, nel 2012 la massima portata sfiorata ha raggiunto i 2500 mc/ora, ovvero al depuratore arrivava una quantità d'acqua superiore di circa i 3/4 rispetto alla sua massima capacità di trattamento.

Nell'anno 2012 sono stati raccolti una serie di dati sui volumi sfiorati e la loro qualità. Per quanto i dati, soprattutto i secondi, siano molto pochi per ottenere una caratterizzazione del fenomeno, eccezionalmente variabile e diversificato, essi sono stati utilizzati per ricavare, attraverso una estrapolazione molto semplicistica, alcuni ordini di grandezza relativi alle quantità di sostanze riversate nel corpo idrico ricettore, di seguito riportate.

CARICHI ANNUI	DA EFFLUENTE DEPURATO	DA PORTATE SFIORATE
BOD₅ [t] O ₂	132,47	242,10
COD [t] O ₂	530,92	518,34
Solidi sospesi totali [t]	183,49	245,26
Fosforo totale [t] P	15,04	6,71
Azoto ammoniacale [tN-NH ₄ /L]	28,94	45,18
Azoto nitroso [tN-NO ₂ /L]	3,32	n.d.
Azoto nitrico [tN-NO ₃ /L]	102,15	7,21
Azoto totale [tN/L]	151,04	74,75
Tensioattivi totali [t]	6,83	10,25

Tabella 4: confronto tra carichi in uscita dall'effluente e dalle portate sfiorate

Prescindendo dalle approssimazioni alla base del calcolo si può osservare come fondamentalmente i carichi di BOD₅, solidi sospesi, azoto ammoniacale e tensioattivi provenienti dagli sfiori siano addirittura superiori a quelli riversati dall'effluente ordinario del depuratore (quasi il doppio nei primi due casi), assolutamente simili per il COD, mentre per quanto riguarda



l'azoto totale ne rappresentano la metà, e per il fosforo addirittura un terzo. Non compaiono i metalli e gli idrocarburi semplicemente perché non sono stati ricercati nelle analisi condotte dall'ASIL, ma probabilmente lo scostamento rispetto ai carichi originati dall'effluente ordinario sarebbe ancora più evidente.

L'adeguamento dell'impianto di Merone consentirà tra l'altro anche l'innalzamento della potenzialità di trattamento fino a 4000 mc/ora, con un incremento di 800 mc/ora rispetto alla situazione attuale. Questo intervento in realtà fornirà il maggior beneficio in termini di carichi riversati nell'ambiente considerando che abatterà almeno la metà dei carichi oggi riversati in ambiente, come si può evincere dalla tabella 5.

CARICHI ANNUI	DA PORTATE SFIORATE OGGI	DA PORTATE SFIORATE FUTURO	ABBATTIMENTI %
BOD₅ [t] O ₂	242,10	101,77	58%
COD [t] O ₂	518,34	212,34	59%
Solidi sospesi totali [t]	245,26	94,03	62%
Fosforo totale [t] P	6,71	3,12	54%
Azoto ammoniacale [tN-NH ₄ /L]	45,18	23,08	49%
Azoto nitroso [tN-NO ₂ /L]	n.d.	n.d.	n.d.
Azoto nitrico [tN-NO ₃ /L]	7,21	3,92	46%
Azoto totale [tN/L]	74,75	37,95	49%
Tensioattivi totali [t]	10,25	4,82	53%

Tabella 5: confronto tra carichi sfiorati nelle condizioni attuali e future

Di queste ultime considerazioni si evidenzia il fatto che le portate sfiorate in testa al depuratore (senza considerare quindi tutte quelle che vengono eventualmente sfiorate da tutta la rete a monte di questo ultimo manufatto) contribuiscono in maniera significativa all'apporto di inquinanti nel corpo idrico recettore e che l'intervento sulle portate sfiorate in realtà rappresenta il più importante adeguamento dell'impianto in termini di miglioramento dell'impatto sul corpo idrico recettore.



Infine occorre riconsiderare che le portate e i carichi provenienti dalle portate sfiorate che verranno trattati rientreranno in parte attraverso la depurazione del refluo come maggior portata. Ipotizzando che la qualità dell'effluente in uscita sarà la medesima si riportano in tabella 6 i bilanci di carichi finali in arrivo al recettore.

CARICHI ANNUI	DA EFFLUENTE DEPURATO OGGI	DA PORTATE SFIORATE OGGI	DA EFFLUENTE DEPURATO FUTURO	DA PORTATE SFIORATE FUTURO	ABBATTIMENTO TOTALE ASSOLUTO	ABBATTIMENTO TOTALE %
BOD₅ [t] O ₂	132,47	242,10	145,53	101,77	-127,26	-34%
COD [t] O ₂	530,92	518,34	583,28	212,34	-253,65	-24%
Solidi sospesi totali [t]	183,49	245,26	201,58	94,03	-133,13	-31%
Fosforo totale [t] P	15,04	6,71	16,52	3,12	-2,11	-10%
Azoto ammoniacale [tN-NH ₄ /L]	28,94	45,18	31,79	23,08	-19,24	-26%
Azoto nitroso [tN-NO ₂ /L]	3,32	n.d.	3,65	n.d.	n.d.	n.d.
Azoto nitrico [tN-NO ₃ /L]	102,15	7,21	112,22	3,92	6,78	6%
Azoto totale [tN/L]	151,04	74,75	165,93	37,95	-21,91	-10%
Tensioattivi totali [t]	6,83	10,25	7,50	4,82	-4,75	-28%

Tabella 6: confronto tra carichi sfiorati nelle condizioni attuali e future



1.3 INTERAZIONI CON L'IDROLOGIA DEL LAMBRO

Una ulteriore criticità da considerare è l'impatto degli scarichi del depuratore sul corpo recettore in funzione della portata transitante cui è demandata la diluizione dei carichi immessi. A questo si aggiunge, soprattutto per gli eventi di pioggia estivi, la notevole differenza della temperatura dei volumi immessi rispetto a quella dell'acqua nel corpo idrico. Questi due aspetti sono sospettati di essere responsabili di una notevole sofferenza provata dal corso d'acqua e dal suo habitat soprattutto nei periodi di magra. In particolare ci sono forti sospetti che gli shock termici indotti dalle portate meteoriche, molto fredde, sulle acque relativamente molto calde di magra possano essere alla base di alcuni episodi di morie accadute di pesci occorse negli ultimi anni.

1.3.1 Diluizione dei carichi

Sono state effettuate alcune statistiche basate su dati rilevati nel 2012 relativamente alle portate scaricate dal depuratore come effluente trattato e come sfiori in testa all'impianto. È stata calcolata la diluizione come rapporto tra la portata transitante in Lambro alla sezione di Merone e le portate scaricate ordinariamente o peri sfioro. I risultati sono stati confrontati con la simulazione al termine dell'adeguamento tecnologico dell'impianto.

GIORNI ANNUI CON DILUIZIONE:	DA EFFLUENTE OGGI	DA EFFLUENTE FUTURO	DA PORTATE SFIORATE OGGI	DA PORTATE SFIORATE FUTURO
<10	259	284	11	1
<20	349	366	42	16
<30	364	366	56	26

Tabella 7: casi di diluizione delle portate scaricate rispetto alle portate defluenti in Lambro

Si osserva come si aggraverà il problema della insufficiente diluizione per l'effluente trattato a causa della maggiore capacità dell'impianto; la stessa dinamica si osserva infatti per tutte le fasce di diluizione dell'effluente, per le quali si assiste ad un incremento degli eventi che è irrilevante solo per quelli compresi nella fascia 20/30 diluizioni. Ciò significa che a fronte di una situazione sostanzialmente stabile delle portate del Lambro l'effluente del depuratore, rilasciato con portate in media superiori, sarà meno diluito.



Per quanto riguarda le portate sfiorate i casi di insufficienza del corpo recettore sono molto più bassi rispetto a quelli osservati per l'effluente, e si osserva che è prevista una cospicua diminuzione dovuta al potenziamento della capacità di trattamento dell'impianto. Questa diminuzione inciderà soprattutto sugli eventi a bassissima diluizione (<10) ma in generale su tutti quelli considerati (diminuzione di più del 50% dei casi).

La problematicità della diluizione sta nel fondato sospetto che l'impatto delle portate sfiorate sul recettore sia fondamentalmente dovuto alla loro fortissima domanda di ossigeno (che può raggiungere punte anche superiori a 1000 mg/l); ossigeno che verrebbe consumato nelle immediate vicinanze dello scarico attingendo da quello disponibile nel recettore. La situazione maggiormente critica si verificherebbe allora nel caso in cui la temperatura del fiume sia massima (nei mesi estivi), quindi minima la concentrazione annuale di ossigeno disciolto e minima anche la quantità complessiva di ossigeno disponibile (in termini di volume totale, per colpa delle basse portate). A questo potrebbe aggiungersi una geometria infelice per la fauna ittica: nel caso del depuratore di Merone lo sfioratore di testa scarica poche decine di metri a monte dello scarico ordinario del depuratore. Gli scarichi sono spesso frequentati dai pesci per merito della presenza di sostanze organiche e della temperatura relativamente costante; l'attivazione di uno sfioratore subito a monte potrebbe indurre, soprattutto in condizioni di forte magra, un repentino consumo di ossigeno che sorprenderebbe i pesci posizionati poco a valle e portarli alla morte per anossia. Sono state segnalate, proprio in corrispondenza di eventi di sfioro di forti e localizzati temporali estivi, episodi di vistose morie di pesci senza un'altra apparente spiegazione.

1.3.2 Temperatura

Dal confronto della temperatura del fiume (medie rilevate dalle centraline di monitoraggio) e di quella degli eventi monitorati di sfioro del depuratore si osserva come in generale si presenti un gap a volte notevole ed in genere negativo (l'acqua di sfioro è notevolmente più fredda di quella del fiume).

Il ruolo della temperatura può essere ricercato nelle cinetiche di rimozione di alcuni nutrienti, come la nitro-denitro. Anche in questo caso le portate maggiormente indiziate sono quelle sfiorate, caratterizzate soprattutto da concentrazioni molto alte di azoto ammoniacale, fosforo, BOD5 e COD. Le cinetiche di rimozione di queste sostanze dipendono dalla temperatura, e



l'immissione in una matrice molto più calda di quella di partenza (le portate meteoriche veicolate dalla rete fognaria) indurrebbe un'accelerazione dei processi con conseguente maggior consumo di ossigeno che verrebbe sottratto alla disponibilità della fauna ittica.

TEMPERATURE	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
Fiume (medie) °C	6.0	10.0	14.0	20.0	22.0	23.0	22.0	22.0	23.0	17.0	18.0	5.0
Sfioro °C	9.5	-	7.8	12.0	15.9	10.9	-	17.5	11.0	8.2	10.5	-
Differenza	3.5	-	-6.2	-8.0	-6.1	-12.1	-	-4.5	-12.0	-8.8	-7.5	-

Tabella 8: temperature delle acque del fiume e di quelle sfiorate

1.4 FINALITA' DEL PROGETTO

Il progetto prevede la realizzazione di un sistema di finissaggio con tecniche naturali dell'effluente del depuratore. In sede di elaborazione della soluzione progettuale è stato coinvolto lo staff direttivo tecnico dell'impianto di depurazione dal momento che il sistema di finissaggio costituirà una sua appendice esterna che dovrà funzionare in sinergia con esso.

Alla luce dei miglioramenti tecnologici che verranno in parallelo implementati sul depuratore è stato osservato come permarrebbero alcune problematicità sulle acque di pioggia, dal momento che il depuratore non può trattarle interamente, mentre lo scarico ordinario andrebbe incontro ad alcune migliorie che non richiederebbero pertanto un intervento urgente di finissaggio.

Il sistema che pertanto è stato elaborato potrà trattare con una notevole elasticità portate di punta di pioggia, con la possibilità di accumularne un discreto volume; in condizioni di tempo secco tratterebbe invece una parte dell'effluente del depuratore migliorandone le caratteristiche prima della restituzione al recettore.

La struttura del sistema di finissaggio consentirebbe inoltre l'omogeneizzazione delle portate sfiorate sia in termini di carichi che di temperatura.

Non da ultimo l'area di finissaggio fornirebbe un percorso alternativo ai liquami in caso di fuori uso temporaneo dell'impianto.



2. RELAZIONE IDROLOGICA

In questo capitolo si approfondiscono le informazioni relative al clima ed al regime idrologico conseguente del fiume Lambro.

2.1 CLIMA

2.1.1 Precipitazioni e temperature nel territorio brianzolo

Il regime pluviometrico della Brianza si inquadra in un regime di tipo "prealpino". Tale regime infatti è caratterizzato da due massimi, l'uno in ottobre più accentuato e l'altro in maggio mentre i minimi si registrano rispettivamente in febbraio ed in luglio.

Interessante e significativo è vedere però come varia la quantità di precipitazioni a seconda della zona del territorio brianzolo in cui siamo; la piovosità è infatti diversa nel caso ci si trovi per esempio a Monza o a Cantù o ancora ad Erba. L'isoieta (linea di uguale piovosità media annua) dei 1000 mm attraversa longitudinalmente l'alta pianura lombarda, passando poco a nord di Milano. Come evidenzia la distanza crescente tra le isoiete, le precipitazioni tendono a diminuire verso il Po; al contrario si fanno più abbondanti a nord del capoluogo lombardo e mano a mano che ci si spinge verso l'alta Brianza, fino a superare i 2000 mm in corrispondenza di Magreglio e delle zone limitrofe (triangolo lariano).

Tanto per citare un esempio, a Monza la piovosità media annua è di circa 1117 mm con una punta minima di 587,5 mm nel 1921 e una massima di 1869,4 nel 1951.

Il ruolo svolto dai rilievi lariani è sicuramente determinante in concomitanza con lo stabilirsi di aree depressionarie sul Mar Ligure o, più in generale, sull'Italia centro-settentrionale, quando aria umida e temperata viene spinta verso settentrione accentuando la nuvolosità e le precipitazioni proprio in corrispondenza dei rilievi.

Per quanto riguarda invece le temperature, le medie annue in Brianza si aggirano attorno ai 12-13 °C ma sono valori che tendono a diminuire attorno ai 10° via via che ci si porta verso le zone collinari più alte; la media massima stagionale si raggiunge nel mese di luglio, con 22-24°C, e la minima, invece, in gennaio, con 1-2°C.

Abbastanza forti sono le escursioni termiche diurne anche se, soprattutto nelle zone più a nord della Brianza, le temperature estive vengono mitigate dalla presenza dei rilievi e dalle correnti più fresche provenienti dal vicino lago di Como.

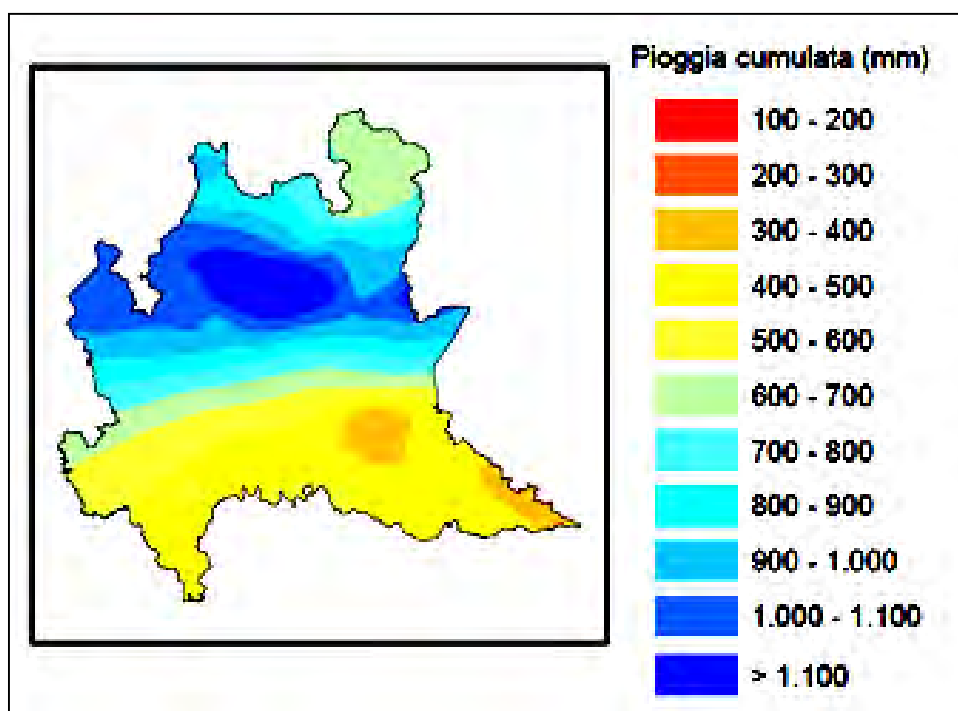


Figura 6 - Regime pluviometrico annuo in Lombardia

2.1.2 Influenze e relazioni tra morfologia del territorio e clima in Brianza

La Brianza si trova subito a ridosso delle Prealpi e ciò vuol dire che dal punto di vista climatico risente della protezione dell'arco alpino dai freddi venti settentrionali e dalle perturbazioni provenienti dal versante nord alpino. Questo "effetto barriera" che i monti oppongono, altera le condizioni atmosferiche generali ed assicura alla Brianza un clima meno rigido con una maggiore impronta mediterranea.

Inoltre da luogo al cosiddetto fenomeno del foehn che si manifesta quando una depressione di origine atlantica, da Nord-Ovest, si avvicina alle Alpi, mentre un anticiclone sui Balcani agisce da blocco.

Tra le due configurazioni bariche si instaurano venti dai quadranti settentrionali che, incontrando l'arco alpino, possono salire sino alla cresta delle montagne e nello stesso tempo dar luogo, nel versante Nord, al fenomeno di stau che porta all'ammassamento di nubi con piogge forti e persistenti. Quando l'aria comincia la sua discesa nel versante Sud, si riscalda per compressione e dissolve ogni forma di nuvolosità facendo abbassare notevolmente l'umidità relativa con un corrispondente aumento della visibilità.



La Brianza si pone anche in stretta vicinanza con la grande massa d'acqua del lago di Como che tende a mitigare gli estremi di temperatura e gode, soprattutto in corrispondenza dei rilievi collinari più alti, dei temporali orografici.

Questi ultimi si hanno quando aria calda e umida è forzata a salire lungo un versante montuoso ed il vapore acqueo presente in essa comincia a condensare formando un ammasso nuvoloso. Quando la nube aumenta di dimensione e si arriva alla saturazione del vapore acqueo avremo l'inizio delle precipitazioni. Tali temporali si formano in corrispondenza del rilievo del Colle Brianza e alcune volte anche di quello di Montevvecchia.

La maggior altitudine delle dolci colline brianzole, infine, rispetto alla pianura padana regala una più intensa insolazione durante i mesi invernali e una più intensa freschezza e ventilazione durante quelli estivi.

2.2 IDROLOGIA

2.2.1 Regime pluviometrico

Dall'analisi delle serie meteorologiche delle precipitazioni giornaliere disponibili si ricava come mediamente nell'area del Comune cadono circa 1200-1300 mm di acqua all'anno. Gli anni più piovosi del periodo in esame (ultimo decennio) sono stati il 2000 e il 2002, rispettivamente con 2127 e 2236 mm, valori comunque molto elevati, anche per un'area piovosa come quella di Merone. Il minimo assoluto registrato, considerando la stazione di Erba, è di 792 mm di pioggia nel 1998; si può inoltre osservare come negli ultimi 5 anni le precipitazioni totali annuali non sono mai state superiori alla media del periodo.

La distribuzione delle precipitazioni durante l'anno è caratterizzata da picchi sia primaverili che autunnali. I mesi più piovosi in assoluto sono Maggio, Agosto, Settembre e Ottobre. Il trimestre generalmente più piovoso è il quarto. Il massimo mensile assoluto si verifica in genere in Settembre-Ottobre e talvolta in Agosto, soprattutto negli ultimi anni. I massimi mensili assoluti sono dell'ottobre del 2000 con 427 mm, del Novembre 2002 con ben 615 mm e, in ultimo, dell'agosto 2007 con 374 mm.

Mediamente si verificano 103 giorni di pioggia e la media delle precipitazioni massime giornaliere è di 80mm con massimi di 100-150 mm.

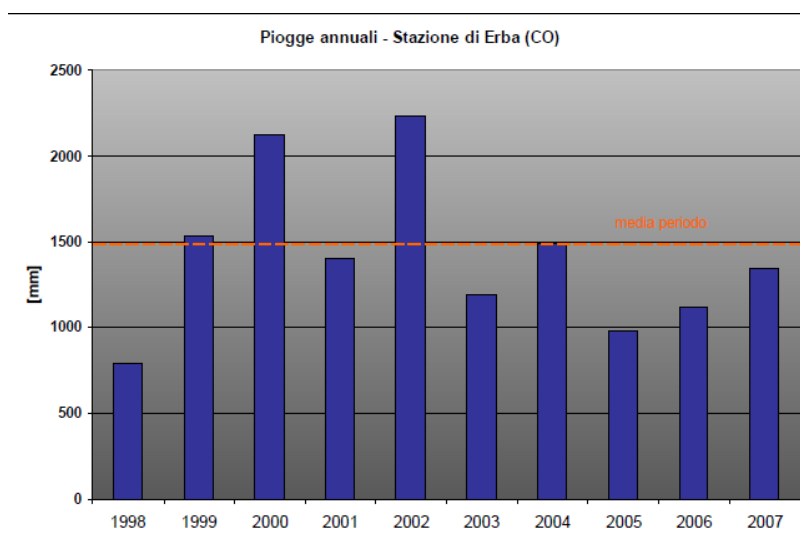


Figura 7 - Precipitazioni totali annuali per il periodo 1998 – 2007 (Stazioni di Erba)

Anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
1998	0.2	24.6	9.4	32.8	5.4	7.6	58.4	84.4	269.8	266.6	10	22.8
1999	71.4	0	137.2	120.2	83.2	155.4	185.2	195.4	216.4	184.4	99.8	88.2
2000	0	7.4	91.2	250.4	172	35.4	260	155.8	120.6	426.4	438	169.4
2001	185.8	72.6	238.6	77.6	108	51.2	162	177	126	170.8	31.6	1
2002	36.6	214.6	96.6	98.8	323.8	134.4	167.6	254.6	152.2	69	614.2	73.2
2003	65.6	1.6	6	51.4	89.8	215.2	139.6	26.4	28.6	232.6	193.4	144.4
2004	41.2	134.2	78	154.4	176.8	80.2	112.2	196.2	59	185.2	205	67.6
2005	9.6	10.2	82.4	132.4	58.6	48.2	95.2	132.8	157.4	124.6	64.2	81.4
2006	45	84	75.1	102	62	16	122	129	196	81	66	145
2007	50.4	24.6	44.4	32	201.8	245.6	48.6	373.4	167.6	26.2	118.8	11.8
Media	51	57	86	105	128	99	135	173	149	177	184	80

Figura 8 - Medie mensili di pioggia per il decennio 1998-2007 alla Stazione di Erba

2.2.2 Regime termometrico

La temperatura media annuale derivata dalle serie meteo per il periodo 1997-2007 è di 13.6°C.

Dall'analisi delle serie, i mesi più caldi risultano Luglio (il più caldo in assoluto) e Agosto, con temperature medie mensili rispettivamente di 23.5 e 23.1 °C. Il mese generalmente più freddo è Gennaio con una minima media mensile di 0°C e minime anche molto rigide e al di sotto dello zero, e talvolta Dicembre (t minima media mensile di 0.7°C). La temperatura massima assoluta giornaliera di 40.1 °C è stata rilevata nell'agosto del 2003, mentre la minima assoluta giornaliera di – 7.8°C è stata rilevata a marzo del 2005.



Anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
1997	4.4	7.1	12.3	12.9	17.2	20.6	23.0	24.2	21.2	14.4	8.0	4.2
1998	3.5	7.6	9.3	11.2	17.5	21.3	23.6	24.0	17.9	12.9	6.2	3.0
1999	4.2	4.5	9.1	12.9	18.4	20.4	23.6	22.0	19.5	13.4	7.3	3.4
2000	3.1	6.4	9.7	12.5	18.4	22.4	21.6	23.1	19.0	13.6	8.0	5.2
2001	3.2	6.5	9.6	11.5	18.4	20.9	23.1	23.9	16.1	15.6	7.0	2.5
2002	2.1	6.2	10.8	12.1	16.5	22.5	22.0	21.5	17.1	13.7	7.1	2.5
2003	2.1	6.2	10.8	13.0	19.9	25.8	25.0	27.3	19.0	11.4	8.0	4.1
2004	2.7	4.1	7.5	12.6	15.5	21.8	23.2	23.0	19.1	14.1	7.7	3.9
2005	2.2	2.6	8.1	11.6	18.6	22.8	20.7	20.9	19.1	14.0	7.0	2.2
2006	0.9	3.2	7.5	13.8	18.0	23.6	27.0	21.8	20.8	15.5	9.9	5.1
2007	6.3	7.5	10.9	18.0	19.7	21.9	25.7	22.7	18.8	14.3	8.1	3.9
medie	2.52	5.19	9.10	12.31	17.37	21.39	23.14	22.47	18.36	13.31	7.29	3.20

Figura 9 – Temperature medie mensili per il decennio 1997-2007 alla Stazione di Erba

2.2.3 Idrografia superficiale

L'area oggetto di interesse è piuttosto ricca d'acqua essendo la prima piana aperta a valle della piana d'Erba e posta alla confluenza della Bevera di Molteno, il principale affluente del Lambro dalla parte lecchese, e della Roggia Cavolto, corso d'acqua deviato recentemente per riempire le aree di cava di Baggero e che drena il lembo meridionale delle alture di Monguzzo.

In definitiva oltre al Lambro che costituisce l'asse vallivo che corre in direzione NE – SW si segnalano i suoi principali affluenti che confluiscono nella zona (da Nord a Sud):

- Bevera di Molteno: affluente in sinistra, nasce dai rilievi di Colle Brianza, Galbiate/Ello, il suo reticolo ha uno sviluppo complessivo di circa 35 km, affronta un dislivello totale di 430 m e drena un bacino di circa 44 kmq;
- Roggia Cavolto: affluente in destra, nasce dai rilievi di Fabbrica Durini, ha una lunghezza complessiva di circa 4 km, affronta un dislivello complessivo di 50 m e drena un bacino di circa 7 kmq.

L'area è anche ricca di bacini tutti residui di attività di cava conclusasi in alcuni casi poche decine di anni fa e oggi riempiti d'acqua. I principali sono:

- laghi di Baggero: complessivamente sono 3 di cui 2 inseriti nell'area fruitiva detta "oasi di Baggero" e un terzo, quello più occidentale, lasciato a dinamiche naturali. Quello più naturale ha un'estensione di circa 3.5 ha e non ha immissari né emissari; gli altri 2, collegati



tra loro, hanno superficie complessiva di 7.3 ha e vengono alimentati dalla roggia Cavolto che è stata in passato appositamente deviata a tale scopo;

- miniera di Brenno: è un bacino originato dall'estrazione di marna la cui coltivazione sta volgendo al termine e che in futuro verrà probabilmente riconvertito a dinamiche seminaturali ed utilizzato come bacino di laminazione per le piene della Bevera di Molteno. Ha un'estensione di circa 12 ha.



Figura 10 – Idrografia dell'area

2.2.4 Regime idrologico del fiume Lambro

Il fiume Lambro ha un regime pluvio-nivale: non è cioè alimentato da nevi perenni, ma è alimentato sostanzialmente dalle precipitazioni e dallo scioglimento delle nevi invernali che si accumulano nei rilievi del bacino.

La curva delle portate (in figura 8 viene riportata quella calcolata nel periodo 1955-1972 e 2004-2012) mostra come per soli 110 giorni all'anno la portata superi il valore di 5,00 mc/s, riuscendo



pertanto a garantire una diluizione del solo scarico ordinario del depuratore (circa 0,5 mc/s) superiore a 10 volte per meno di un terzo dei giorni dell'anno, mentre non si riesce a garantire praticamente mai una diluizione superiore alle 30 volte.

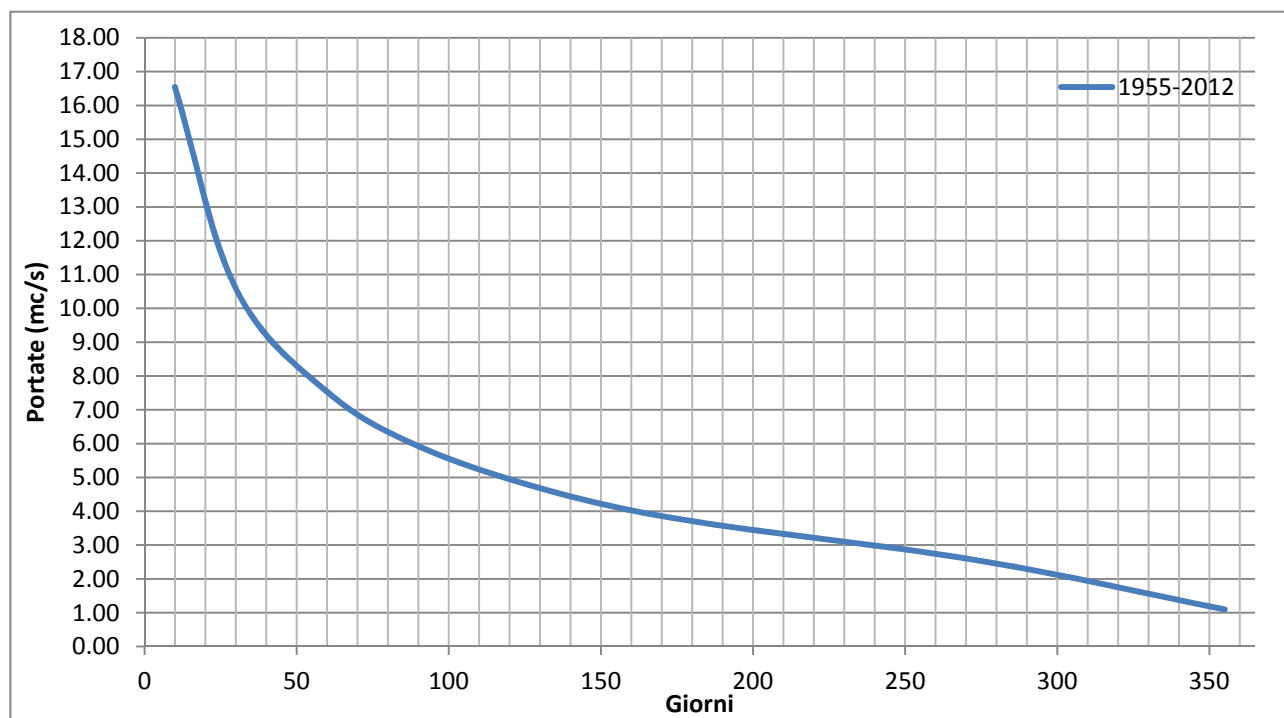


Figura 11 – Curva delle portate del Lambro alla sezione di Lambrugo

Sulla diluizione delle portate di pioggia, data la notevole variabilità dei loro valori, non si può dire molto se non riferirsi nuovamente alla statistica presentata sopra dove si evidenziava che nel 2012 si sono verificati quasi una dozzina di eventi in concomitanza a situazioni di idrologia molto povera. Naturalmente la modificazione del regime idrologico non è una variabile considerata in questo progetto, per quanto sia allo studio del Parco Regionale della Valle del Lambro una regola di gestione del Lago di Pusiano (attraverso il Cavo Diotti) che consenta di considerare anche le esigenze di diluizione dei carichi introdotti nell'asta fluviale sublacuale.

Ad ulteriore dettaglio del comportamento idrologico del Lambro nella sezione di Lambrugo si riporta la statistica relativa alle portate medie, minime e massime mensili qui registrate nel periodo 2004-2012.

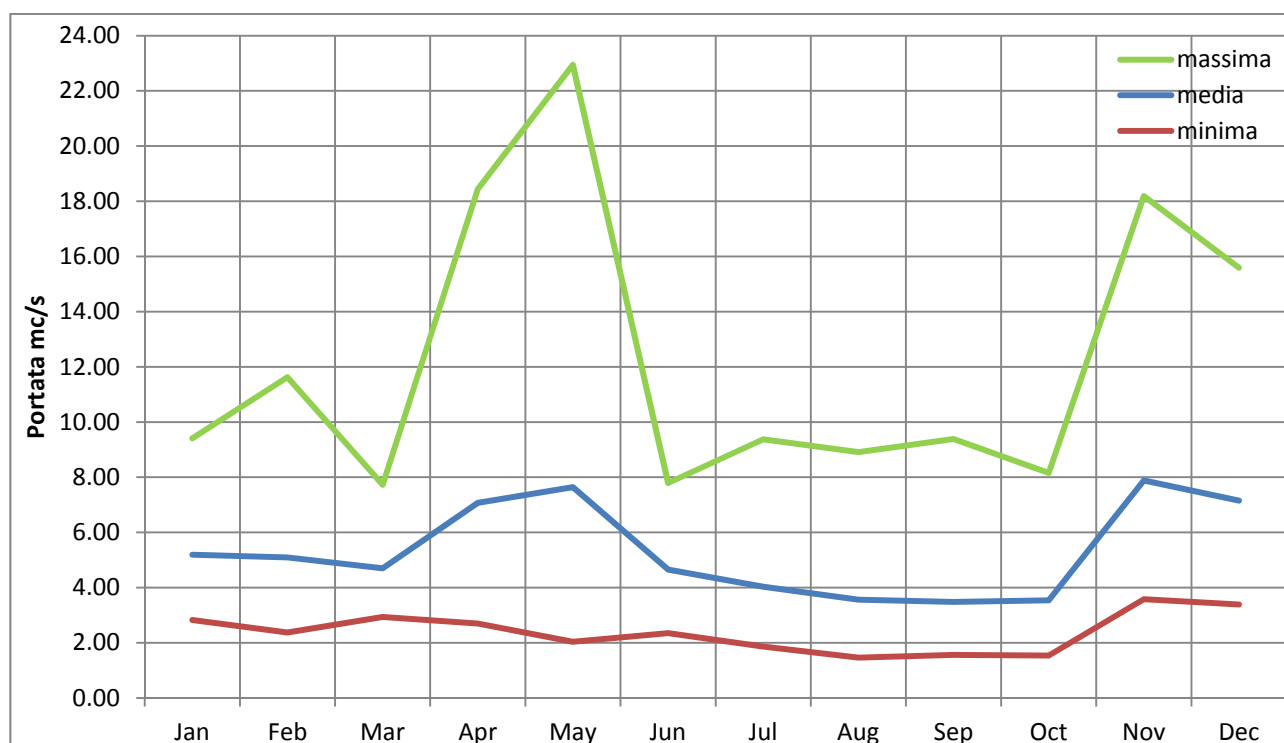


Figura 12 – Portate mensili nel periodo 2004-2012

Si osserva come le situazioni più critiche dal punto di vista delle magre sono quelle relative ai mesi di Agosto, Settembre ed Ottobre per i quali sono stati registrati minimi inferiori ai 2 mc/s (valori in questo caso già comprensivi dell'apporto del depuratore) e medi non superiori ai 4 mc/s. I minori problemi sono invece relativi ai mesi di Aprile, Maggio, Novembre e Dicembre, che godono delle minime (>3 mc/s) e medie (>6 mc/s) più abbondanti.

3. RELAZIONE IDRAULICA E DI PROCESSO DEL SISTEMA DI FINISSAGGIO

In questo capitolo si approfondiscono le informazioni relative all'idraulica del sistema di finissaggio naturale del depuratore di Merone.

3.1 ARCHITETTURA DEL SISTEMA

Il sistema di finissaggio del depuratore di Merone sarà costituito da tre unità principali e sarà possibile alimentarlo attraverso due diverse fonti.

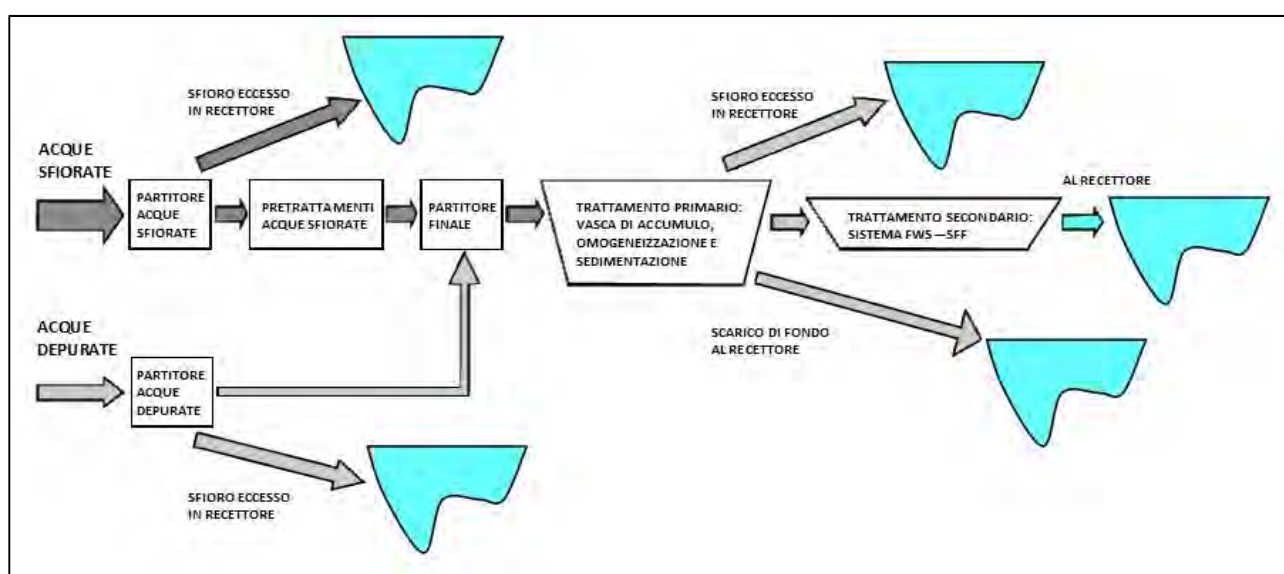


Figura 13 – Schema concettuale del sistema di finissaggio

Come si può osservare dalla figura 10 sarà possibile alimentare il sistema da due differenti fonti:

- 1) le acque di supero scolmate dallo sfioratore di testa del depuratore;
- 2) le acque depurate effluenti dall'ultimo stadio di depurazione.

Nel primo caso le acque di supero saranno intercettate grazie ad un pozzetto ripartitore che verrà realizzato in linea all'attuale condotta di scarico delle acque sfiorate. Questo consentirà di addurre le acque grigie al sistema di finissaggio fin quando sarà raggiunta la massima capacità di invaso della vasca di accumulo. Da quel momento il rigurgito della corrente indurrà lo sfioro verso l'attuale recapito delle acque di supero.

Nel secondo caso le acque trattate dal depuratore saranno derivate attraverso una apertura nella vasca di filtrazione che alimenterà un pozzetto dotato di paratoia in ingresso per modulare le



portate. Il surplus rispetto alla portata derivata continuerà invece a riversarsi in recettore attraverso l'attuale recapito delle acque trattate.

Le acque sfiorate (parte alta dello schema) dovranno subire alcuni pretrattamenti (grigliatura, dissabbiatura e disoleatura) in una vasca rettangolare interrata prima dell'ingresso all'unità primaria: questo al fine di intercettare i solidi grossolani ed i flottanti per impedire che ostacolino gli stadi successivi.

Successivamente è previsto un partitore finale con lo scopo di consentire l'immissione in un unico punto sia delle acque sfiorate sia quelle provenienti dallo scarico del depuratore.

Le acque così addotte verranno convogliate al trattamento primario consistente in una vasca di accumulo, omogeneizzazione e sedimentazione della capacità complessiva di circa 6000 mc.

Il trattamento primario ha tre principali finalità:

- 1) accumulare una quota parte del volume sfiorato;
- 2) omogeneizzare le concentrazioni di inquinanti;
- 3) consentire la sedimentazione meccanica dei solidi sospesi.

In considerazione delle concentrazioni previste in ingresso la vasca dovrà essere isolata dalla falda sottostante attraverso uno strato impermeabilizzante. Questo strato impermeabile, che potrà essere realizzato con un telo ancorato al fondo, dovrà essere ricoperto da una corazzatura che potrà essere realizzata in lastroni di pietra che fungerà da zavorra, per opporsi alle contropinte provenienti dalla falda, e da protezione dalle attività di funzionamento, pulizia e manutenzione che verranno effettuate sul fondo della vasca.

Il trattamento secondario sarà invece costituito da una unità di depurazione a flusso superficiale (Free Water Surface – FWS) progettata come sistema di canali e pozze di profondità media non superiore ad 1.00 m. In realtà le caratteristiche del sito scelto per la collocazione del sistema hanno indotto a progettare questa unità con caratteristiche intermedie tra un sistema classico FWS ed uno SFF (Sistema Filtro Forestale); nel secondo viene utilizzata la capacità di alcune specie arboree (tipicamente salice, pioppo ed eucalipto) a ritenere per il proprio metabolismo notevoli quantità di azoto e di fosforo. Nel caso specifico, considerando la peculiarità dell'ambiente interessato dall'intervento, si è deciso di apportare con il sistema filtro una opportunità di miglioramento consistente nel recupero della piena funzionalità dell'habitat di transizione del bosco umido attualmente soggetto ad interrimento ed invecchiamento.



Il trattamento FWS-SFF avrà una capacità complessiva di circa 4000 mc ed avrà le seguenti finalità:

- 1) completare la rimozione dei solidi sospesi per sedimentazione;
- 2) completare la denitrificazione e la defosforazione per azione delle piante acquatiche e delle specie arboree;
- 3) consentire la rimozione dei metalli dalle acque di pioggia per adsorbimento da parte della rizosfera delle piante.

L'unità di trattamento primaria sarà provvista altresì di:

- uno scaricatore di fondo per lo svuotamento rapido della vasca in preparazione ad eventi meteorologici e per le operazioni di manutenzione;
- uno sfioratore a stramazzo per impedire un eccessivo rigurgito nella linea delle portate meteoriche ed uno straripamento incontrollato nell'unità secondaria. La portata in ingresso sarà comunque già controllabile da monte dal ripartitore delle portate di pioggia.

3.2 SCHEMA IDRAULICO

Per la definizione della fattibilità idraulica del sistema senza ricorrere a sollevamenti sono state ipotizzate quote di fondo delle vasche compatibili con le quote di monte. In particolare si può osservare dalla figura 14 come la prima quota che regola tutto il sistema è il fondo del condotto di scarico delle portate sfiorate posto a quota 241.00 m.slm.

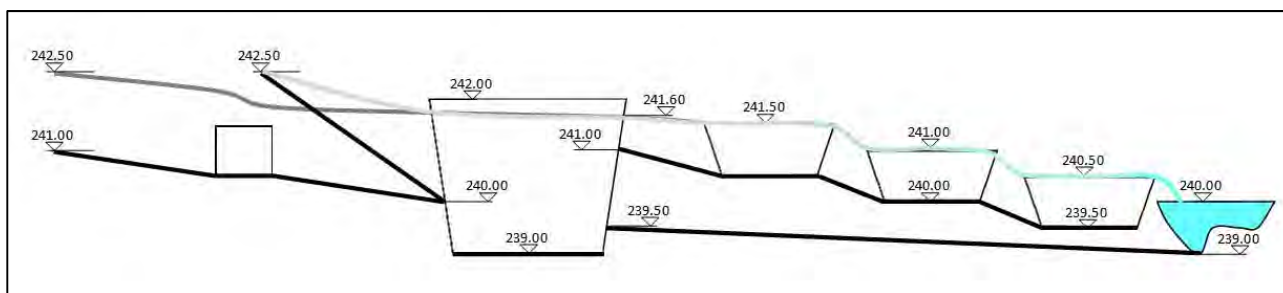


Figura 14 – Schema idraulico del sistema di finissaggio

Il condotto ha un diametro di 1500 mm quindi la quota massima di carico prima che il tubo vada in pressione è di 242.50. È un carico comunque sufficiente a riempire la vasca fino a 242.00 m.slm. considerando che le acque sfiorate dovranno subire un pretrattamento in corrispondenza del quale e subiranno una perdita di carico che potrebbe arrivare a 0.50 m in condizioni

Pagina 33 di 70



particolarmente onerose (forte turbolenza, griglia intasata). Considerando che il sistema eroga portata al trattamento secondario a partire da una quota di circa 241.30 si può comunque contare su una perdita di carico complessiva di circa 1.20 m.

Osserviamo invece come per l'effluente ordinario del depuratore, grazie alla derivazione dal sistema di filtrazione, si possa disporre di una quota di 242.50 a fondo tubo garantendo un margine molto maggiore rispetto all'altra linea di alimentazione.

Per quanto riguarda invece la restituzione finale si fa presente come le vasche finali abbiano quote rispettivamente di 239.80 e 239.50 m.slm., con fondi paragonabili a quelli del Lambro che per livelli ordinari consentirebbe lo scarico ad una quota che si aggira sui 240.50 m.slm.

Per quanto riguarda invece lo scarico di fondo della vasca del trattamento primario ipotizzando una quota di fondo tubo pari a 239.50 si arriverebbe a Lambro con una quota di fondo di 239.00 che garantirebbe di scaricare la vasca fino ad una quota non inferiore a 240.00 m.slm., liberando fino al 60% del volume complessivo.

Infine la soglia di sfioro sulla vasca di sedimentazione è stata posta a 241.60 m.slm. in modo da consentire il transito indisturbato delle portate verso il secondario nell'intervallo compreso tra 240.80 e 241.60 m.slm ed il riempimento della prima vasca per la sua altezza complessiva (241.50).

Come è stato anticipato l'alimentazione del sistema può provenire da due diverse fonti: l'effluente depurato dall'impianto e le acque di sfioro.

L'effluente depurato sarà derivato direttamente dalla vasca dove verrà realizzata la filtrazione finale; questo consentirà di mantenere distinto il condotto di scarico da quello di alimentazione del sistema di finissaggio ed eviterebbe anche l'interruzione del ciclo dell'impianto per l'inserimento delle strutture di derivazione. Il pozzetto di carico sarà dotato di una paratoia mobile con funzionamento a battente che a seconda della sua apertura potrà far defluire la portata desiderata nel sistema di finissaggio. Questa paratoia sarà manovrata a mano o a distanza a seconda delle richieste del gestore.

Dall'altra parte lungo il condotto delle acque di sfioro verrà creato un pozzetto dal quale verrà derivata la portata di pioggia al sistema di finissaggio. Il meccanismo derivazione sarà fatto in modo tale che tutta la portata di pioggia (da progetto 80.000 mc/giorno) confluisca al sistema in progetto fin quando i livelli della vasca lo consentono. Una volta raggiunto il livello che attiva lo



sfioratore della vasca di sedimentazione primaria si attiverà contemporaneamente uno sfioratore a stramazzo posizionato all'interno del pozzetto di presa che riverserà le portate di supero nell'ultimo tronco del vecchio tubo per essere quindi mandate al recettore. Il meccanismo di attivazione della soglia sarà dunque automatico ed indipendente dall'operatore.

Le acque sfiorate dovranno subire i pretrattamenti: grigliatura e disoleatura. Per la grigliatura si adotteranno più griglie fisse a maglie sempre più fini. La disoleatura avverrà per fuoriuscita per flottazione al bordo della vasca in una canaletta di accumulo.

A valle dei pretrattamenti i condotti delle acque di pioggia e quello delle acque depurate convergono in un'unica cameretta di carico della vasca di sedimentazione primaria. Le estremità dei condotti in ingresso saranno dotate di valvole a clapet per impedire che le acque rigurgitino a monte soprattutto nel condotto proveniente dal sistema di filtrazione dove potrebbe creare cortocircuiti idraulici dannosi al ciclo dell'impianto.

Il trattamento primario ha un volume regolato di circa 5.000 mc (fino a quota 241.00) e massimo di quasi 8.000 mc (fino a quota 242.00). A 241.60 si attiva la soglia di sfioro, mentre le portate defluiscono al trattamento secondario con una quota di fondo di 240.80. L'accesso al secondario sarà garantito solo a portate inferiori a 0.90 mc/s (pari a 80.000 mc/giorno ossia circa 2Q, dove Q è la portata media trattata dall'impianto).

L'alimentazione dell'unità secondaria avverrà attraverso la raccolta delle acque di sfioro lungo una canaletta che corre per la metà del perimetro della vasca di sedimentazione. Questa configurazione mira a minimizzare le velocità di fuoriuscita delle portate destinate al successivo stadio per evitare di trascinare le particelle in moto verso il fondo; tale geometria è mutuata dai sedimentatori utilizzati negli impianti tradizionali.

Le canalette convergono verso un unico punto dal quale viene alimentata la prima pozza dell'unità secondaria e quindi a cascata tutto il restante ambiente utilizzato con finalità di finissaggio.



3.3 CINETICHE DI RIMOZIONE DEGLI INQUINANTI

Per valutare il meccanismo di rimozione degli inquinanti sono state considerate le due unità fondamentali:

- 1) trattamento primario, nel quale predomina la rimozione meccanica delle sostanze attraverso la sedimentazione delle particelle che precipitando portano con sé differenti percentuali di inquinanti;
- 2) trattamento secondario, nel quale predomina la rimozione biologica delle sostanze attraverso il metabolismo delle alghe, delle piante e dei batteri adesi alle rispettive rizosfere; non ultima l'azione disinfettante dei raggi ultravioletti provenienti dal sole.

Per quanto riguarda il trattamento primario sono stati verificati i carichi idraulici in ingresso verificando sempre che non superassero il limite di 1.8 m/ora (parametro mutuato dai sedimentatori primari rettangolari ai quali la prima vasca è stata assimilata), soglia limite per garantire la sedimentazione di tipo granuloso.

RIMOZIONI DA SEDIMENTAZIONE PRIMARIA	TSS	BOD5	COD	NH4	NO3	P
	50-60%	25-30%	25-30%	10-15%	10-15%	10-15%

Tabella 9: Rimozioni percentuali dati dalla sedimentazione primaria

Per quanto riguarda le percentuali effettivamente utilizzate è stato definito il criterio di proporzionalità al carico idraulico: nel caso di carico inferiore a 1.8 m/ora si è assunto il massimo valore di rimozione, in caso di carico superiore il valore più basso. Si fa presente che in tutti i casi si è sempre verificata la migliore condizione operativa.

Per quanto riguarda invece la parte a flusso libero superficiale sono state considerate le equazioni di Reed ed in particolare per BOD5, COD (assunto come BOD5), NH4 e NO3 le seguenti:

$$\ln\left(\frac{C_i}{C_0}\right) = K_T * t$$

$$K_T = K_R * \theta^{(T_w - T_R)}$$

$$t = \frac{V_f}{Q} = \frac{A_s * y * n}{Q}$$

$$A_s = L * W = \frac{Q * t}{y * n} = \frac{Q * \ln\left(\frac{C_i}{C_0}\right)}{K_T * y * n}$$

A_s = area del bacino (m^2),

C_0 = concentrazione in uscita (mg/l),

C_i = concentrazione in entrata (mg/l),

K_R = costante alla temperatura di riferimento,

K_T = costante alla temperatura TW,

L = lunghezza del bacino (m),

N = porosità,

T = tempo di residenza idraulico (in giorni),

T_w = temperatura dell'acqua nel bacino ($^{\circ}C$),

T_R = temperatura di riferimento ($^{\circ}C$),

V_f = volume effettivo del bacino (m^3),

W = larghezza bacino (m),

Y = profondità bacino (m),

q_R = coefficiente di temperatura.

Figura 15 – Equazioni del sistema FWS

Le costanti cinetiche e di temperatura assunte sono quelle riportate invece in figura 16.

Parametro	Rimozione BOD	Nitrificazione	Denitrificazione
T_R ($^{\circ}C$)	20	20	20
K_R (d^{-1})	0,678	0,2187	1,000
q_R	1,06	1,048	1,15

Figura 16 – Valore delle costanti cinetiche e di temperatura secondo Reeds

Per i TSS l'equazione utilizzata è lineare:

$$C_o = C_i (0.1139 + 0.00213q)$$

dove q è il carico idraulico espresso in m/giorno:



$$q = \frac{100Q}{A}$$

dove Q è la portata transitante (mc/giorno) ed A (mq) la superficie del sistema FWS. Per q molto alte è stato assunto di assumere pari a 1 la somma tra parentesi (il che equivale ad una efficienza nulla per i solidi sospesi).

Per il fosforo la formula usata è invece la seguente:

$$\frac{C_e}{C_i} = \exp\left(-\frac{K_p}{HLR}\right)$$

Dove k_p è il rateo costante di reazione del fosforo (pari a 2.73 cm/giorno) e HLR è il coefficiente di carico idraulico in cm/giorno.

Come si può osservare le cinetiche di BOD5, COD, NH_4 e NO_3 sono assunte dipendenti dalla temperatura, mentre questa dipendenza non sussiste per gli altri inquinanti.

Anche nel caso della rimozione della carica batterica è stata utilizzata una legge del primo ordine:

$$\frac{N_o}{N_i} = \frac{1}{(1 + K_T \cdot t)}$$

dove N_o e N_i sono le concentrazioni in uscita ed in entrata dei batteri considerati (coliformi fecali nella fattispecie), K_T è la costante di rimozione dipendente dalla temperatura e t il tempo di permanenza in giorni.

3.3.1 Prestazioni attese sulle rimozioni di nutrienti, batteri e metalli

Sono state condotte alcune simulazioni per ipotizzare il funzionamento del sistema di finissaggio basate su questi presupposti:

- sono state effettuate simulazioni per condizioni di tempo asciutto, con alimentazione del sistema totalmente dipendente dall'effluente depurato in uscita dall'impianto, e di tempo di pioggia, con alimentazione del sistema totalmente dipendente dalle portate scolmate dallo sfioratore di testa impianto. Tutte le configurazioni intermedie (alimentazione mista) possono essere ricomprese tra questi due estremi;



- tutta la portata considerata effettua l'intero ciclo di finissaggio (trattamento primario + trattamento secondario); le acque di pioggia subiscono anche i pretrattamenti per i quali non è stato però considerato alcun contributo alla rimozione degli inquinanti;
- l'entità degli sfiori è stata valutata sulla base delle performance dell'impianto alla fine dell'adeguamento tecnologico; in particolare è stato simulato il comportamento per l'anno 2012 con un nuovo andamento degli sfiori, dal quale per esempio è stato dedotto che la massima portata giornaliera sfiorata sarebbe di circa 80.000 mc/giorno (contro la situazione reale che ha avuto un massimo di 100.000 mc/giorno);
- anche la concentrazione delle portate sfiorate nella nuova configurazione subirebbe un'attenuazione in considerazione del fatto che l'impianto riuscirebbe a trattare una buona parte della prima pioggia.

Dal punto di vista più strettamente numerico sono stati analizzati un range di portate trattate compreso tra 500 e 48.000 mc/giorno per le condizioni di tempo secco (pari rispettivamente circa a 1/10 della portata media trattata e all'intera portata media trattata dal depuratore) e un range tra 1.000 e 80.000 mc/giorno per le condizioni di pioggia (pari rispettivamente a circa 1/80 della massima portata sfiorata ed alla stessa massima portata sfiorata).

In considerazione della dipendenza di alcune cinetiche di rimozione dalla temperatura dell'acqua trattata le simulazioni sono state suddivise tra condizioni invernali ($T = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$) e condizioni estive ($T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$). Naturalmente le percentuali di rimozione aumentano con l'aumentare della temperatura, come si può facilmente osservare.

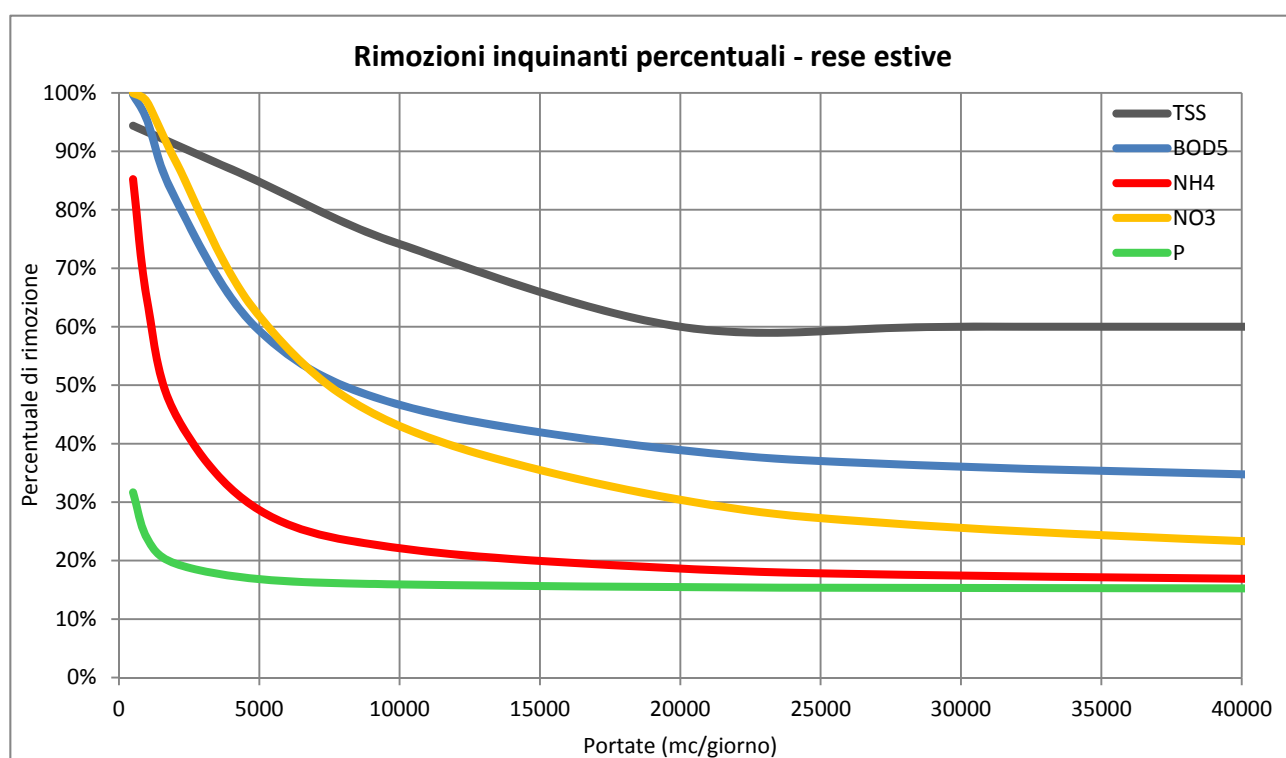
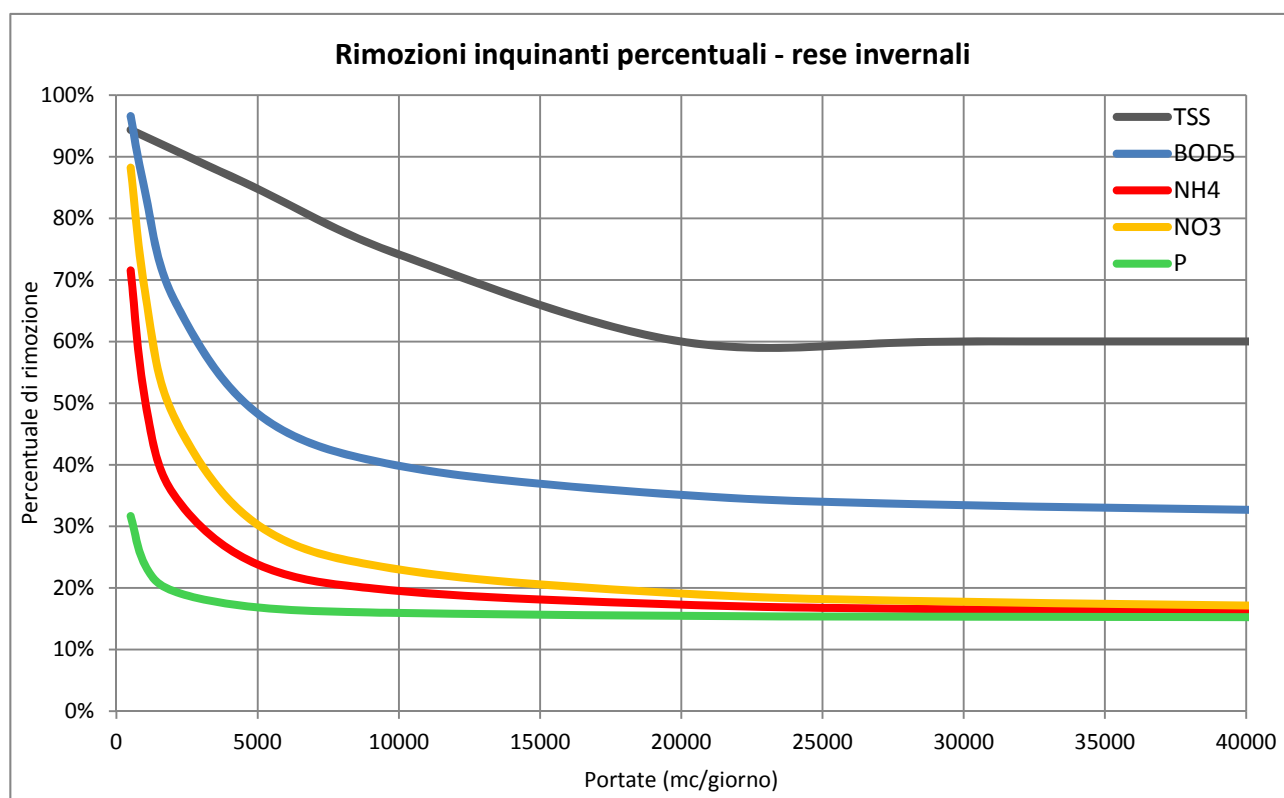


Figura 17 – Rimozioni percentuali dei nutrienti del sistema di finissaggio



Alcune osservazioni sulle simulazioni in tempo secco:

- secondo i modelli utilizzati le rimozioni percentuali non dipendono dalla concentrazione in ingresso, pertanto gli andamenti sopra indicati valgono sia per le portate di tempo secco (effluente del depuratore) che per quelle di pioggia (portate sfiorate);
- per portate basse (<2000 mc/giorno) le rimozioni di BOD5, TSS, NH4 e NO3 possono raggiungere efficienze molto alte, fino anche al 100%, e mai comunque inferiori al 40% (per l'ammoniaca) o al 50% (per i restanti);
- per portate più alte i tempi di residenza troppo bassi abbattano i rendimenti del trattamento secondario e le percentuali di rimozione vanno asintoticamente verso quelle del trattamento primario (considerate costanti). Questo comportamento è evidente per portate superiori a 20.000 mc/giorno, valore oltre il quale l'unica unità a dare un contributo effettivo è quella di sedimentazione;
- si può anche notare come le maggiori temperature influenzino sensibilmente la rimozione di nitrato e BOD5, in misura minore quella di ammoniaca;
- la rimozione percentuale del fosforo è sempre piuttosto bassa, superando di poco nelle condizioni migliori il 30%. È anche da riconoscere come esso sia effettivamente il nutriente più persistente di tutti, quindi anche se basse queste percentuali sono comunque notevoli;
- sempre relativamente al fosforo si fa presente come una significativa quota venga rimossa insieme ai solidi sospesi già in fase di sedimentazione.

Da quanto emerso dalle simulazioni si può concludere quanto segue:

- la zona di maggior interesse per il trattamento dell'effluente depurato è quella delle portate inferiori a 2000 mc/die. Oltre tale soglia i rendimenti diventano poco interessanti in percentuale, non è detto che lo siano anche in termini assoluti;
- nel caso invernale sono ancora rilevanti i rendimenti (>30% tranne che per il fosforo) per portate fino a 3000 mc/die;
- nel caso estivo sono ancora rilevanti i rendimenti (>30% tranne che per il fosforo) per portate fino a 5000 mc/die.

Un'altra simulazione è stata effettuata sui carichi totali sulla base delle seguenti ipotesi di fondo:



- trattamento costante di una portata di 5000 mc/giorno proveniente dall'effluente depurato;
- trattamento completo di tutte le acque sfiorate;
- asciutte periodiche del sistema per operazioni di manutenzione e per riposo bosco umido (circa 60 giorni all'anno).

Da questa simulazione si possono ottenere i benefici in termini di recupero di sostanze organiche che non vengono riversate in corpo idrico. La sintesi è riportata nella tabella che segue.

CARICHI ANNUI	DA EFFLUENTE E PORTATE SFIORATE FUTURO	SOTTRAZIONE NETTA DA SISTEMA FINISSAGGIO	% RIMOZIONE
BOD5 [t] O ₂	247,30	42,09	17%
Solidi sospesi totali [t]	295,61	73,83	25%
Fosforo totale [t] P	19,64	0,68	3%
Azoto ammoniacale [tN-NH ₄ /L]	54,87	4,27	8%
Azoto nitrico [tN-NO ₃ /L]	116,13	4,26	4%

Tabella 10: Sottrazione netta di carichi attribuibile al sistema di finissaggio

È stata effettuata anche una simulazione sulle concentrazioni in uscita dal finissaggio delle portate di pioggia, al fine di confrontarle con i limiti imposti dalla normativa per lo scarico in corpo idrico. In realtà il confronto non è necessariamente vincolante, anche perché le portate di pioggia attualmente vengono riversate a concentrazioni molto superiori a quelle di legge, ed ogni intervento sarebbe pertanto solo migliorativo della situazione attuale.

La simulazione è stata effettuata ipotizzando una caratterizzazione della qualità delle acque sfiorate dedotta dai dati raccolti dall'impianto di depurazione nel 2012, estendendola ad eventi simili di cui non sono stati prelevati campioni, suddividendola per volumi giornalieri sfiorati prima di aver eliminato la prima quota, più carica, che, sempre secondo le simulazioni effettuate, sarebbe trattata direttamente dal depuratore. Le concentrazioni in ingresso al sistema di finissaggio sono state quindi riportate in tabella 11.

Portate (mc/giorno)	TSS (mg/l)	BOD5 (mg/l)	NH4 (mg/l)	NO3 (mg/l)	P (mg/l)
Q < 10.000	201	216	16.80	0.92	3.57
10.000 < Q < 20.000	158	70	8.77	3.10	2.41
20.000 < Q < 40.000	116	68	14.45	4.78	2.30
40.000 < Q < 80.000	54	60	16.14	2.93	2.06

Tabella 11: Concentrazioni assunte nella simulazione sulle portate sfiorate

In primo luogo sono state messe in relazione le concentrazioni in entrata al sistema di finissaggio con quelle in uscita, sia in condizioni invernali che in condizioni estive. I risultati sono stati raggruppati per portate giornaliere trattate e per tipologie di inquinanti e riportati nelle pagine che seguono.

Con la linea rossa sono stati indicati inoltre i limiti per lo scarico in corpo idrico.

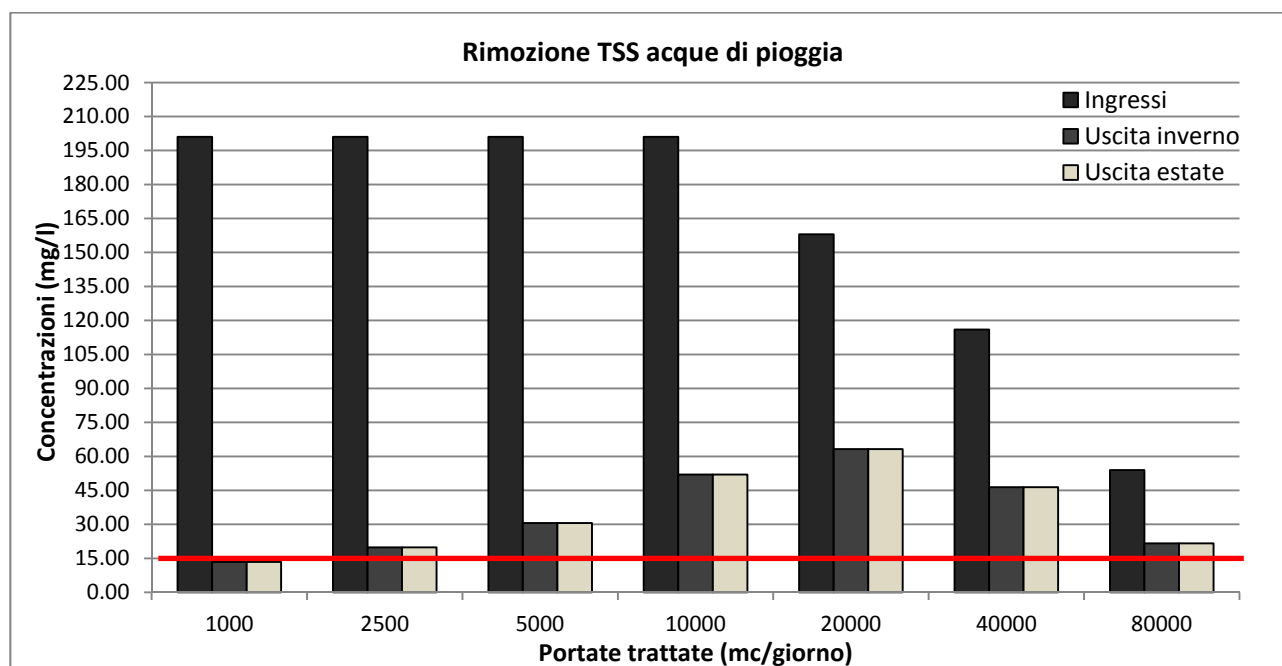


Figura 18 – Concentrazioni di TSS all’ingresso ed all’uscita del finissaggio per portate di pioggia

Per i solidi sospesi l’abbattimento è ottimale per portate inferiori a 2500 mc/giorno. In questi casi si riesce ad ottenere una rimozione così spinta da soddisfare persino i limiti allo scarico. Per le portate superiori la dinamica dipende da due fattori: dal rendimento depurativo (che scema

all'aumentare delle portate) e dalla concentrazione in ingresso (che diminuisce all'aumentare delle portate). Si può osservare allora come la situazione sia più critica per una portata trattata di 20.000 mc/giorno (per la quale si riesce comunque a limitare il superamento della soglia massima di 4 volte) piuttosto che per una portata di 80.000 mc/giorno, per la quale la soglia è superata di poco.

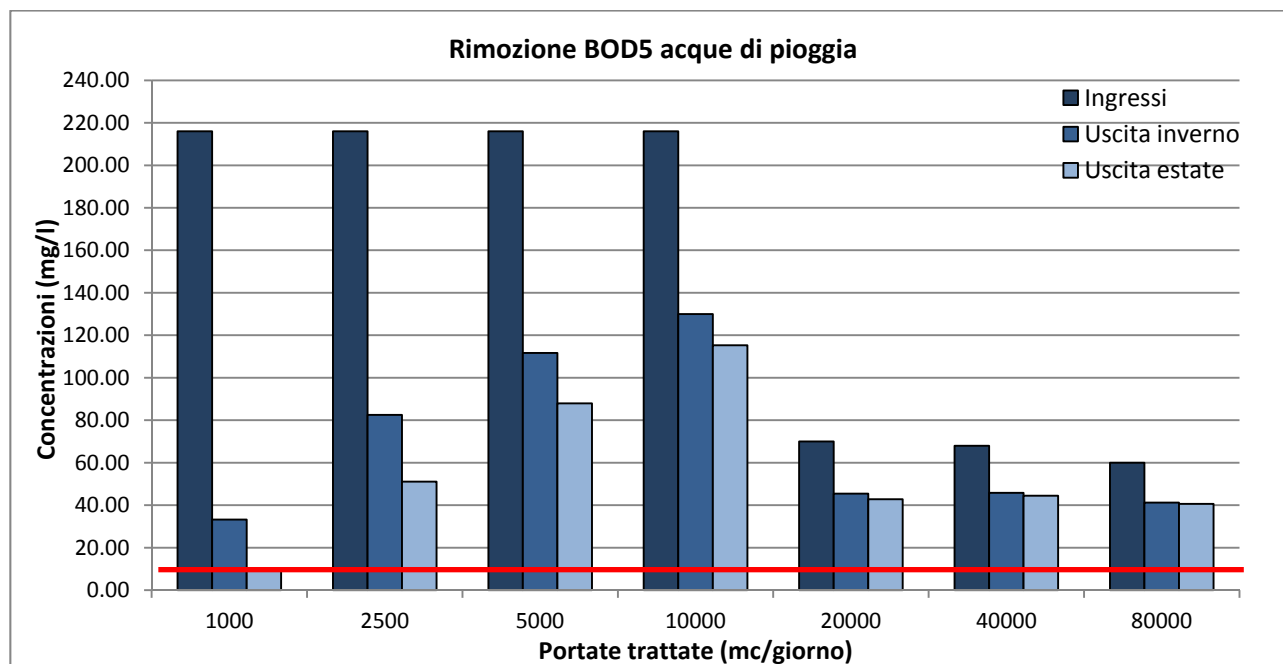


Figura 19 – Concentrazioni di BOD5 all'ingresso ed all'uscita del finissaggio per portate di pioggia

Per il BOD5 il discorso è simile per quanto più critico considerando che il limite di legge sarebbe soddisfatto solo per portate trattate inferiori a 1000 mc/giorno; per il resto valgono considerazioni analoghe ed anzi il rendimento depurativo per portate più alte risulta più basso rispetto al caso dei solidi sospesi.

Per l'ammoniaca i rendimenti sono in genere più bassi ed anche in questo caso si garantisce solo per alcune situazioni la soddisfazione dei limiti di legge. Nota: è stato riportato il limite relativo all'azoto totale, che quindi dovrebbe comprendere anche il nitrato, mostrato nella figura successiva.

Per le portate più alte si osserva un incremento della concentrazione di nitrati rispetto all'ammoniaca: la ragione potrebbe essere ricercata nel fatto che nel trasporto dei liquami lungo la rete fognaria data la sua permeabilità all'aria e le velocità di trasporto dell'acqua costituiscano una condizione favorevole alla nitrificazione, processo aerobico e relativamente rapido.

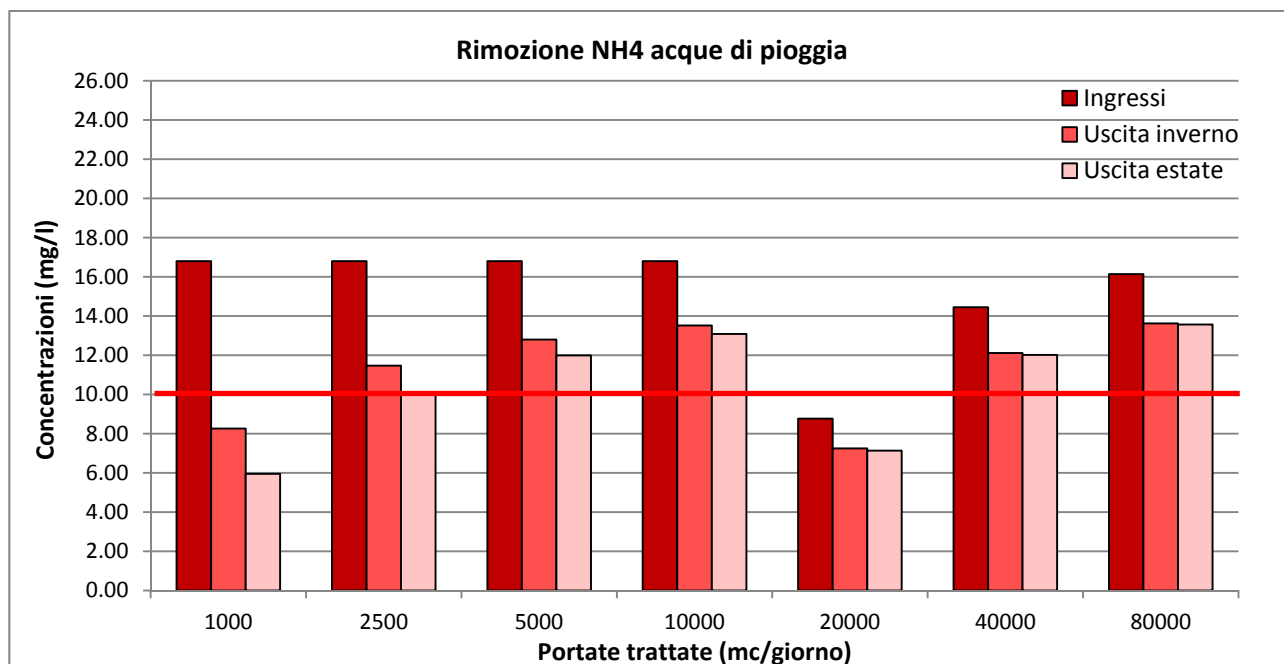


Figura 20 – Concentrazioni di NH₄ all'ingresso ed all'uscita del finissaggio per portate di pioggia

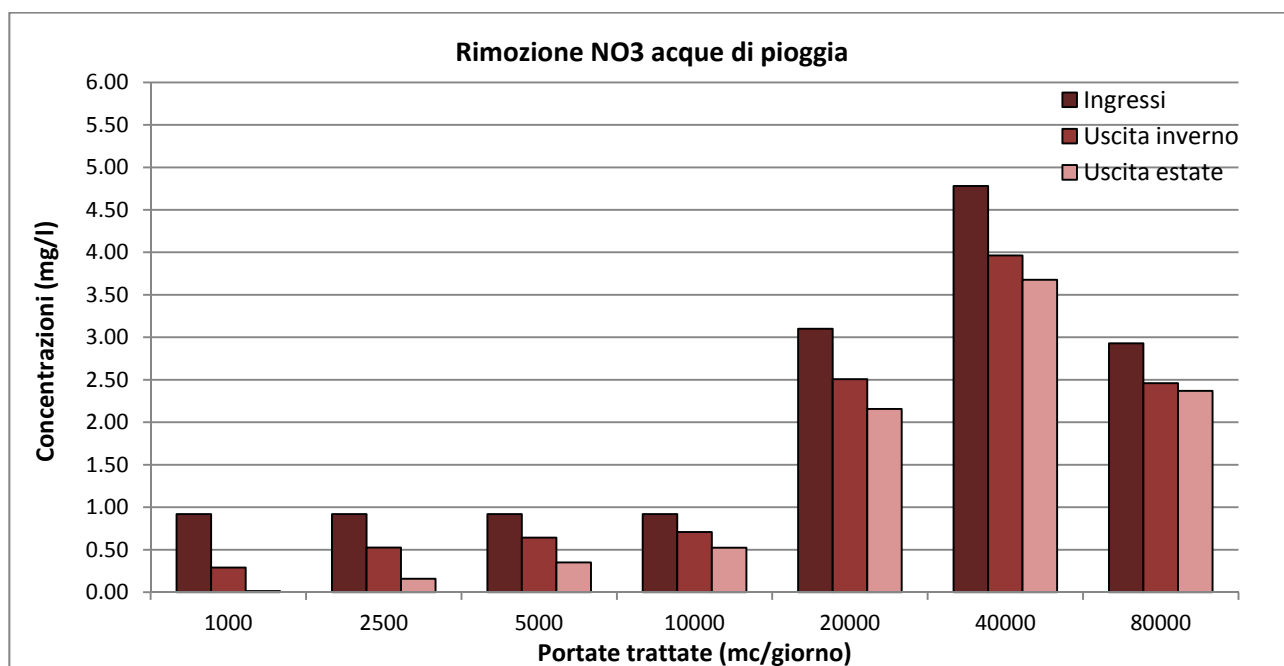


Figura 21 – Concentrazioni di NO₃ all'ingresso ed all'uscita del finissaggio per portate di pioggia

La denitrificazione richiede invece condizioni anossiche ed ha dinamiche più lente. Quindi si può ipotizzare che al prolungarsi degli eventi sfiorati nella rete siano favorite dinamiche di nitrificazione (con trasformazione di azoto organico ed ammoniaca in nitrati) mentre non riescano

a costituirsi condizioni idonee per la denitrificazione; questo causerebbe un aumento della concentrazione dei nitriti in corrispondenza di una diminuzione di ammoniaca.

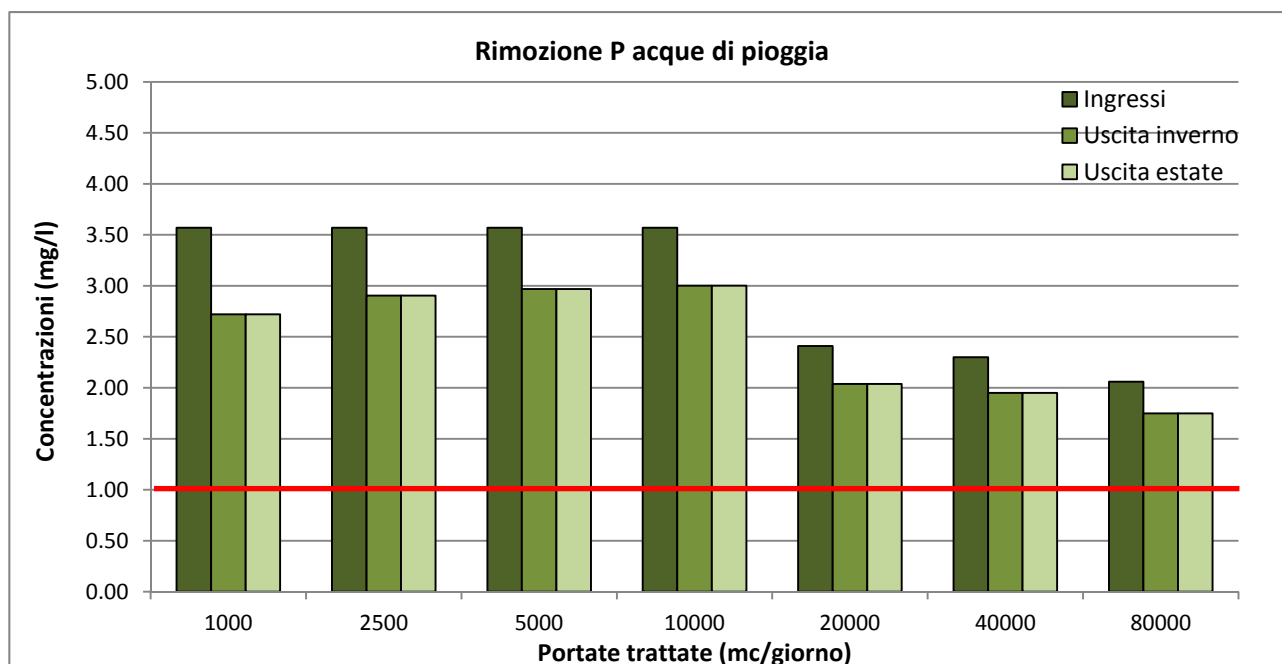


Figura 22 – Concentrazioni di P all’ingresso ed all’uscita del finissaggio per portate di pioggia

Infine per quanto riguarda il fosforo si può constatare che si riscontrano le stesse difficoltà di rimozione che si verificano negli impianti tradizionali. Gli abbattimenti sono migliori per portate basse ma il limite di emissione rimane sempre abbastanza lontano e quasi sempre doppiato.

È stato dichiarato in principio che i sistemi naturali hanno anche una funzione di disinfezione e di rimozione di alcuni metalli. Non sono state effettuate simulazioni al riguardo dal momento che non era disponibile una quantità consistente di dati sulla presenza di batteri e di metalli nelle portate sfiorate. Si riportano però alcune considerazioni sui rendimenti desunti dalla letteratura e dagli studi specifici.

Per quanto riguarda il potere di rimozione della carica batterica si riporta l’andamento della legge illustrata alle pagine seguenti. Come si può osservare essa dipende moltissimo dalla stagionalità e rimozioni interessanti si possono ottenere solo per tempi di residenza superiori al giorno, nel qual caso si avrebbe un abbattimento della carica compreso tra il 30 e il 70%. I rendimenti invernali, per i tempi di residenza considerati, difficilmente supereranno il 70%, mentre quelli estivi possono superare anche il 90%.

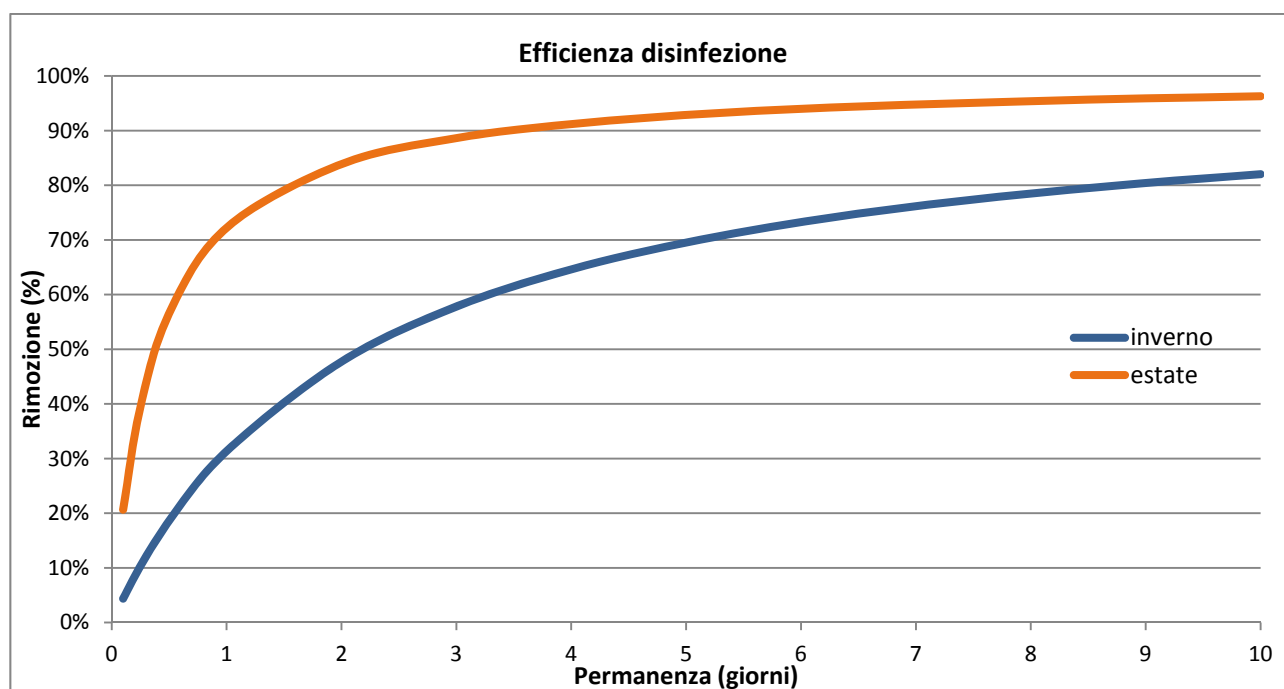


Figura 23 – Rimoziioni percentuali dei batteri (coliformi fecali)

Per quanto riguarda la capacità di rimozione dei metalli si riportano alcune considerazioni da uno studio di Stephen Norton (Iowa State University).

Ci sono alcuni metalli che sono necessari per la crescita di piante e animali, ma questi sono in quantità molto piccole; questi nutrienti includono rame, selenio e zinco.

Alcuni di questi micronutrienti sono tossici ad alte concentrazioni mentre altri metalli possono essere tossici anche a basse concentrazioni. Tra questi ultimi ci sono cadmio, mercurio e piombo che si trovano di solito nelle acque reflue industriali. Di questi metalli tossici non si conoscono benefici anzi possono portare a rischi per la salute negli esseri umani.

La rimozione dei metalli nelle zone umide utilizzate per il trattamento delle acque reflue può avvenire per assorbimento diretto da parte delle piante, per adsorbimento da parte del suolo di e per precipitazione. La capacità delle piante di assorbire metalli dipende dal tipo di pianta e di metallo. Ci sono alcuni tipi di piante che sono in grado di immagazzinare grandi quantità di metalli nella biomassa vegetale e nelle sue radici (DeBusk, 1999b). Una di queste è la lemna nota per accumulare grandi quantità di cadmio, rame e selenio. I metalli che passano dalla radice tendono ad accumularsi sulla struttura della radice invece di essere assorbiti dalla pianta. Gli stessi suoli delle wetland sono altri serbatoi che possono intrappolare i metalli. metalli come il cadmio, il rame, il nickel, il piombo e lo zinco formano composti insolubili quando interagiscono con solfuri in



*condizioni anaerobiche nei terreni a contatto con le acque reflue trattate nelle zone umide. Questo minimizza la capacità di questi metalli a risolubilizzarsi in condizioni anaerobiche. Attraverso un processo chiamato chemisorbimento metalli come cromo, rame, piombo e zinco possono formare complessi chimici forti con il materiale organico che è presente nel terreno e nell'acqua. Inoltre, il cromo e metalli come metalli e rame possono legarsi chimicamente ad argille ed ossidi e sedimentare (EPA, 1999). In uno studio condotto da MA Maine è stato studiato l'assorbimento di metalli in una zona umida che contiene diverse specie vegetali. La zona umida era costituita per l'80 per cento di copertura da *Eichhornia crassipes* (giacinto d'acqua), 14% di copertura da *Typha domingensis* (tifa), e 4% da *Panicum elephantipes* (elefante panicgrass). Una zona umida siffatta ha rimosso l'86% di cromo e il 67% di nichel. La concentrazione di zinco è stato inferiore a 50 microgrammi per litro nella maggior parte dei campioni. La precipitazione di solfuro di ferro ha contribuito a ridurre il contenuto di ferro del 95 per cento. Una zona umida più grande ed una più piccola sono stati testati allo scopo ed è stato osservato come i metalli in quella più grande sono stati trattiene dalle macrofite mentre nella più piccola dai sedimenti (Maine et al., 2006). Le zone umide sono dunque promettenti sistemi per la rimozione dei metalli, ma ulteriori ricerche sono necessarie in questo settore.*

3.3.2 Meccanismi secondari e facoltativi per la rimozione di nutrienti e metalli

Nella trattazione delle cinetiche di rimozione degli inquinanti non sono state considerati alcuni aspetti che possono contribuire in maniera non prevedibile ma positiva alla rimozione di parte degli inquinanti.

Il contributo del pretrattamento non è stato considerato nelle cinetiche di rimozione ma potrebbe contribuire, per quanto in misura marginale, alla sedimentazione dei solidi più grossolani (ghiaia, sabbia e altri solidi) ed alla flottazione di quelli più leggeri (oli e materiale vegetale).

Nel trattamento primario, a causa della sua profondità e della permanenza dei fanghi sul fondo (più o meno prolungata) potrebbero verificarsi condizioni anossiche che favorirebbero processi di denitrificazione, non considerati nella trattazione precedente, che aumenterebbero i rendimenti di rimozione dei nitrati.

Il trattamento secondario è stato assimilato ad un sistema FWS semplice mentre in realtà, essendo costruito in un ambiente di bosco umido che verrà migliorato ed arricchito, grazie alla presenza



della vegetazione arborea igrofila e del soprassuolo di bosco fornirebbe ulteriori contributi soprattutto nella rimozione di azoto e fosforo. L'utilità delle piantagioni boschive nella rimozione dei nutrienti provenienti dalle acque reflue o per l'assorbimento dell'inquinamento organico diffuso è ormai dimostrata e consolidata e numerose sono le esperienze di impianti cosiddetti SFF (Sistemi Filtro Forestali) ed AFF (Aree Filtro Forestali).

3.4 ASPETTI GESTIONALI

3.4.1 Alimentazione del sistema

La regola di gestione del sistema di finissaggio dovrà garantire il suo funzionamento ottimale. Il gestore avrà a disposizione i dati sui rendimenti attesi dal sistema e sulle portate idraulicamente compatibili per attuare nella massima consapevolezza le manovre necessarie al raggiungimento degli obiettivi prefissati e la conservazione dell'habitat che costituisce l'unità di trattamento secondario.

In condizioni di tempo secco il gestore può variare la portata in ingresso al sistema di finissaggio proveniente dall'ultimo stadio di depurazione da 0 ad 80.000 mc/giorno, per quanto è stato osservato come per un rendimento ottimale, più che soddisfacente e non superfluo, considerando la qualità raggiungibile dal fiume Lambro, una adeguata portata media sia di circa 5.000 mc/giorno, pari a circa il 10% della portata trattata dal depuratore.

Il gestore potrà anche valutare la quantità di effluente da depurare a seconda delle portate defluenti a Lambro in particolari circostanze, ovvero optare per il finissaggio di una maggiore quantità di effluente (considerando che la capacità massima è di 80.000 mc/giorno, ed in condizioni di tempo secco la portata trattata è di circa 43.000 mc/s) a scapito del rendimento percentuale che comunque, per concentrazioni basse come quelle dello scarico depurato, sono meno significative delle rimozioni assolute, mentre potrà profittare delle condizioni di morbida del fiume per indurre l'asciutta nell'unità di trattamento secondaria.

La simulazione effettuata per il calcolo dei carichi sottratti all'ambiente acquatico ha messo in mostra come sia possibile interrompere l'adacquamento dell'unità secondaria per circa 60 giorni all'anno: questa operazione sarebbe anzitutto auspicabile per la salute dell'habitat che pur essendo acquatico necessita anche di periodi di asciutta.



In previsione di un evento di pioggia l'operatore potrà svuotare la vasca del trattamento primario attraverso lo scarico di fondo al fine di accumulare la massima quantità di acqua di pioggia e consentire così anche un'omogeneizzazione delle concentrazioni in arrivo. Al manifestarsi dell'evento piovoso esso può superare la capacità di invaso regolato della vasca ed attivare autonomamente, attraverso l'alimentazione diretta dallo sfioro del depuratore, la serie di stramazzi successivi nelle vasche e nei canali del trattamento secondario. Qualora invece il volume di pioggia non riesca a riempire la capacità predisposta dall'operatore questi ha la possibilità di immettervi portate depurate al fine di attivare gli sfiori verso il trattamento secondario o, in alternativa, decidere, prima di attivare lo stadio di fitodepurazione, di trattenere in condizioni statiche il volume per qualche tempo ed indurre in tal modo una sedimentazione più spinta nonché alcuni processi di digestione, che tenderanno più all'anaerobiosi se verranno mantenute condizioni assolutamente statiche, più all'aerobiosi se verrà introdotta la portata depurata.

Una volta attivata l'unità secondaria il gestore avrà la possibilità di decidere il tempo di permanenza attraverso la somministrazione di quantità maggiori o minori di portate depurate.

3.4.2 Manutenzione del sistema

3.4.2.1 Strutture di adduzione

Le strutture che regolano l'adduzione delle portate e lo sfioro di quelle di supero dovranno essere mantenute con cadenza trimestrale o dopo eventi meteorici di particolare intensità allo scopo di mantenere in efficienza le soglie di sfioro e di alimentazione del sistema di finissaggio.

3.4.2.2 Pretrattamenti

Occorrerà prevedere il periodico svolgimento delle seguenti operazioni:

- pulizia delle griglie dai corpi solidi;
- rimozione delle sabbie sedimentate sul fondo della vasca;
- rimozione degli olii flottati nella canaletta di raccolta.

Tali operazioni andranno effettuate con frequenza trimestrale e dopo ogni evento meteorico di particolare intensità. Si suggerisce di effettuare anche controlli visivi settimanali.



3.4.2.3 Organi di carico, scarico e sfioro della vasca di trattamento primario

Occorrerà prevedere il periodico svolgimento delle seguenti operazioni:

- pulizia della cameretta di carico della vasca e delle relative valvole a clapet;
- pulizia dello scarico di fondo attraverso uno svaso rapido programmato ed eventuale rimozione di sedimenti all'uscita del condotto in Lambro;
- pulizia delle canalette di sfioro perimetrali alla vasca di sedimentazione che alimentano l'unità secondaria;
- pulizia della soglia e dello scivolo di troppo pieno della vasca di sedimentazione.

Tali operazioni andranno effettuate con frequenza trimestrale e dopo ogni evento meteorico di particolare intensità. Si suggerisce di effettuare anche controlli visivi settimanali.

3.4.2.4 Raccolta e smaltimento fanghi

Occorrerà stabilire le modalità di recupero e smaltimento dei fanghi prodotti nell'unità primaria.

La tempistica sarà dettata da due fattori:

- dal rischio che la presenza prolungata di fanghi sul fondo possa generare fastidiosi odori dovuti alla digestione anaerobica;
- dal rischio che l'accumulo sul fondo possa avvicinarsi alla quota dello scarico fino a indurre una fuoriuscita di fango in concomitanza con le manovre di pulizia dell'organo o, peggio, comprometterne la funzionalità.

A seconda della frequenza di rimozione si potrà optare per la posa di tubazioni fisse sul fondo alle quali collegare una serie di pompe per estrarre i fanghi liquidi durante le operazioni di svuotamento della vasca oppure, qualora si ritenesse che sia sufficiente una frequenza più blanda, potrebbe bastare calare all'occorrenza e di volta in volta un tubo collegato ad un'autoclave per la loro aspirazione.

A titolo puramente indicativo si fa presente che, sulla base della simulazione effettuata, a fronte di una produzione di soli solidi sospesi di circa 75 t/anno, se ne possono ricondurre al primario non meno di 45 t/anno, che corrisponderebbero ad una produzione media di circa 130 kg/giorno. In realtà la produzione ha un andamento molto variabile che durante i forti eventi meteorici può



raggiungere picchi di 1 t/giorno e durante i periodi di alimentazione da effluente depurato è ridotto a 5 kg/giorno.

Per lo smaltimento dei fanghi, una volta essiccati, si potrà valutare l'opzione di riutilizzarli a fini agricoli, dove la concentrazione di inquinanti (soprattutto metalli) lo consenta oppure demandarli in discarica o incenerirli nel vicino cementificio.

3.4.2.5 Manutenzioni del bosco umido

Per la manutenzione del bosco umido adibito ad unità di trattamento secondaria occorrerà eseguire le seguenti operazioni:

- sfalcio della vegetazione acquatica e terrestre arbustiva e rimozione dei materiali di risulta;
- alleggerimento, potatura e taglio delle specie arboree con rimozione dei materiali di risulta;
- riprofilatura dei percorsi d'acqua.

La prima operazione dovrà essere effettuata 1-2 volte l'anno. La seconda 1 volta ogni 10 anni; la terza 1 volta all'anno.

A causa della sensibilità dell'ecosistema umido e della portanza dei terreni imbevuti d'acqua le lavorazioni dentro il bosco non potranno essere assistite da macchine. L'unica pista di accesso laterale costituirà il punto di accumulo del materiale che potrà essere poi trasportato fuori con un autocarro.



4. RELAZIONE GEOLOGICA

(Il presente capitolo è stato redatto per sintesi dello studio geologico – idrogeologico – sismico elaborato da REA (Ricerche Ecologiche Applicate) a supporto del PGT di Merone.)

Il territorio brianzolo è compreso, dal punto di vista geografico, tra le Prealpi meridionali a Nord, il fiume Adda ad Est e grosso modo il corso del fiume Seveso ad Ovest.

Il suo limite inferiore giace a circa 150 m sul livello del mare all'altezza di Monza mentre quello superiore supera di poco gli 800 m con il monte Crocione e il San Genesio sopra Colle Brianza. I principali elementi geografici di questo territorio sono i quattro laghi rispettivamente di Annone, di Pusiano, di Alserio e di Montorfano, l'asse vallivo del fiume Lambro con le piccole valli laterali di alcuni suoi affluenti di sinistra e i due rilievi principali di Montevecchia e del S. Genesio oltre alle modeste colline glaciali che sfumano via via verso la pianura monzese.

I centri abitati più importanti sono Monza, Cantù ed Erba ed essi racchiudono una delle aree più popolate e industrializzate d'Italia e forse d'Europa.

4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELLA BRIANZA

Fino a 250 milioni di anni fa (quindi nel Permiano) l'area corrispondente alla zona brianzola era emersa, come oggi, ma con un clima molto caldo ed umido.

Con il Triassico (tra i 250 e i 200 milioni di anni fa) tutta l'area delle Alpi meridionali fu invasa dal mare. Si formarono così scogliere e piattaforme carbonatiche tra loro separate da piccoli bacini marini.

Le rocce Triassiche delle Prealpi lombarde costituenti gruppi montuosi (come le Grigne, l'Arera, la Presolana, il Resegone e l'Aben) si sono formate in gran parte in zone tropicali e in ambienti di questo tipo: sono quindi piattaforme carbonatiche e scogliere coralline fossili.

Con l'inizio del Giurassico (circa 150 milioni di anni fa) si ebbe un drastico cambiamento, sia in termini fisiografici sia climatici, pertanto sedimentologici, in connessione con l'apertura dell'Oceano Atlantico che portò alla separazione tra Europa e Americhe e con l'allargamento del mar della Tetide posizionato tra Africa ed Eurasia.

Nel Cretaceo Superiore-Terziario (da 95 a 1,8 milioni di anni fa) sia il tipo di sedimentazione sia il contesto tettonico (cioè l'assetto strutturale a grande scala) mutarono nuovamente a causa dell'avvicinamento dell'Africa all'Europa, con movimenti compressivi che portarono alla nascita



delle Alpi e degli Appennini. Così, mentre a nord si ebbe la formazione embrionale dell'arco alpino, l'area corrispondente alla Brianza e alla pianura padana si delineò come fossa che sprofondò per migliaia di metri e venne colmata dai prodotti di erosione delle terre circostanti appena emerse. È specialmente verso i 35 milioni di anni fa e poi nel Miocene superiore (tra gli 11 e i 5 milioni di anni fa) che l'area delle Alpi Meridionali lombarde e quelle limitrofe furono massicciamente coinvolte nel corrugamento.

Alla fine del Miocene nel Mediterraneo si giunse a una situazione idrologica chiusa (interruzione delle comunicazioni con l'Atlantico) a cui seguì un forte abbassamento del livello marino. Nel Pliocene (meno di 5 milioni di anni fa), una volta ristabilitesi condizioni normali del livello marino, il mare padano fu riempito da sedimenti detritici tipo sabbie, argille, conglomerati provenienti da terre emerse in erosione.

Con il Quaternario (da 1,8 milioni di anni fa ad oggi) continuò la deposizione di sedimenti in mare e il Golfo Padano venne completamente colmato lasciando il posto alle terre emerse. Nel Quaternario, a causa di forti ciclici deterioramenti climatici a scala mondiale, dai rilievi alpini scesero grandiose lingue glaciali.

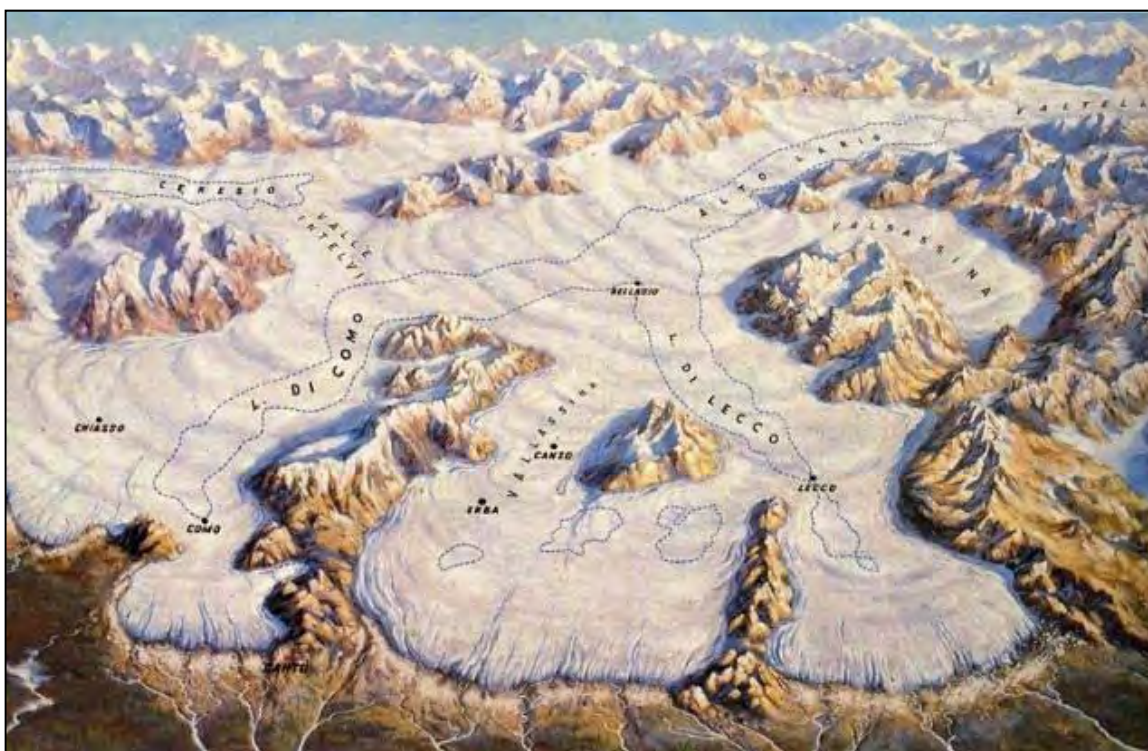


Figura 24: Rappresentazione grafica delle lingue glaciali del lago di Como, che nella parte meridionale hanno coinvolto e modellato anche la Brianza (Giorgio Acherman, Gruppo Naturalistico della Brianza)



Vi furono ripetute avanzate e ritiri dei ghiacciai e oggi nel territorio brianzolo si possono osservare le tracce di tre importanti glaciazioni:

- fase glaciale Mindelliana (da 800.000 a 500.000 anni fa) ;
- fase glaciale Rissiana (da 500.000 a 127.000 anni fa);
- fase glaciale Wurmiana (da 75.000 a 10.000 anni fa).

Testimonianze di queste invasioni glaciali sono i caratteristici depositi e i numerosi cordoni morenici a morfologia collinare sparsi per tutta la Brianza.

Nessun lobo glaciale arrivò però fino al luogo su cui sorge Monza; il lobo che più si approssimò fu quello che depose alla sua fronte quel cordone morenico i cui resti sono ancora ben evidenti a Camparada di Lesmo (attribuibile alla glaciazione Mindelliana), cioè a una distanza di circa 3,5 km dai punti più settentrionali del comune di Monza.

Contemporaneamente e successivamente a ciascuna delle grandi invasioni glaciali, corsi d'acqua che scendevano impetuosi dalle Alpi e dalle Prealpi depositarono le loro ghiaie e sabbie. Si formò in tal modo un materasso di sedimenti alluvionali che costituisce la parte più superficiale della pianura della bassa Brianza.

Gli unici territori a non essere interessati dal glacialismo furono la parte alta della collina di Montecvecchia e il rilievo del San Genesio sopra l'abitato di Colle Brianza costituiti da rocce dure e preesistenti all'arrivo dei ghiacciai.

Gli anfiteatri morenici della Brianza. I depositi più antichi riconoscibili, attribuiti tradizionalmente alla glaciazione "Mindel", sono anche quelli più vicini a Monza: il lobo glaciale che più si è avvicinato all'area monzese è quello che ha deposto la cerchia morenica di Camparada. Contemporaneamente alle espansioni glaciali i sedimenti portati dai numerosi corsi d'acqua costruivano le pianure fluvioglaciali.

Oltre ai depositi glaciali superficiali e quindi ai depositi incoerenti o sciolti, in Brianza si rinvennero anche alcune formazioni rocciose. In particolare abbiamo:

- la formazione del "Ceppo" o conglomerato della valle del Lambro;
- le formazioni arenacee e marnose rientranti nel gruppo della Gonfolite.
- le formazioni marnoso-argillose e carbonatiche, tipo la Scaglia Lombarda e la Maiolica.

Il Ceppo del Lambro è un classico conglomerato costituito da clasti prevalentemente di origine sedimentaria a cui si associano graniti e gneiss e che ne costituiscono l'ossatura, e da matrice che fa da legante tra i vari elementi litoidi.



Questa formazione affiora lungo tutto il corso del fiume Lambro ed in particolare a Realdino nei pressi di Carate Brianza, dove ha dato luogo alle grotte omonime.

Le formazioni arenacee, invece, non sono altro che il prodotto della cementazione e della litificazione delle sabbie marine e dal punto di vista geologico sono quindi la prova che una volta la Brianza era occupata da un braccio del mare Adriatico; questa roccia indica infatti un ambiente sedimentario dato da un bacino marino abbastanza profondo (dai 500 ai 1000 m di profondità). Oltre al Ceppo ed alle formazioni arenacee bisogna ricordare anche la Scaglia Lombarda. Quest'ultima è una tipica roccia sedimentaria marnoso-carbonatica e cioè costituita da argille e carbonato di calcio e la sua formazione deve essere avvenuta in ambiente di mare aperto abbastanza profondo. In Brianza essa affiora intorno al lago di Pusiano, sulla collina di Montevecchia e lungo la superstrada Milano-Lecco e viene spesso utilizzata per la produzione di cemento.

4.2 GEOLOGIA E MORFOLOGIA

4.2.1 Quadro delle conoscenze consolidate

Nel vecchio Foglio geologico Como della Carta Geologica d'Italia, che data al 1937, il territorio di Merone, Rogeno, e giù in Brianza fino a Bulciago ed oltre, è caratterizzato da ampi affioramenti di rocce clastiche prevalentemente grossolane (areniti e conglomerati) attribuite in passato al cd "Piano di Sirone" (De Alessandri), con sigla C2a. A questo flysch (deposito pelagico generato da ripetute correnti di torbida di materiali terrigeni derivati da smantellamento di rilievi emersi), ne veniva fatto seguire un secondo, più marnoso, detto "Piano di Brenno", che però non veniva segnalato in affioramento. Compagno invece, a sud di Brenno, zone con, probabilmente "scaglia Rossa" (eo). Questi materiali cretaceo-eocenici, risultano alternati nelle valli e piane interne a depositi alluvionali (a1). Lungo e attorno al Lambro, nella zona di Lurago e Lambrugo, abbondano le rocce conglomeratiche del Ceppo (q1c). I materiali di origine glaciale sono segnalati, con abbondanza, solo ad ovest del Lambro (mo). E' una interpretazione che, come si sa, privilegia la descrizione dei materiali litoidi dei substrati geologici "prequaternari", anche quando non visibili in superficie perché sepolti sotto coltri anche significative di materiali sciolti o cementati più recenti.

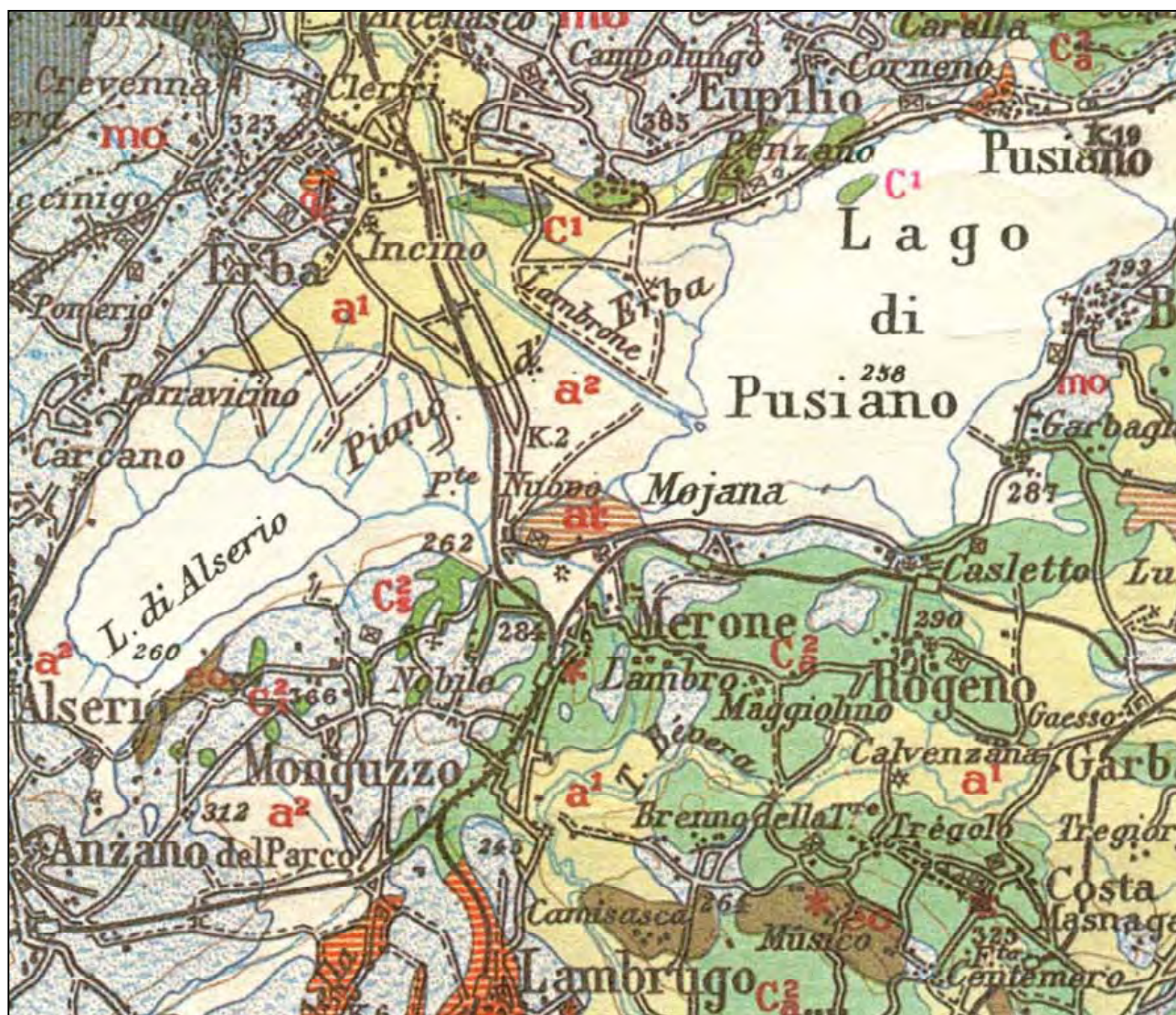


Figura 25: Stralcio della Carta Geologica d'Italia del 1937

Un quadro assai più aggiornato della situazione geologica generale è ricavabile dalla Carta Geologica della Lombardia, pubblicata da Servizio Geologico Nazionale, Regione, Università e CNR nel 1990. Si trattava di un lavoro di assemblaggio di molti contributi, riportato su tavole al 100K e purtroppo stampato solo alla scala 1:250K.

Considerata la scala, si può solo rilevare che gli affioramenti di rocce litoidi prequaternarie, meno diffusi rispetto alla precedente interpretazione, sono rappresentati da due tipi principali, cioè la “Scaglia lombarda” (Cretaceo sup. – Eocene inf.) (verdino pieno Fm.21) e la “Arenaria di Sarnico” (22b – verdino con puntinato rosso). Queste rocce corrispondono, nel primo caso, alle rocce marnose del Piano di Brenno, e nel secondo, a quelle più arenitiche del Piano di Sirone. Tra i materiali del Quaternario, la carta riporta attorno al colle di Monguzzo e lungo il Lambro il

“Ceppo” in facies conglomeratiche prevalentemente. Altrove sono presenti depositi alluvionali e materiali glaciali, in questo caso segnalati anche ad est del Lambro. Infine la carta distingue diffusi depositi lacustri limo-argillosi olocenici (tratteggio orizzontale) dai materiali di deposizione alluvionale (bianco).



Figura 26: Stralcio della Carta Geologica della Lombardia del 1990

4.2.2 Geologia dei substrati

Gli affioramenti di Scaglia, in facies calcareo marnosa, ma con strati talvolta più decisamente marnosi o leggermente siltitici giallastri, grigia, biancastra o decisamente rossastra (Cavolto), sono visibili tipicamente ed ampiamente esposti alle cave di Baggero, attorno ai laghi di Cavolto, in giaciture ondulate e anche molto inclinate e contorte con fenomeni di collasso gravitativo di grossi pacchi rocciosi.



Gli altri affioramenti rinvenibili si trovano subito a fianco della sede ferroviaria lungo la scarpata incisa del colle del cementificio a sud della stazione ferroviaria e in Valle del Lambro a monte e a valle del ponte de “Il Maglio”, lungo la scarpata di valle su una altezza di diversi metri e per una lunghezza di circa 350 m. A fianco della scarpata, la roccia è ben visibile sul fondo del fiume, per un tratto che va dalla traversa del Maglio a dove la valle si allarga leggermente. Gli strati sono molto inclinati, diretti E-O o ENE-OSO, quasi perpendicolari al flusso della corrente, così da dare origine a evidenti ondulazioni del flusso idrico e a rapide che, con portate consistenti, producono un effetto spettacolare e insolito per il Lambro.

Altri piccoli affioramenti di calcare marnoso sono in realtà rinvenibili lungo il fiume, alla base del versante sinistro, dove la scarpata principale della valle si avvicina al corso d'acqua ed è leggermente incisa da questo, più o meno all'altezza di C.na Boscaccio.

Potrebbero essere attribuiti ancora alla Scaglia oppure potrebbe trattarsi di Flysch di Bergamo, qui rappresentato da strati marnoso-siltosi o leggermente sabbiosi.

Ad est del Lambro, dunque, come si vede nelle carte precedenti, i limitati affioramenti rocciosi dovrebbero essere preferibilmente attribuiti al Flysch di Bergamo, come sopra descritto, stratigraficamente sottoposto alla Scaglia e riferibile al Cretaceo Superiore (Campaniano-Santoniano). La sua alterazione è più accentuata che nel caso della Scaglia e il suo aspetto più giallastro. Secondo i rilievi del CARG si tratta di una facies peculiare del Flysch di Bergamo collocata in posizione sommitale rispetto alla formazione, “tanto da rappresentare una sorta di unità di transizione al soprastante Piano di Brenno (o Formazione di Brenno in Tremolada et. Al., 2008 – Riv.It.Pal. Strat.) che a sua volta rappresenta l'unità basale della “Scaglia Lombarda” Auct.” (comunicazione diretta D.Sciunnach, Regione Lombardia).

Le situazioni con roccia subaffiorante, cioè roccia a 1-3 metri circa dalla superficie, sono invece assai diffuse soprattutto ad ovest del Lambro. In questa zona, il calcare marnoso della Scaglia è rinvenibile a piccola o piccolissima profondità alla sommità e lungo i versanti di tutto il colle della zona residenziale recente di Merone, ad est della stazione ferroviaria. Ciò capita in particolare lungo le scarpate molto acclivi che delimitano il colle verso nord-ovest e in tutte quelle situazioni dove il suolo e il materiale detritico-colluviale superficiale sono intaccati da scavi e scassi per infrastrutture ed edificazione. Si veda attualmente nello spazio di fronte alla stazione o in corrispondenza di alcuni edifici in costruzione sul lato sud-est del colle. Roccia subaffiorante è del resto segnalata a scarsa profondità dai sondaggi esplorativi eseguiti a vari scopi sul colle.



Calccare marnoso subaffiorante viene segnalato anche sui due colli a sud e nord degli edifici principali del cementificio. In particolare il colle a sud, in gran parte esterno al limite amministrativo di Merone, è costituito da roccia marnosa, intaccata da scavi minerari relativamente recenti.

Si considera, inoltre, che tutte le scarpate più acclivi della valle del Lambro presentino limitate coperture detritiche e roccia a scarsa profondità.

Una situazione che dovrebbe ritrovarsi su tutta l'area dei colli di Rogeno, il Maggiolino e C.na Antonietta, al limite est e sud-est del territorio comunale, anche se, in questo caso, con materiali litoidi marnoso-arenitici da riferire, come in precedenza specificato, al Flysch di Bergamo.

Naturalmente anche le altre porzioni collinari del territorio considerato, in particolare l'area di Moiana, il colle di C.na Specola e C.na Alpe, e le zone ondulate a sud di questo, presentano nuclei in roccia, ma le coperture detritiche prevalentemente glaciali presentano spessori abbastanza significativi, comunque superiori ai 3-5 metri. Si noti, ad esempio, che il substrato roccioso è stato rinvenuto in sondaggio in corrispondenza dell'impianto sportivo di via Crispi, a sud della stazione di Moiana in una zona di raccordo tra due colli, a circa 12 m di profondità. Calccare marnoso è stato rinvenuto a 5 metri di profondità, anche in un recente sondaggio realizzato a livello lago, presso l'edificio dell'"incastro" del cavo Diotti.

Non è escluso, tra l'altro, che si possa rinvenire, in questa zona, un substrato costituito da banchi calcarenitici della Arenaria di Sarnico di cui è possibile trovare tracce in blocchi alla base di alcune scarpate. Litologie riferibili a questa formazione sarebbero state, inoltre, incontrate da un sondaggio effettuato in sinistra Lambro, presso la via Isacco; cosa che confermerebbe l'ipotesi che ad est del fiume i substrati non sarebbero sempre costituiti da Scaglia, ma anche dalle formazioni ad essa sottoposte stratigraficamente, con giacitura molto inclinata rivolta a sud e disposte da nord a sud in successione normale.

Le sezioni riportate di seguito, adattate da rilievi inediti AGIP, possono dare una idea della struttura geologica del substrato roccioso, sostanzialmente rappresentata da una monoclinale immersa a sud, con una superficie di discontinuità che mette in contatto unità cretacee della serie con gli ampi affioramenti di Scaglia cretaceo-eocenica più recente. La Scaglia di Cavolto, Brenno e delle aree più a sud presenta comunque giaciture molto più varie, ondulate, piegate e disturbate.

Una prima struttura sinclinalica compare all'altezza di Brenno della Torre e una ad anticlinale evidente più a sud, all'altezza di Tabiago.

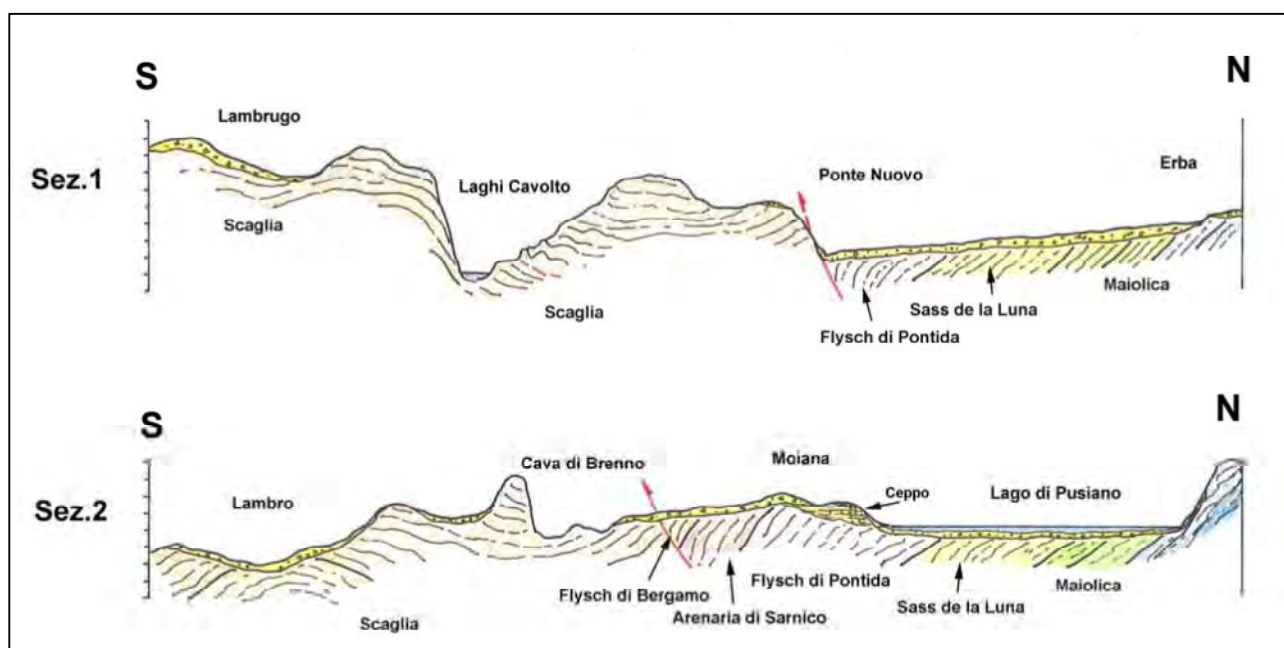


Figura 27: Sezioni geologiche N-S

4.2.3 Natura e forma dei depositi quaternari e note di idrogeologia

La natura dei materiali quaternari che rappresentano la copertura detritica dell'area sono ascrivibili in generale ad una genesi di ambiente glaciale, fluvioglaciale ed eventualmente glaciolacustre nelle aree intracollinari. Nelle aree piane si riconoscono invece sedimenti di genesi alluvionale e propriamente lacustre.

I materiali glaciali più tipici sono rappresentati da depositi molto eterogenei, piuttosto limosi con trovanti di dimensioni significative ($>1/2 \text{ m}^3$), non sempre associati a forme di deposito caratteristiche o ben conservate.

Le facies glaciali a trovanti sembrano collegarsi, come logico, alle forme più espresse, ma ciò non appare sempre vero; e comunque esiste una ampia area ondulata (vedi in 1.2.4), a morfologia localmente subpianeggiante e drenaggio rallentato che si sviluppa a sud di Moiana, tra gli alti morfologici di C.na Alpe e del colle di Rogeno. Questa area, di materiali fluvioglaciali intermorenici, con al margine tratti di accumulo colluviale e materiali molto pietrosi, presenta terreni localmente scuri e umidi ed è solcata dalla roggia detta "della Moiana", con varie linee di drenaggio secondarie. Va a scaricare le sue acque, approfondendosi nettamente dopo la località "Maggiolino", nella Bevera, all'altezza dell'area delle cave di Brenno.

I depositi più tipicamente alluvionali, non sempre agevolmente separabili da quelli lacustri e fluviolacustri, interessano invece i fondovalle di Lambro e Bevera a sud dell'area lacuale, che qui si



intende comprensiva di tutte le aree piane edificate e quelle industriali di Ponte Nuovo, con la esclusione dell'area di competenza del conoide di Erba.

Non sono molte le informazioni sulla natura dei materiali geologici delle alluvioni del Lambro nel tratto più stretto di valle, fino allo sbocco nella piana di Baggero, salvo quanto desumibile dalla osservazione diretta superficiale.

Nell'area di Baggero, invece, dove la piana valliva si amplia notevolmente, si dispone di alcune informazioni sul sottosuolo ricavate da sondaggi e prove geotecniche. Da esse si deduce che i materiali alluvionali sono fini per qualche metro e poi, oltre 5-7 m più grossolani, mentre la falda idrica è molto prossima alla superficie.

Di deposizione alluvionale è anche il grande delta-conoide di deiezione di Erba che vede la sua parte distale prolungarsi verso sud fin quasi al percorso della Roggia Gallarana. I materiali del conoide sono decisamente più grossolani di quelli circostanti, sostanzialmente ghiaioso-sabbiosi, di potenza pari a circa 40 m inizialmente, poi sempre più sottili al margine sud, anch'essi caratterizzabili nel sottosuolo grazie ad alcune prove esplorative.

Infine, una gran parte del territorio comunale è costituito da sedimenti lacustri o fluvio-lacustri, corrispondenti alle aree piane prelacuali a nord dell'abitato e a Ponte Nuovo.

A Merone sono segnalati depositi sabbiosi, limo-argillosi e torbosi sia, più estesamente, nell'area tra i laghi di Alserio e Pusiano, sia nella piana di Baggero e aree più a sud. I materiali della Valle della Bevera, nella figura associati a quelli della piana, sono invece rappresentati da granulometrie più grossolane.

Questi sedimenti sono dunque prevalentemente argilloso-limosi o limo-sabbiosi, talvolta varvati, legati a sedimentazione in bacini lacustri sin e post-glaciali, di cui oggi rimane memoria nei laghi briantei di Alserio e Pusiano-Annone.

In queste zone pianeggianti l'acqua è comunque abbondante, sia perché in connessione con quella dei laghi e proveniente dal Piano d'Erba e dai suoi fontanili, sia per il drenaggio operato a spese dei colli circostanti e l'accumulo in bacini in grado di sostenere falde idriche locali. La falda freatica è infatti sempre prossima al piano campagna, sia nella zona dei laghi a nord dell'abitato, sia nella piana di Baggero (1-2 metri di soggiacenza).

Naturalmente si tratta di una falda locale, dovuta, come detto alla scarsa permeabilità dei depositi fluvio-lacustri, soggetta facilmente ad alterazione e non in grado di fornire portate idriche utili.

Questo fatto, unito alla presenza, nelle parti collinari del Comune, di coperture detritiche non particolarmente potenti e substrati anch'essi poco permeabili, rende il territorio di Merone poco ricco di acque dolci sotterranee che, infatti, vengono reperite con pozzi esterni al confine comunale e ubicati sostanzialmente nell'area a monte di Pontenuovo e nel conoide di Erba, quest'ultimo, invece, molto ricco d'acqua e molto produttivo.

Questa situazione appare abbastanza evidente dalla analisi delle due sezioni idrogeologiche riprodotte di seguito e che tagliano il territorio comunale da nord a sud, all'altezza di Pontenuovo, e da est ad ovest, poco a monte della frazione di Baggero.

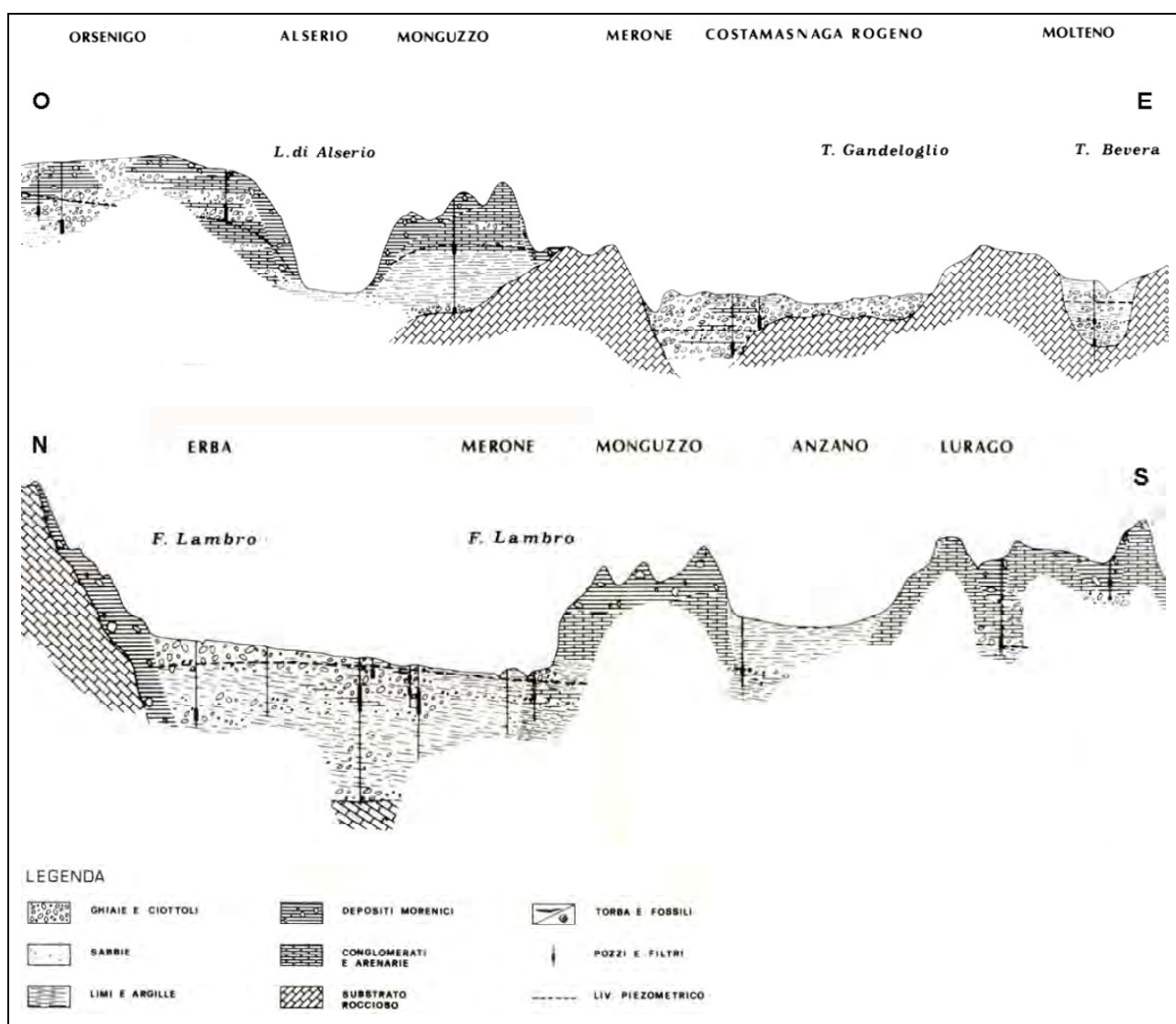


Figura 28: Sezioni idrogeologiche E-O e N-S



Le sezioni (da G.P.Beretta, E.Denti, V.Francani, P.Sala, 1984) attraversano e rappresentano prevalentemente i terreni quaternari ed evidenziano, senza differenziarne la natura, la presenza del substrato litoide prequaternario a profondità molto variabili e talvolta affiorante.

Nella prima sezione è evidente il grande delta-conoide di Erba, costituito da sabbie e ghiaie, con alcuni pozzi anche nella zona di Ponte Nuovo, dove peraltro lo spessore dei sedimenti grossolani si riduce di molto.

A Monguzzo, invece, alle sabbie e limi di facies Villafranchiana (cd “argille sotto il Ceppo”) e al conglomerato del Ceppo, seguono i depositi glaciali sommitali. Nella sezione E-O, ad est di Monguzzo emerge il substrato (Scaglia Lombarda ai laghi di Cavolto) e le piane alluvionali terrazzate del Lambro e della Bevera con pozzi idrici ubicati sul territorio di Costamasnaga.

Come già ricordato l’acqua di falda è molto prossima alla superficie a Ponte Nuovo, ma anche a sud di Baggero, dove invece apparirebbe, nella sezione, ad oltre 10-15 metri di profondità.

In questa complessa situazione idrogeologica, dove le aree produttive sono limitate agli alvei sepolti dei fiumi e/o ai depositi sciolti, alluvionali e glaciali, superficiali, lo studio dell’andamento spaziale della falda è complesso e circoscritto a poche aree.

Nel caso in oggetto, l’assenza di pozzi attualmente misurabili, collocati nel territorio di Merone, rende impossibile una aggiornata ricostruzione della superficie piezometrica. Del resto, anche in precedenti studi, compreso lo studio geologico 2001 per il PRG, non è stato possibile effettuare misure e valutazioni arealmente significative.

4.2.4 Elementi geomorfologici principali

Gli aspetti geomorfologici di maggiore rilevanza ed evidenza sono connessi con la conservazione dei bacini lacustri a nord dell’abitato e con le peculiari e varie caratteristiche della Valle del Lambro. Altrove, i fenomeni sono meno marcati e caratteristici (area est), oppure decisamente obliterati e alterati da un pesante intervento antropico.

Il rilevamento degli aspetti geomorfologici, come delle unità di paesaggio, è stato condotto tramite fotointerpretazione stereoscopica delle immagini colore scala 1:5000 circa – 2005, messe a disposizione del Comune di Merone, integrate dall’analisi di diverse altre immagini aeree, in genere di minor dettaglio (TEM1 Lombardia 1980, Lombardia b/n 1994, volo GAI 1954) e da carte storiche (serie storica Tavole IGMI, tavoletta Brenna 1846,...).

Nella Tav. 1 sono rappresentati, con opportuna simbologia riportata, forme, fenomeni e processi geomorfologici riconosciuti, compresi aspetti di dinamica idrologica, come più oltre descritti, e elementi più propriamente geologici (tipi di rocce affioranti e subaffioranti). Viene riportata la situazione particolare per l'area di interesse.

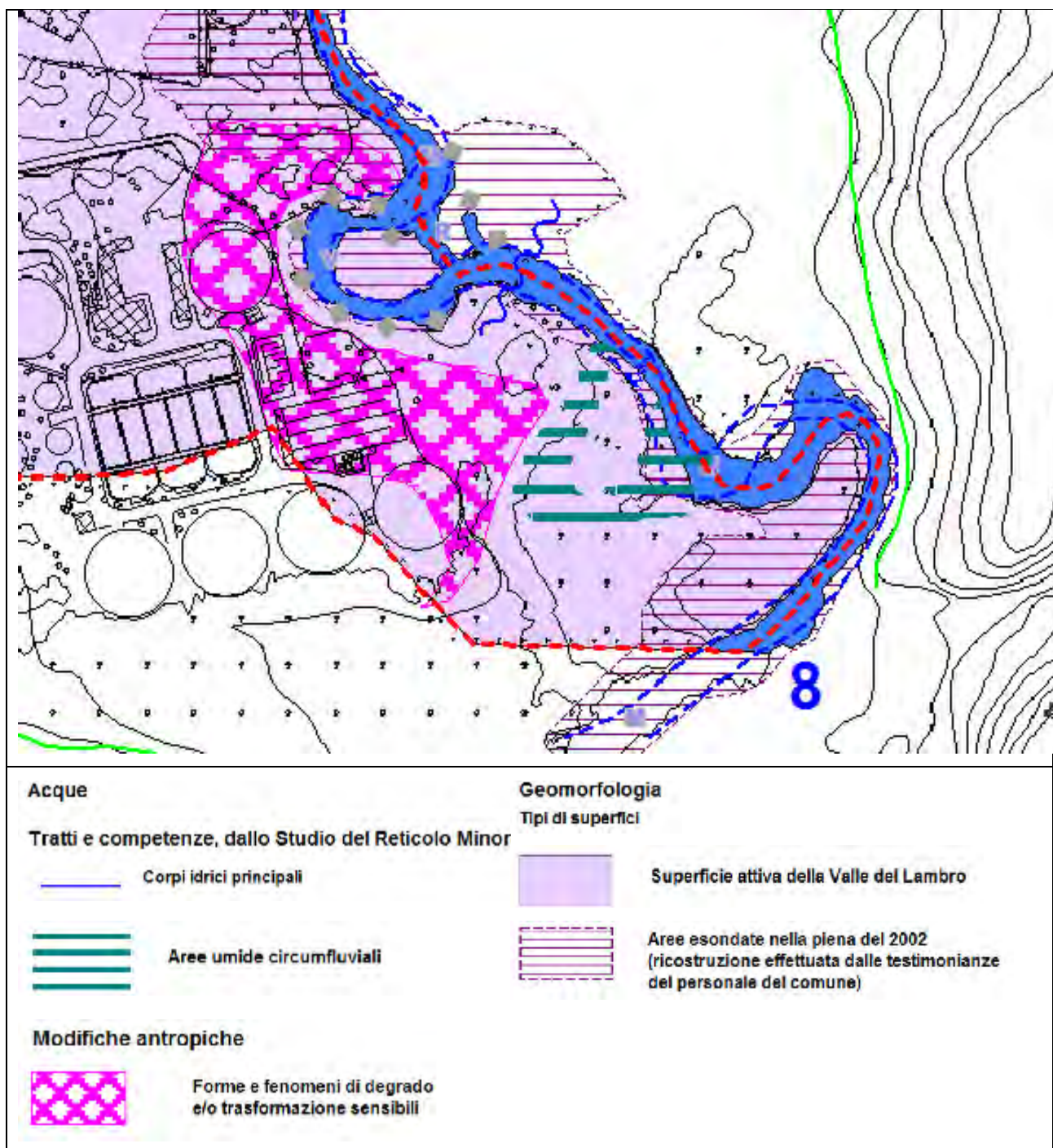


Figura 29: Elementi geomorfologici principali nell'area di interesse



Si può osservare che dal punto di vista geomorfologico l'area è collocata nella zona attiva del fiume Lambro, che tra l'altro è fautore di una dinamica ben visibile ed in continua evoluzione. La parte più in alto è poi caratterizzata da forme di degrado conseguenti alla presenza del depuratore, mentre scendendo verso sud si possono osservare presenze di aree umide o esondabili.



Figura 30: Evoluzione delle dinamiche morfologiche del Lambro (1845, 1888, 1954, 1980, 2003, 2011)



Le immagini riportate in figura 27 rappresentano la forte dinamica evolutiva dell'alveo del Lambro nell'area di interesse dalla metà dell'800 fino ai giorni attuali.

Per quanto riguarda il reticolo idrico questa ultima parte del percorso del Lambro nel territorio di Merone fa parte di una importante piana naturale della valle, quella appunto che inizia a sud del terrazzo di C.na Campomarzo e si sviluppa a nord e a fianco della dorsale di Camisasca. Il fiume è meandriforme, con sponde basse e leggere erosioni di sponda, spesso con resti di meandri e/o zone umide all'esterno delle anse attuali. Il flusso idrico, rapido e veloce (R e V) dopo il meandro del depuratore, diviene prevalentemente moderato (M), quasi mai molto lento. L'ampiezza del letto è considerevole in alcuni punti (20-25 m).

4.3 PEDOLOGIA

L'interpretazione pedologica si basa sulla lettura della distribuzione dei caratteri dell'ambiente che hanno significato pedogenetico e sulla definizione di unità sintetiche di pedopaesaggio. Questa operazione ha lo scopo di indirizzare il rilevamento dei suoli e di riuscire ad assegnare ad ogni ambiente pedogeneticamente omogeneo uno o più suoli caratteristici.

Con questa metodologia l'ERSAL, poi ERSAF, ha realizzato alla fine degli anni '90, nell'ambito del Progetto Carta Pedologica della Pianura, il rilevamento e la cartografia pedologica alla scala 1:50.000 della Alta Pianura e delle aree collinari della parte non montana delle Province di Varese e Como-Lecco. In questa area la delimitazione delle unità cartografiche e il contenuto pedologico sono rimasti abbastanza stabili, anche se hanno subito aggiornamenti in due successive fasi, l'ultima delle quali non è ancora disponibile. Lo stesso dicasi per il numero e la definizione del sistema dei pedopaesaggi che sono stati recentemente semplificati.

In ogni caso, rimane valida, per la sua ampia base di rilevamento in campo, la prima interpretazione di cui si riporta prima lo stralcio dei pedopaesaggi, con la legenda delle sole unità che interessano Merone, e poi la carta dei suoli con una sintesi della descrizione dei suoli presenti.

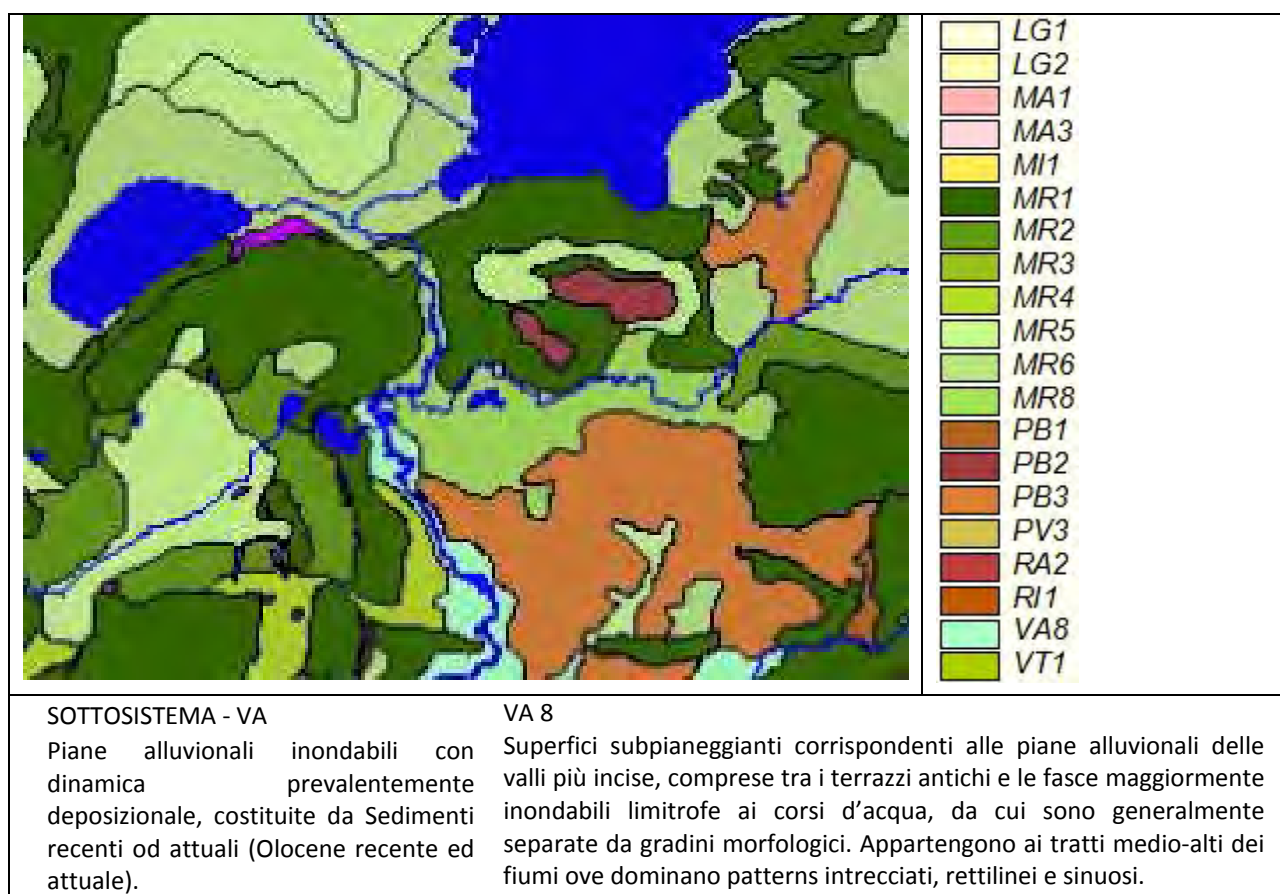


Figura 31: Paesaggi e Unità di Paesaggio secondo ERSAF

4.4 I CARATTERI DEL SOTTOSUOLO E LA ZONAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

Per la definizione dei caratteri tecnici del suolo e sottosuolo sono state consultate alcune relazioni geologiche effettuate nell'area di Merone per nuove edificazioni, ampliamenti e/o modifiche dell'esistente, nonché alcune perizie e pareri di natura geologica.

Si è tenuto conto inoltre della caratterizzazione geologico tecnica proposta dai geologi Cortiana e Valentini nella Relazione Geologica di supporto al Piano Regolatore Generale (giugno 2001) e dello studio di D.Battaglia (2/2006) per interventi di salvaguardia idrogeologica a Pontenuovo e all'incastro del Cavo Diotti.

In particolare sono stati analizzati i dati contenuti in 21 relazioni geologiche e geotecniche, con una buona distribuzione sul territorio comunale; ciò nonostante alcune aree rimangono prive di dati di indagine diretta del sottosuolo. Tali aree sono state interpretate a partire dalle conoscenze geologiche indirette.

I dati utilizzati sono stati forniti dall'Ufficio Tecnico Comunale e riguardano sia opere di interesse pubblico (scuola, residenza anziani, depuratore, ecc.) che interventi privati.

Le prove analizzate constano di 56 prove penetrometriche dinamiche pesanti tipo SCPT, 6 prove penetrometriche dinamiche leggere, 25 sondaggi geognostici.

Nell'area di interesse sono state eseguite complessivamente 6 penetrometriche di tipo dinamico (SCPT) e 2 sondaggi SPT.

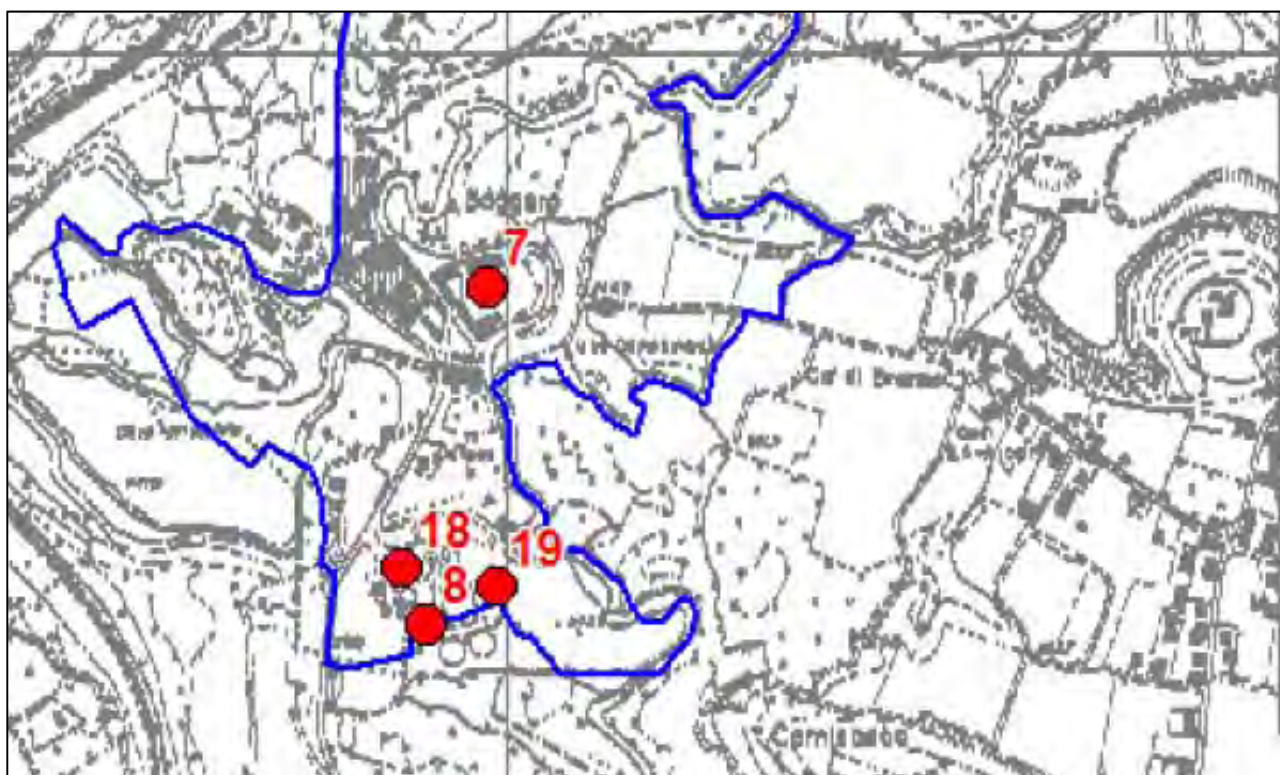


Figura 32: Prove geotecniche nell'area di interesse

Nell'area di interesse sono state eseguite complessivamente 6 penetrometriche di tipo dinamico (SCPT) e 2 sondaggi SPT. Non sono stati rinvenuti substrati rocciosi ed è invece stata rinvenuta falda affiorante (al punto 19 subito al di sotto del piano campagna), a testimonianza del fatto che l'impianto ha occupato una parte di area umida che veniva drenata in direzione N-S per confluire in Lambro prima della sua curva a 90°.

Sulla base dei dati raccolti, delle conoscenze maturate sul territorio e dei risultati della campagna di indagine, l'area indagata è stata classificata come tipologia "fondovalle umido" caratterizzato da deposito alluvionali misti e livello falda entro 3 m dal piano campagna.



Qui si trovano depositi alluvionali, generalmente grossolani, ma possono essere presenti lenti o livelli a granulometria fine o con depositi organici. Si riconoscono tracce di attività fluviale (meandri attivi, divagazioni recenti del fiume, aree con evidenze di umidità, ecc.).

I caratteri geologico tecnici sono da mediocri a buoni, e dipendono fortemente dalla tipologia del materiale presente localmente.

Le prove effettuate per il ristorante “il Corazziere” e per il depuratore indicano la presenza di un livello superficiale di spessore variabile tra 2 e 5 m costituito da materiale fine (argilla, limi, localmente torbe) e con resistenza alla penetrazione molto bassa, al di sotto del quale compaiono livelli più grossolani a caratteri geotecnici in miglioramento con la profondità.

I sondaggi effettuati per il depuratore confermano la ricostruzione stratigrafica; il confronto tra le ricostruzioni effettuate nei due siti citati ha permesso di elaborare il seguente schema:

Livello	Profondità in m da p.c	Nspt (N° di colpi per avanzamento di 30 cm in prova SPT)	Ø Angolo di attrito interno in gradi	γ (Peso di volume asciutto in t/mc)
1	0-4	Da 1 a 4	23-24	1,6
2	4-7 (localmente da 3 a 4)	Da 9 a 15	28-30	1,8
3	> 7	Da 10 a 30	28-30	1,8

Figura 33: Caratteristiche geotecniche del terreno nell'area di interesse

Litologia e granulometria: argille e limi soprastanti materiale più grossolano, con ciottoli anche di grosse dimensioni.

Problemi: falda idrica prossima a piano campagna. Disomogeneità laterali e verticali

Caratteri geologico tecnici: le prove evidenziano un generale aumento con la profondità della resistenza alla penetrazione dei terreni.