



Comune di Gorla Maggiore

Progetto Esecutivo

SISTEMA NATURALE DI DEPURAZIONE E LAMINAZIONE DELLE ACQUE
DI SFIORO DELLA RETE FOGNARIA COMUNALE

Relazione idraulica



Coordinatore del Progetto: Ing. Nicola Martinuzzi		Direttore Tecnico: Dr. Fabio Masi
Progettisti: Ing. Nicola Martinuzzi - Dr. Fabio Masi - Ing. Riccardo Bresciani - Prof. Ugo Majone Ing. Alessandro Balbo - Ing. Denis Cerlini - Ing. Beatrice Majone		
ID documento: 1B	Data redazione: Luglio 2009	Revisione: 00
Redatta da: Ing. Alessandro Balbo Ing. Denis Cerlini		
Verificata da: Ing. Nicola Martinuzzi		
<p>The table contains several circular professional stamps and handwritten signatures. The stamps include: - Dott. Fabio Masi, N° 1333, Ordine degli Ingegneri della Provincia Toscana. - Dott.-Ing. Nicola Martinuzzi, N° 3663, Ordine degli Ingegneri della Provincia di Firenze. - Dott. Ing. Balbo Alessandro, Sez. A Settori: a) civile e ambientale, b) Industriale, c) dell'informazione, n° A 22903, Ordine degli Ingegneri della Provincia di Milano. - Ing. Ugo Majone, n. 9075, Ordine degli Ingegneri della Provincia di Milano. - Ing. Beatrice Majone, n. 21014, Ordine degli Ingegneri della Provincia di Milano. - Dott. Ing. Cerlini Denis, n. 972, Ordine degli Ingegneri della Provincia di Reggio Emilia. - Dott. Ing. Balbo Alessandro, n. 4452, Ordine degli Ingegneri della Provincia di Firenze.</p>		

Indice della Relazione

1. PREMESSA (OBIETTIVI DEL PROGETTO)	4
2. DESCRIZIONE DELLA SITUAZIONE ATTUALE	5
2.1 FUNZIONAMENTO DELLA RETE DI DRENAGGIO COMUNALE	5
2.2 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	7
3. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	9
3.1 ANALISI PLUVIOMETRICA	10
3.2 DETERMINAZIONE DELL'ONDA DI PIENA IN ARRIVO ALLA RETE.....	13
3.2.1 Ietogrammi in ingresso al modello	13
3.2.2 Determinazione dell'IUH con il metodo del serbatoio lineare.....	13
3.2.3 Ricostruzione degli idrogrammi di piena.....	15
3.2.4 Verifica della portate di piena in arrivo alla rete fognaria con metodi afflussi-deflussi	15
3.2.5 Considerazioni sul funzionamento della rete fognaria comunale	16
3.3 DETERMINAZIONE DELLA PORTATA NERA DILUITA DA INVIARE A DEPURAZIONE	16
3.4 DATI DI PROGETTO E PROCEDURA DI DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI TRATTAMENTO ACQUE DI PRIMA PIOGGIA.....	17
3.5 DATI DI PROGETTO E PROCEDURA DI DIMENSIONAMENTO DELLA VASCA VOLANO.....	20
3.5.1 Definizione degli scenari di progetto sull'Olona.....	20
3.5.2 Massima portata meteorica scaricabile in Olona	20
3.5.3 Dimensionamento della vasca volano	20
3.5.3.1 Schematizzazione del sistema	20
3.5.3.2 Descrizione del modello MIKE11	21
3.5.3.3 Condizioni al contorno.....	22
3.5.3.4 Caratteristiche geometriche	22
3.5.3.5 Risultati ottenuti	23
3.5.4 Verifica del volume della vasca volano con metodi di letteratura	24
3.5.4.1 A) Metodo P.R.R.A.	25
3.5.4.2 B) Metodo dell'invaso	25
3.5.4.3 C) Metodo cinematica.....	26
3.5.4.4 D) Metodo di Marone	27
3.5.4.5 E) Metodo delle sole piogge	27
3.5.4.6 Confronto dei volumi.....	28
3.5.5 Manufatto scolmatore di ingresso al sistema	28
3.5.5.1 Descrizione manufatto	28
3.5.5.2 Formule di calcolo	29
3.5.5.3 Ripartizione portate nei diversi scenari.....	30
3.5.6 Trattamenti preliminari acque di scolmo.....	30
3.5.7 Sistema di filtrazione verticale e sistema a flusso libero.....	31
3.5.8 Vasca volano.....	31
3.5.9 Tubazioni, pezzi speciali, pozzetti.....	32
3.6 INSERIMENTO DELLE OPERE NELLA PIANIFICAZIONE DI MEDIO E LUNGO TERMINE.....	33
3.6.1 Descrizione delle risultanze dello studio "Lambro-Olona".....	33
3.6.2 Compatibilità delle opere in progetto con la vasca di laminazione sull'Olona.....	34
3.6.3 Verifica del funzionamento della vasca volano durante l'evento di progetto centennale dello "Studio Lambro-Olona.....	36
3.6.4 Considerazioni conclusive.....	39

Indice delle figure

Figura 1 – reti fognarie miste del comune di Gorla Maggiore	5
Figura 2 – Area di intervento e scarico nel fiume Olona	7
Figura 3 – Idrogramma T=10 anni prodotto nel bacino 1 del comune di Gorla Maggiore	15
Figura 4 – Ietogramma corrispondente alla portata di 1° pioggia.....	18
Figura 5 – Idrogramma di 1° pioggia	18
Figura 6 – Schema modello idraulico	21
Figura 7 – Idrogrammi in ingresso e uscita dalla vasca volano per T=10 anni in condizioni di scarico libero	23
Figura 8 – Idrogrammi in ingresso e uscita dalla vasca volano per T=10 anni in condizioni di scarico rigurgitato	24
Figura 9 – Idrogrammi di progetto della rete fognaria di Gorla Maggiore per T= 100 anni	34
Figura 10 – Idrogrammi del solo scarico in progetto di Gorla Maggiore per T= 100 anni desunto con la metodologia dello studio “Lambro –Olona” nell’ipotesi di scarico in Olona pari a 40 l/s per ettaro impermeabile.....	37
Figura 11 – Idrogrammi del solo scarico in progetto di Gorla Maggiore per T= 100 anni desunto con la metodologia dello studio “Lambro –Olona” nell’ipotesi di vasca di laminazione piena.....	38

Indice delle Tabelle

Tabella 1 - Superfici e tipologie dei bacini drenati del comune di Gorla Maggiore	5
Tabella 2: Elenco stazioni pluviografiche	10
Tabella 3: Parametri delle LSPP	12
Tabella 4: Tabella del valore del coefficiente $r\delta$ in funzione della durata di pioggia d.....	12
Tabella 5: Parametri delle LSPP per $d < 1$ ora.....	13
Tabella 6 – Dati di progetto sistema di fitodepurazione	19
Tabella 7 - tabella 2 allegata ai criteri di pianificazione del PRRA	25

1. PREMESSA (OBIETTIVI DEL PROGETTO)

Nella presente relazione verranno descritte le analisi svolte, i criteri di dimensionamento e i dati di progetto necessari.

In primo luogo è stato analizzato il funzionamento della rete fognaria comunale di Gorla Maggiore ed individuata la quota parte di rete da trattare.

Quindi è stata svolta un'analisi pluviometrica sull'area in esame per definire il regime delle piogge necessario ad individuare attraverso una trasformazione afflussi-deflussi la portata al colmo e il volume dell'idrogramma di riferimento per il dimensionamento idraulico delle opere in progetto. Come evento di riferimento è stato considerato quello decennale così come previsto dal Piano di Tutela e Utilizzo delle Acque della Regione Lombardia per le opere fognarie.

Definito l'idrogramma di riferimento, sono state determinate le portate da inviare ai diversi trattamenti; in particolare sulla base della dotazione idrica e degli abitanti equivalenti serviti dalla rete è stata calcolata la portata minima da inviare al depuratore di Olgiate Olona attraverso il collettore consortile che corre lungo la valle Olona. Successivamente è stata definita la quota parte di portata da inviare al trattamento di prima pioggia.

Infine è stato implementato un modello idrologico-idraulico MIKE 11 del Danish Hydraulic Institute attraverso il quale è stato simulato il funzionamento della vasca volano per definirne le volumetrie, il funzionamento idraulico e la portata scaricata in Olona, sia in condizioni di Olona in magra che in condizioni di piena.

La valutazione del funzionamento della vasca volano in corrispondenza di un evento di piena dell'Olona risulta particolarmente significativa in quanto già per eventi con tempo di ritorno modesto dell'Olona (inferiore a 5 anni) i livelli del corso d'acqua possono creare problemi al funzionamento delle reti fognarie afferenti. Pertanto l'opera in oggetto dovrà essere in grado di svolgere la sua funzione di laminazione delle portate meteoriche convogliate dalla rete fognaria anche in corrispondenza di livelli elevati in Olona senza che la rete fognaria vada in crisi.

2. DESCRIZIONE DELLA SITUAZIONE ATTUALE

2.1 FUNZIONAMENTO DELLA RETE DI DRENAGGIO COMUNALE

La rete fognaria di Gorla Maggiore di tipo misto è suddivisa in tre bacini che si allacciano in tre diversi punti al collettore consortile che convoglia le acque al depuratore di Olgiate Olona. In prossimità degli allacci sono situati tre scolmatori di piena che scaricano il troppo pieno della rete fognaria nel fiume Olona.

Nella tabella seguente sono indicate le superfici dei tre bacini drenati mentre nella figura seguente si riportano le tre reti.

Bacino	Superficie (ha)	Tipologia di scarichi
1 (Blu)	56.40	Civili
2 (Verde)	12.20	Civili
3 (Rosso)	107.00	Civili con apporto significativo di industriali

Tabella 1 - Superfici e tipologie dei bacini drenati del comune di Gorla Maggiore

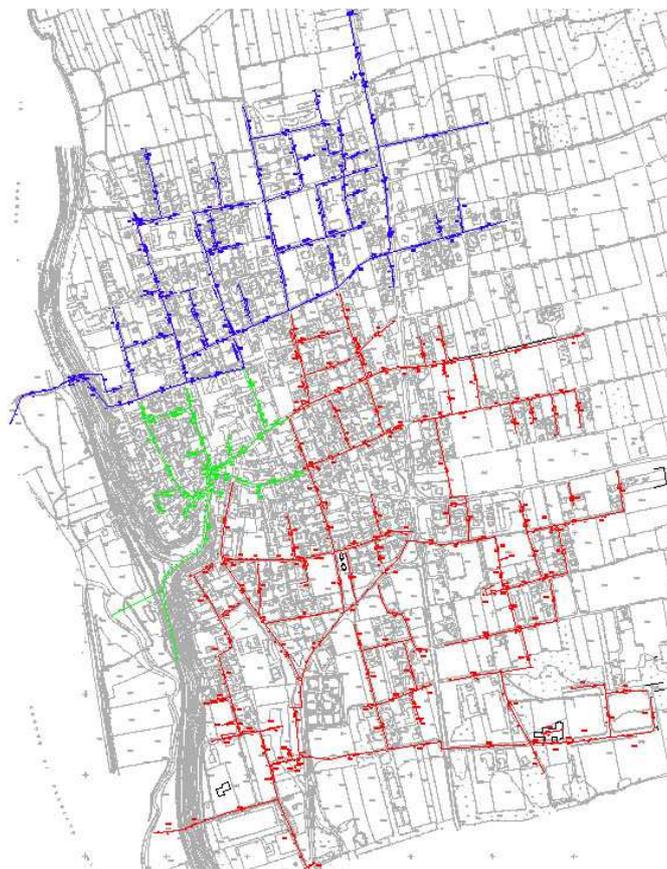


Figura 1 – reti fognarie miste del comune di Gorla Maggiore

Allo stato attuale in caso di pioggia, le portate in eccesso vengono scaricate direttamente in Olona provocando sia problemi dal punto di vista igienico, in quanto si tratta di acque miste, sia dal punto di vista idraulico in caso di contemporanea piena nel fiume. Infatti in corrispondenza di eventi pluviometrici intensi l'incremento di livello del

fiume Olona impedisce lo scarico dei collettori fognari provocando un funzionamento in pressione della rete fognaria con conseguenti allagamenti della parte bassa del comune.

Le porzioni di fognatura 1 e 2 raccolgono acque reflue prevalentemente di tipo civile, mentre il bacino n°3 raccoglie anche la zona industriale del Comune di Gorla Maggiore.

È stata valutata preliminarmente l'eventualità di unificare il trattamento in modo da depurare le acque sfiorate in un unico sito più a valle; tale ipotesi richiede la realizzazione di un unico collettamento lungo strada a partire dallo scolmatore più a monte, in percorrenza per oltre 1 Km lungo la Strada Comunale.

Date le grosse sezioni richieste per smaltire tutta la portata di pioggia, l'intervento si configura come piuttosto oneroso sia dal punto di vista dei tempi di realizzazione che dei costi (stimati in circa 800.000,00 €); d'altronde le economie di scala nel realizzare, con sistemi di depurazione naturale, un trattamento per l'intero bacino drenato dai tre scolmatori, non sono tali da consentire un risparmio economico tale da recuperare i costi del collettamento (circa 1.900.000 € contro 2.100.000 € nell'ipotesi di realizzare trattamenti separati per i tre sfioratori). Le aree necessarie a valle dell'ultimo scolmatore, nel caso si fosse scelto un trattamento centralizzato, sarebbero state inoltre molto grandi e di non immediata reperibilità. Anche dal punto di vista della qualità ambientale del Fiume Olona, prevedere tre trattamenti decentralizzati potrebbe avere un effetto benefico in quanto si va a restituire acque di buona qualità in diverse sezioni del suo percorso.

Il terzo scolmatore oltretutto drena un'area con diverse industrie, per cui è da aspettarsi un refluo non particolarmente adatto ad essere trattato, a meno di non prevedere superfici molto più estese, con un sistema di fitodepurazione.

Viceversa l'unica "convenienza" consisterebbe nell'avere in un unico sito il sistema di trattamento. Anche considerando il carattere sperimentale del progetto, mirato alla valutazione dell'efficienza dei sistemi di depurazione naturale per il trattamento degli sfiori fognari ed all'ottimizzazione del design e dei dimensionamenti, ci è sembrato più sostenibile dal punto di vista tecnico ed ambientale la scelta di trattare separatamente il primo scolmatore.

Lo scolmatore in progetto rappresenta il primo di tre sfioratori di fogna mista posizionati lungo l'Olona e riconducibili alla fognatura di tipo misto del Comune di Gorla Maggiore.

Gli altri due scolmatori potranno essere trattati successivamente: per il secondo scolmatore, che drena un'area urbana a carattere prevalentemente civile, potrebbe essere una valida alternativa il ricorso ad un sistema di depurazione naturale. L'implementazione ed il monitoraggio del sistema oggetto della presente progettazione preliminare potrebbe oltretutto fornire elementi utili per un'ulteriore ottimizzazione del suo dimensionamento.

Per il terzo scolmatore si ritiene invece più conveniente il ricorso ad un sistema costituito da grigliatura automatica e vasca di prima pioggia, da predisporre interrata. Per quanto riguarda invece la realizzazione di una vasca volano per le acque di seconda pioggia, come richiesto dalla normativa vigente, dovrà essere valutata in modo approfondito la composizione di tali acque e soprattutto gli inquinanti pericolosi che potrebbero veicolare durante l'evento di pioggia ed eventualmente predisporre sistemi in grado di bloccarli o di limitarne l'impatto sul Fiume Olona e/o sui terreni adiacenti.



Figura 2 – Area di intervento e scarico nel fiume Olona

2.2 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'intervento in esame si inserisce nell'ambito geomorfologico di fondovalle del fiume Olona, in particolare sulla sponda sinistra. Si tratta di una fascia di terreno pianeggiante che rappresenta il naturale ambito di divagazione dell'alveo che nel corso dei secoli ha spostato e modificato più volte il suo percorso. L'area è interessata da un paleoalveo oramai quasi non riconoscibile.

Dal punto di vista geolitologico, l'area investigata, si trova nella zona di transizione tra i depositi di versante ghiaioso-sabbiosi irregolarmente cementati di età Pleistocenica Inferiore-Pliocenica Superiore e i materiali alluvionali attuali e recenti sabbioso-limosi poco addensati.

Nell'ambito del progetto di rifacimento della strada per Solbiate Olona e Fagnano Olona è stata effettuata nell'area una campagna di indagini geognostiche, volta alla caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica dell'area. In particolare sono stati effettuati 5 sondaggi geognostici con 10 prove S.P.T. da cui emerge una stratigrafia suddivisa in tre unità:

1. materiale sciolto di tipo sabbioso-ghiaioso medio-fini privo di alterazioni da 0 fino a 1-2 metri dal p.c.;
2. materiale soffice di tipo limoso-argiloso con frazione ghiaioso-sabbiosa progressivamente più abbondante con la profondità da 1.8 m a massimo 2.7 m dal p.c.;
3. materiale poco addensato di tipo sabbioso debolmente ghiaioso sottostante lo strato precedente fino alla massima profondità del sondaggio (6 m dal p.c.).

La presenza della falda è stata riscontrata solo in tre dei cinque sondaggi ad una profondità superiore ai -4 metri dal p.c., pertanto non dovrebbe interferire con il sistema previsto.

Per quanto concerne il corpo idrico ricettore, il bacino dell'Olona può essere diviso in due zone distinte: una montana, dal limite superiore del bacino fino a Ponte Gurone, e una pianeggiante, da Ponte Gurone a Milano. Fino all'altezza dell'autostrada Milano Laghi, dove ha termine la valle dell'Olona, i centri abitati sono situati in posizione sopraelevata rispetto al corso del fiume; in prossimità dell'alveo sono invece presenti numerose

industrie. A valle dell'autostrada, il territorio diventa pianeggiante e il fiume entra nella zona più intensamente urbanizzata, attraversando i comuni di Caste Legnano. A valle di questi centri si ha ancora alternanza di aree agricole e urbane fino al confine del comune di Rho, dove è posta l'opera di derivazione "olona 1" attraverso la quale le piene sono scolmate nello Scolmatore di Nord Ovest. L'Olona confluisce nel Po presso Corteolona.

Il bacino dell'alto Olona, compreso tra la sorgente e il limite urbano di Milano, ha una superficie di circa 911 km², di cui 902 km² in territorio italiano e il rimanente territorio del bacino è in ambito montano.

L'Olona Settentrionale ha origine alle pendici dei monti a nord di Varese a circa 1.000 m s.l.m. e, dopo un tragitto di circa 60 km, entra nella città di Milano da cui esce con il nome di Lambro Meridionale.

I principali corsi d'acqua naturali del bacino sono i torrenti Lura, Bozzente e il fiume Seveso in sinistra orografica, i torrenti Arno, Rile e Tenore in destra orografica. La portata massima convogliabile dall'Olona nel reticolo idrografico a nord di Milano è pari a 58 m³/s.

Dal punto di vista qualitativo l'esame del PTUA della Regione Lombardia, approvato con Delibera regionale del 29 marzo 2006, evidenzia una situazione di stress sull'intero bacino, con sintomi di alterata capacità autodepurativa del fiume; tutte le stazioni di monitoraggio, nonché il 90% delle stazioni dell'intero bacino, presentano SECA in classe 4 o 5, corrispondente a qualità scadente o pessima. Lo studio dei parametri rilevati nelle varie stazioni di monitoraggio evidenzia un progressivo e costante aumento del carico inquinante lungo l'asta fluviale.

3. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Lo sfioratore e la rete fognaria selezionati per essere trattati appartengono al territorio di Gorla Maggiore, mentre il sito interessato dalla realizzazione dell'intervento gravita in parte sul territorio di Gorla Maggiore, in parte sul territorio del Comune di Fagnano Olona. Ambedue i Comuni sono in provincia di Varese.

L'intervento si colloca nella valle del Fiume Olona, in un'area ora ricoperta da un pioppeto delimitata ad Ovest dal Fiume Olona, a Nord dal limite comunale di Fagnano Olona, ad Est dalla Ferrovia della Valmorea, affiancata dalla Strada Comunale Via per Fagnano al piede di una ripida scarpata e a Sud dalla Ditta Ravazzani & Fortunato, ditta distributrice dell'acqua Lurisia.

Il sistema prevede per il trattamento delle acque provenienti dallo sfioratore due stadi, un sistema di filtrazione verticale e a seguire un sistema a flusso libero inserito all'interno di una vasca volano per la laminazione delle piene generate dalla fognatura prima dello scarico nel fiume Olona.

Durante l'evento di pioggia entra in funzione lo sfioratore e la portata di sfioro ($>3.5 Q_n$, pari a circa 20 l/s) viene indirizzata ad un secondo pozzetto scolmatore. Qui le portate minori a 0.64 mc/s (corrispondenti alla portata di prima pioggia, assunta equivalente alla portata generata in fognatura da un evento di 5 mm di pioggia uniformemente distribuito sull'intero bacino scolante e su un arco temporale di 30 minuti) vengono inviate al sistema di grigliatura e dissabbiatura e successivamente al sistema di filtrazione verticale, mentre l'esubero viene recapitato direttamente al sistema a flusso libero superficiale e alla vasca volano.

La vasca volano è dimensionata per restituire all'Olona una portata mai superiore a 40 l/s per ha di superficie effettiva drenata.

Il sistema funziona interamente a gravità.

Durante i periodi di tempo secco il sistema a flusso libero viene alimentato tramite una derivazione di circa 5-10 l/s dal fiume Olona e funziona quindi come una "wetland fuori alveo", mentre il sistema verticale rimane asciutto. L'alimentazione continua permette di mantenere costantemente umido il sistema di ritenzione prolungata, evitando di conseguenza la diffusione di zanzare e altri insetti e favorendo lo sviluppo di un ambiente caratterizzato da un elevato grado di biodiversità.

La derivazione avviene tramite un tubo di diametro 125 mm posto a monte di una soglia esistente sul Fiume Olona; tale tubazione va ad alimentare un canale in terra di larghezza di base 0,5 m e profondità 1 m che sfocia in un laghetto con finalità paesaggistiche. Dal laghetto tramite una tubazione le acque raggiungono il sistema a flusso libero, lo percorrono per poi di nuovo raggiungere un tratto di canale a cielo aperto, connesso al finale con il Fiume Olona tramite una tubazione munita di valvola a clapet antiriflusso. Il canale segue simbolicamente il percorso del paleoalveo dell'Olona, ancora identificabile dalle mappe catastali e dalla cartografia regionale esaminata.

L'acqua derivata dall'Olona viene restituita allo stesso corpo idrico più a valle dopo aver subito un processo di trattamento di depurazione naturale: in tal modo il fiume beneficia non solo dell'abbattimento del carico inquinante contenuto nelle acque di scolo ma anche (sebbene in piccolissima parte data l'esigua portata derivata) del trattamento in continuo di una piccola frazione della sua portata.

Lo schema di flusso per le acque di prima pioggia (per portate maggiori di 20 l/s e minori di 640 l/s) è il seguente:

1. vasca di sedimentazione e dissabbiatura, munita di sistema di grigliatura automatica preliminare in testa posizionato sulla sezione di ingresso;
2. sistema di filtrazione estensivo per acque di prima pioggia costituito da n°4 vasche funzionanti in parallelo;
3. sistema a flusso libero e vasca volano (FWS)
4. scarico nel corpo idrico recettore (Fiume Olona).

Le acque di seconda pioggia vengono inviate direttamente al sistema a flusso libero finale, inserito all'interno di una vasca volano dimensionata per scaricare nel Fiume Olona per eventi decennali una portata mai superiore a 0,7 mc/s laminando un volume idraulico di 7700 mc.

3.1 ANALISI PLUVIOMETRICA

Al fine di definire il regime pluviometrico per il corretto dimensionamento dell'impianto sono stati raccolti ed elaborati i dati di pioggia di breve durata e forte intensità di tutti i pluviometri prossimi all'area dell'intervento.

Sono state dunque elaborate le serie storiche di pluviografi, dotate di pluviografo registratore per i quali fossero disponibili più di 20 anni di osservazioni, localizzati sia all'interno del bacino del F. Olona sia nelle immediate vicinanze, appartenenti in parte al comune di Milano e in parte al SIMI. Per i primi sono stati utilizzati i valori di aT e n forniti dallo studio del Rapporto sulla valutazione delle piene per l'Italia nord occidentale (2001) di C. De Michele e R. Rosso, mentre per i secondi si sono utilizzati i valori ricavati dallo studio di U. Moisello, Il regime delle piogge intense a Milano (1976).

Per ciascun pluviometro sono state calcolate le altezze massime annuali di pioggia per tempi di ritorno di 2, 5, 10, 50, 100, 200 e 500 anni, attraverso la determinazione delle Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica, nella classica forma $h = aT^n$.

Nella tabella seguente è riportato l'elenco delle stazioni considerate con il rispettivo numero di anni di osservazione.

Tabella 2: Elenco stazioni pluviografiche

Stazioni S.I.M.I.		
nome stazione	cod. stazione	Numero anni di osservazione
Asso	1031	33
Bergamo	1021	46
Busto Arsizio	1057	39
Carate Brianza	1037	22
Codogno	1029	34
Como	956	41
Costa Masnaga	1035	23

Crema	1023	41
Gallarate	1056	25
Ispra	1157	23
Lavena	1095	34
Lecco	967	31
Lodi	1006	23
Marcallo	1059	23
Melegnano	1043	22
Miorina	1164	24
Mortara	1181	23
Saronno	1053	20
Treviglio	1005	43
Varese	1045	28
Venegono	1051	29

Stazioni Comune di Milano		
nome stazione	cod. stazione	Numero anni di osservazione
Marino	1	33
Vignola	2	33
Sacco	3	33
Gattamelata	4	33
Sondrio	5	33
Pareto	6	33
Nosedo	7	33
Ronchettino	8	33
Monluè	9	33
Crescenzago	10	33
Milanino	11	33
Garbagnate	12	33
Ronchetto s. N.	13	33
Baggio	14	33
Bruzzano	15	33
Monviso	16	33

Una volta definiti i valori puntuali dei parametri a_T e n per le stazioni pluviografiche di interesse, è stato necessario definire il valore di tali parametri anche per tutti i restanti punti interni al bacino dei corsi d'acqua considerati, ovvero individuare la variabilità spaziale dei parametri.

Sono state dunque costruite delle mappe di isovalore: una differente per ogni tempo di ritorno per quanto riguarda il parametro a_T , e una sola valida per ogni tempo di ritorno per il parametro n .

A tale scopo si è ricorsi all'utilizzo del programma SURFER 7.0 (Surface Mapping System) che fornisce diversi metodi per la costruzione della griglia e delle corrispondenti linee di livello. I metodi proposti si differenziano per la diversa interpretazione dei dati: ognuno di essi calcola i valori della grandezza in esame, in corrispondenza dei nodi della griglia, con un differente algoritmo.

La scelta è stata in favore del Kriging, uno dei metodi più flessibili e in grado di funzionare per quasi tutti i tipi di dati, poiché è in grado di elaborare una mappa anche per campioni irregolarmente distribuiti nello spazio.

In particolare per l'area oggetto di analisi si sono ottenuti i seguenti valori dei parametri a ed n .

Valori del parametro aT [mm/h] per i seguenti tempi di ritorno							n
2	5	10	50	100	200	500	
32,0	41,0	48,0	65,0	72,0	82,0	90,0	0,31

Tabella 3: Parametri delle LSPP

Poiché come si vedrà nel paragrafo seguente il tempo di risposta del bacino drenato è inferiore all'ora è stata applicata una nota metodologia proposta in letteratura (*Sistemi di fognatura – Manuale di progettazione*, prof. S. Artina e altri 1997, ed. HOEPLI), che estende il campo di validità delle curve di possibilità pluviometrica anche alle durate di pioggia inferiori all'ora partendo dalle serie storiche di dati disponibili che solitamente comprendono unicamente altezze di pioggia registrate per durate superiori all'ora.

In particolare, il sopraccitato metodo parte dall'osservazione che i rapporti r_δ fra le altezze di pioggia di durata δ inferiori all'ora e l'altezza oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località [Bell 1969]. Per le finalità del presente studio si è quindi ritenuto legittimo fare riferimento ai dati disponibili per il pluviografo di Milano Monviso dove, su un campione di 17 anni di osservazioni sono stati calcolati i rapporti r_δ dei valori medi delle massime altezze di pioggia annue di diversa durata h_δ , rispetto al valor medio della massima altezza annua oraria h_1 . Fissato un assegnato tempo di ritorno si è moltiplicata la precipitazione oraria della stazione di interesse per i coefficienti r_δ riportati in Tabella 4:

$$h_\delta = r_\delta \cdot h_1 = r_\delta \cdot (a \cdot 1^n)$$

sono state così ottenute le altezze di pioggia nelle stazioni di interesse di assegnato tempo di ritorno per durate comprese fra 1 e 45 minuti.

δ	[min]	1	2	3	4	5	10	15	30	45
$r_\delta = h_\delta / h_1$		0.13	0.18	0.229	0.272	0.322	0.489	0.601	0.811	0.913

Tabella 4: Tabella del valore del coefficiente r_δ in funzione della durata di pioggia d

Al fine di assegnare anche alle curve di possibilità pluviometrica ottenute per durate inferiori all'ora la consueta forma monomia $h = at^n$ si è successivamente proceduto a ricavare i due coefficienti a' e n' mediante la regressione ai minimi quadrati effettuata sulla carta logaritmica (in cui le ascisse sono il logaritmo naturale della durata di pioggia t , e le ordinate sono il logaritmo naturale dell'altezza di pioggia h) vincolando la curva valida per $t < 1$ ora a passare per il valore di altezza di pioggia ottenuto per una durata di pioggia pari ad un'ora. Il coefficiente R^2 che si ottiene dalla regressione lineare assume valori prossimi all'unità (indice di un buon adattamento ai dati) e comunque non inferiore a 0.98.

Ripetendo questo procedimento per i diversi tempi di ritorno sono stati ricavati i valori dei coefficienti a' e n' riportati nella tabella seguente:

Valori del parametro aT [mm/h] per i seguenti tempi di ritorno							n
2	5	10	50	100	200	500	
32,0	41,0	48,0	65,0	72,0	82,0	90,0	0,48

Tabella 5: Parametri delle LSPP per $d < 1$ ora

3.2 DETERMINAZIONE DELL'ONDA DI PIENA IN ARRIVO ALLA RETE

Per la determinazione dell'onda di piena generata dal bacino drenato si è fatto ricorso ad un modello afflussi-deflussi di tipo concettuale utilizzando come dati di ingresso gli ietogrammi ottenuti a partire dalle curve di possibilità pluviometrica.

A tal fine è stato utilizzato il codice di calcolo URBIS, sviluppato dall'Istituto di Idraulica del Politecnico di Milano a cura di P. Mignosa e A. Paoletti per il calcolo degli ietogrammi di pioggia netta, degli idrogrammi unitari istantanei e degli idrogrammi di piena.

Il programma Urbis conduce alla definizione dell'idrogramma di piena attraverso tre passi di calcolo successivi:

1. calcolo dello ietogramma di pioggia attraverso le curve di possibilità pluviometrica e relativa depurazione;
2. calcolo dell'idrogramma unitario istantaneo;
3. calcolo dell'idrogramma di piena.

Per la determinazione dell'idrogramma di piena, il programma Urbis calcola l'integrale di convoluzione introducendo la superficie, lo ietogramma e l'idrogramma unitario calcolato in precedenza relativi al bacino delle sezioni in esame.

3.2.1 Ietogrammi in ingresso al modello

Come ingresso nel modello afflussi-deflussi è stato considerato uno ietogramma di progetto di tipo Chicago di durata d pari a 3 volte il tempo di corrivazione t_c del bacino pari a 38 min e picco posto a $0.4d$.

Le perdite per infiltrazione sono state calcolate con il metodo percentuale considerando il coefficiente di afflusso del bacino che è stato valutato sulla base dell'urbanizzazione esistente pari a 0.35.

3.2.2 Determinazione dell'IUH con il metodo del serbatoio lineare

Il modello adottato è una estensione del modello dell'invaso lineare, il quale, come è noto, si basa sull'analogia di comportamento idraulico di un bacino idrografico con un serbatoio lineare, cioè un serbatoio per il quale il legame portate uscenti q e volumi invasati W è descritto dalla relazione di diretta proporzionalità

$$W = kq,$$

nella quale il parametro k , che ha le dimensioni di un tempo, è la così detta costante di invaso.

Introdotta questa relazione nell'equazione di continuità scritta per i serbatoi

$$\frac{dW(t)}{dt} = p(t) - q(t), \quad W(t) = kq(t),$$

dove $p(t)$ è l'afflusso meteorico netto sul bacino, nell'ipotesi $q(0)=0$ si ricava per $q(t)$ l'espressione

$$q(t) = \int_0^t p(\tau) h(t - \tau) d\tau, \quad h(t) = \frac{1}{k} e^{-t/k}.$$

Nel caso in cui sia $p(t)=\text{cost}$ e indicando con T_f l'istante finale della precipitazione, la precedente fornisce per q nell'intervallo $0 \leq t < T_f$, l'espressione:

$$q(t) = p(1 - e^{-t/k});$$

dopo l'istante T_f in cui termina la precipitazione e in corrispondenza del quale viene raggiunto il colmo dell'onda, la portata prende a diminuire con la legge esponenziale:

$$q(t) = q(T_f) e^{-(t-T_f)/k}.$$

Se la precipitazione – come avviene di norma – varia nel tempo, l'integrale deve essere risolto numericamente.

Per la stima della costante k è stato utilizzato il metodo proposto da Mignosa e Paoletti. Questi Autori, imponendo che a parità di ietogramma di pioggia netta il valore della portata al colmo fornito dal metodo dell'invaso sia il più vicino possibile a quello derivante dal metodo della corrivazione, attraverso l'analisi di numerose simulazioni numeriche hanno ottenuto la seguente espressione della relazione che lega il parametro k al tempo di corrivazione T_c :

$$k = 0.7T_c.$$

La taratura del modello dell'invaso è stata pertanto effettuata a partire da questa relazione passando attraverso la stima del tempo di corrivazione T_c dei bacini, parametro questo che gode di un significato fisico ben preciso. A questo scopo è stata utilizzata la formula di Giandotti:

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m}},$$

dove A , L e H_m indicano rispettivamente l'area del bacino (Km^2), la lunghezza dell'asta principale (Km) e l'altitudine media del bacino (m) rispetto alla sezione di interesse

3.2.3 Ricostruzione degli idrogrammi di piena

Nella seguente Figura è riportata l'onda di piena calcolata con la metodologia precedentemente descritta.

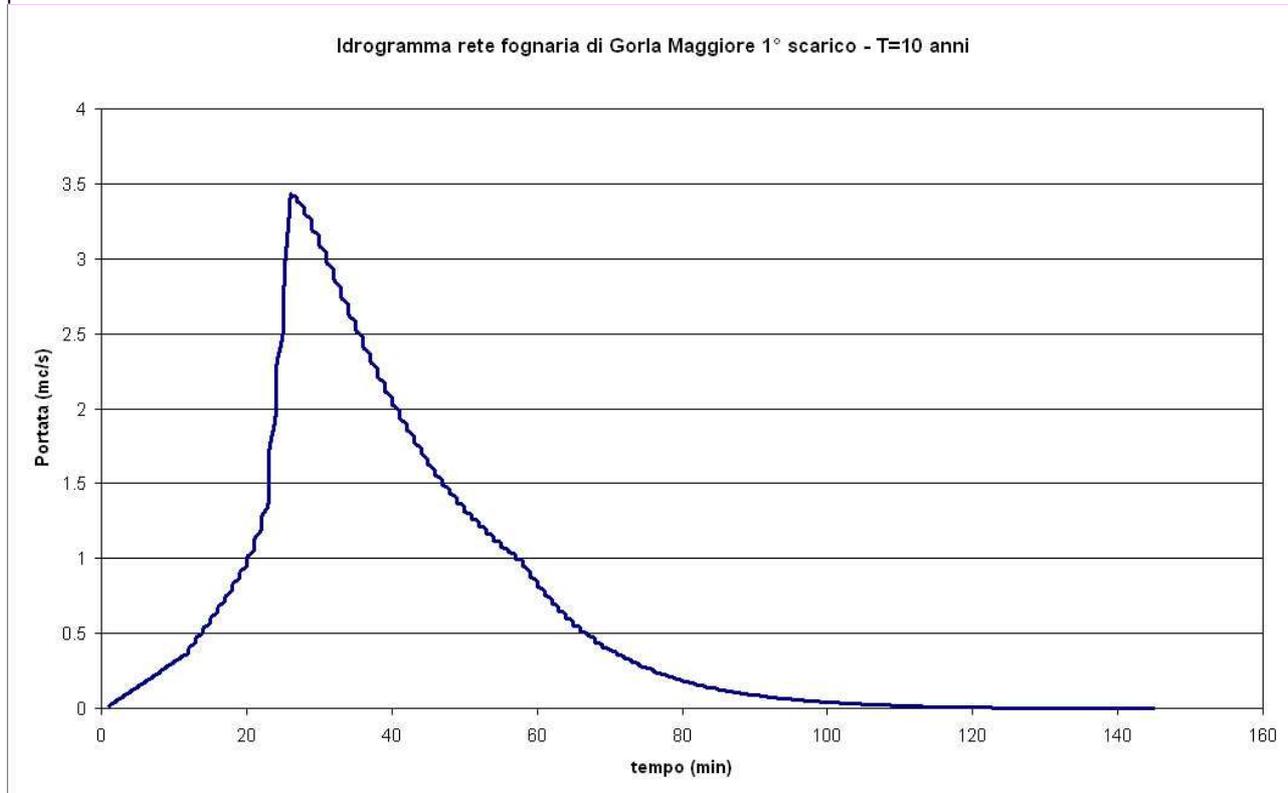


Figura 3 – Idrogramma T=10 anni prodotto nel bacino 1 del comune di Gorla Maggiore

3.2.4 Verifica della portate di piena in arrivo alla rete fognaria con metodi afflussi-deflussi

Per la verifica dell'attendibilità della portata al colmo dell'idrogramma di piena determinato al paragrafo precedente, è stata determinata anche attraverso la formula razionale:

$$Q(T) = \phi A i_c(T)$$

dove $Q(T)$, A e $i_c(T)$ indicano rispettivamente la portata al colmo di piena di tempo di ritorno T , l'area del bacino e l'intensità della precipitazione, di durata pari al tempo τ_c critico del bacino assunto pari al tempo di corivazione t_c ; il parametro ϕ è un coefficiente minore di 1 che tiene conto delle perdite per infiltrazione e dell'effetto di laminazione del bacino. Il coefficiente ϕ è definito come rapporto tra la pioggia netta, ossia quella parte della precipitazione che effettivamente produce deflusso superficiale, e la pioggia lorda, e si può generalmente assumere indipendente dal tempo di ritorno; il valore assunto da questo coefficiente deriva da valutazioni sulla geomorfologia del bacino e sull'uso del suolo.

La formula razionale può essere giustificata concettualmente assumendo uniforme nello spazio e nel tempo l'intensità di precipitazione e schematizzando il fenomeno di trasformazione afflussi-deflussi con un particolare modello cinematico e per un tempo di ritorno T_r pari a 10 anni ed un coefficiente ϕ pari a 0.35 si ottiene una portata Q pari **3.36 mc/s**, valore sostanzialmente coincidente con la portata al colmo dell'idrogramma ottenuto attraverso la metodologia descritta al paragrafo precedente.

3.2.5 Considerazioni sul funzionamento della rete fognaria comunale

L'idrogramma determinato come descritto ai paragrafi precedenti rappresenta la portata idrologica generata dal bacino fognario drenato dalla rete più a monte di Gorla Maggiore per un evento decennale.

La rete attuale comunale non è in grado di convogliare l'intera portata decennale e pertanto in corrispondenza di eventi significativi una volta esaurita la capacità dei collettori fognari le portate in eccesso defluiscono lungo le vie o si accumulano nelle depressioni del terreno in attesa di poter essere smaltite dalla rete. Tuttavia la posizione dell'abitato di Gorla, posto su un versante degradante verso l'Olonza, fa sì che le portate che defluiscono lungo le vie tendano comunque ad arrivare a fondo valle, dove si prevede la realizzazione dell'impianto.

Sia per questo motivo, sia per tenere conto di un eventuale adeguamento futuro della rete fognaria comunale, le volumetrie delle opere che si vanno a progettare in questa sede tengono conto dell'idrogramma idrologico descritto sopra.

I manufatti scolmatori e le condotte di collegamento tra i diversi comparti del sistema sono stati progettati per funzionare correttamente sia nell'attuale assetto della rete fognaria sia in un possibile quadro di futuro adeguamento della rete eventualmente potenziando il sistema di collettori

3.3 DETERMINAZIONE DELLA PORTATA NERA DILUITA DA INVIARE A DEPURAZIONE

L'articolo 15 del regolamento regionale n°3 del 24 Marzo 2006 definisce il criterio per il calcolo della portata nera diluita da inviare all'impianto di trattamento (in questo caso l'impianto di Olgiate Olona) come segue:

“Gli sfioratori di piena delle reti fognarie di tipo unitario sono realizzati in modo da lasciare direttamente defluire all'impianto di trattamento delle acque reflue urbane la portata nera diluita corrispondente al più elevato dei valori derivanti dall'applicazione dei seguenti criteri:

- a) salvi i casi di cui al comma 2, apporto di 750 litri per abitante equivalente al giorno, considerati uniformemente distribuiti nelle 24 ore, determinando in termini idraulici, ossia per rapporto tra il consumo giornaliero medio industriale accertato e la dotazione idrica della popolazione residente, assunta pari a 200 l/abxg, gli a.e. degli scarichi di acque reflue industriali non caratterizzabili in base all'apporto di sostanze biodegradabili;*
- b) rapporto di diluizione pari a 2 rispetto alla portata nera, calcolata come media giornaliera per gli apporti civili e come media su 12 ore per quelli industriali, salvo presenza di significativi complessi che lavorino su più turni giornalieri; il rapporto di diluizione è incrementato a 2,5 nel caso gli apporti industriali in termini di abitanti equivalenti, calcolati con il criterio di cui alla lettera a), superino il 50% del totale. [...]*”

Il calcolo della portata nera diluita è stato quindi fatto seguendo le metodologie a) e b). Nel caso della **metodologia a)** si è considerato un numero di abitanti equivalenti pari a 2017 cioè pari al 40% dell'intero abitato di Gorla Maggiore. Tenuto conto che nel bacino drenato non vi è significativa presenza di scarichi industriali è risultata una portata da inviare al trattamento pari a 17.50 l/s.

Per applicare la **metodologia b)**, anche in questo caso solo su scarichi civili, è necessario conoscere la portata nera media giornaliera generata nel bacino.

Questa è determinabile come prodotto tra la dotazione idrica giornaliera, che è definita dalle autorità d'ambito per ciascuna regione e per la Lombardia è pari a 358 l/ab/giorno,

per gli abitanti equivalenti serviti dalla rete, per un coefficiente di trasformazione pari a 0.8. Applicando questa metodologia la portata nera prodotta risulta pari a 6.69 l/s e pertanto la portata da inviare al depuratore pari a $2xQ_n$ è 13.37 l/s.

Pertanto il valore massimo risultante dalle due metodologie è pari a 17.50 l/s, e la portata minima da inviare alla depurazione presa a riferimento per il dimensionamento del manufatto scolmatore è stata assunta pari a 20 l/s

3.4 DATI DI PROGETTO E PROCEDURA DI DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI TRATTAMENTO ACQUE DI PRIMA PIOGGIA

Tradizionalmente le vasche di prima pioggia hanno lo scopo di raccogliere le acque di primo dilavamento delle superfici scolanti (acque di prima pioggia), che sono quelle che corrono il maggior rischio di inquinamento. Ad evento meteorico esaurito, tale volume viene inviato alla fognatura nera e di qui al trattamento di depurazione. Il presente progetto ha lo scopo di depurare tali portate tramite sistemi naturali direttamente in loco e di restituirle direttamente al corso d'acqua senza inviarle all'impianto di depurazione che ne risulta notevolmente alleggerito.

Le acque di prima pioggia sono definite dalla L.R. 62 del 27.05.85, Art. 20 come "quelle corrispondenti per ogni evento meteorico ad una precipitazione di 5 mm (pari a 50 mc/haimp) uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di drenaggio".

Nell'ipotesi di stoccare queste acque e non di trattarle in continuo, il Piano di Tutela delle Acque, riprendendo il Piano di Risanamento Regionale, prescrive un volume per le acque di prima pioggia pari a 50 mc per ettaro di superficie impermeabile effettivamente drenata dalla rete. La superficie impermeabile si ottiene moltiplicando la superficie scolante per il coefficiente di afflusso medio.

Applicando tali criteri al bacino scolante, si otterrebbe un volume da assegnare alla vasca di prima pioggia pari a 987 mc .

Nel presente progetto si prevede di realizzare un sistema di filtrazione verticale, che entra in funzione ogni qualvolta si verifica un evento di pioggia tale per cui entra in funzione lo scolmatore di piena delle acque da inviare all'impianto di depurazione di Olgiate Olona. A differenza di un vasca di prima pioggia tradizionale che immagazzina esclusivamente un volume d'acqua pari a quello di prima pioggia, il sistema di fitodepurazione proposto continua a trattare una quota parte delle acque in ingresso al sistema, prima che si attivi il secondo scolmatore che invia le acque in eccesso, meno inquinate (quelle di seconda pioggia) direttamente alla vasca volano e da qui all'Olona.

Cautelativamente al fine di ridurre al minimo il rischio che acque con forte carica inquinante siano inviate alla vasca volano, la portata di dimensionamento del trattamento delle acque di prima pioggia è stata calcolata come quella corrispondente ad un'altezza di pioggia di 10 mm/ora su tutto il bacino drenato, per un evento di durata pari al tempo di corrivazione della rete, ovvero per un volume molto superiore a quello di prima pioggia.

Nelle Figure seguenti sono rappresentati lo ietogramma considerato e l'idrogramma in ingresso al trattamento di 1° pioggia ottenuto tramite un modello afflussi-deflussi.

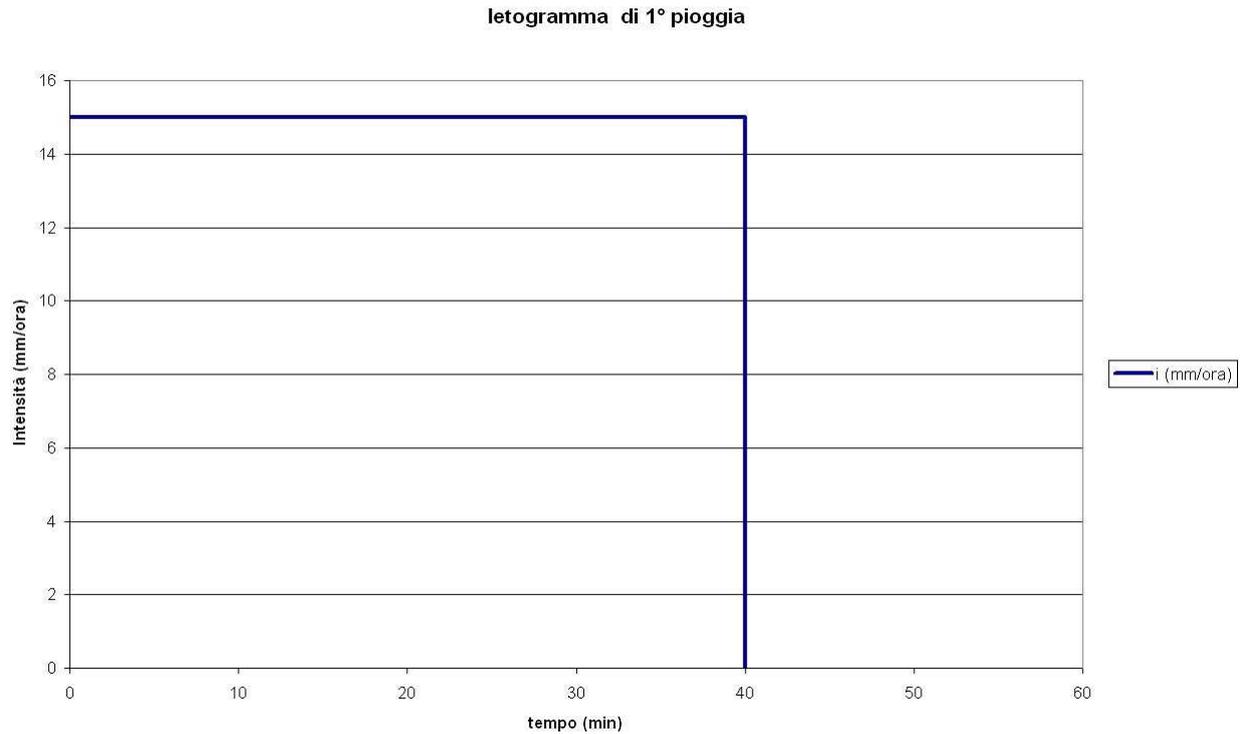


Figura 4 – letogramma corrispondente alla portata di 1° pioggia

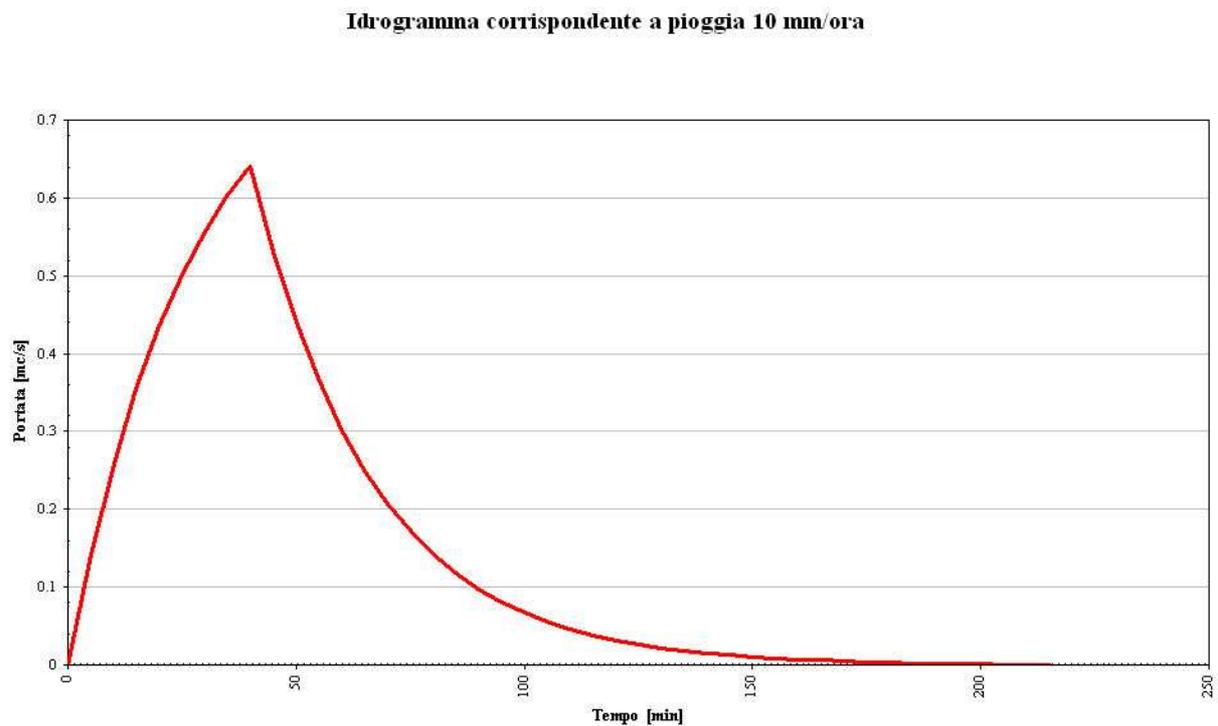


Figura 5 – Idrogramma di 1° pioggia

Il volume dell'idrogramma inviato al trattamento in continuo risulta in tal caso pari a 1980 mc.

I dati di progetto utilizzati sono i seguenti:

PARAMETRI		Unità di misura
Superficie drenata (lorda)	56,38	ha
Coefficiente di assorbimento	0,35	-
Superficie drenata (impermeabile)	19,73	ha
Altezza di pioggia	5	mm
Volume di prima pioggia	989	m ³
Volume utile	1278	m ³
Portata di prima pioggia massima	0,64	m ³ /s
Altezza dello strato di riempimento	0,7	m
Altezza freeboard	0,1	m
Porosità del medium di riempimento (n)	0,35	Ghiaia 5-10 mm

Tabella 6 – Dati di progetto sistema di fitodepurazione

Per il dimensionamento di processo di questi sistemi si rimanda alla relazione illustrativa generale e ai calcoli specialistici preliminari.

3.5 DATI DI PROGETTO E PROCEDURA DI DIMENSIONAMENTO DELLA VASCA VOLANO

Le acque di seconda pioggia meno inquinanti delle acque di prima pioggia, che vengono trattate con sistemi di filtrazione verticale, vengono inviate in un bacino di ritenzione prolungata che funge contemporaneamente da vasca volano. Esso ha lo scopo di laminare le portate in eccesso e di restituirle al corpo recettore nel tempo affinando ulteriormente il processo di depurazione.

3.5.1 Definizione degli scenari di progetto sull'Olon

Sono state svolte due simulazioni variando il livello dell'Olon:

- Scarico libero: livello in condizioni di magra del fiume pari a 217.50 m s.l.m. (quota fondo Olona nella sezione di scarico 217.17 m s.l.m.)
- Scarico rigurgitato: livello del fiume Olona corrispondente ad un evento di piena decennale nello stato di fatto considerando già realizzato l'invaso di Ponte Gurone attualmente in fase di ultimazione. Tale livello è pari a 218.49 m s.l.m.

Nell'assetto di stato di fatto è stato considerato come completato l'invaso da 1.800.000 mc in località Ponte Gurone che attualmente è in fase di realizzazione.

3.5.2 Massima portata meteorica scaricabile in Olona

La massima portata meteorica scaricabile nei ricettori superficiali viene fissata dal Piano di Tutela delle Acque, per le aree già dotate di pubblica fognatura, in 40 l/s*haimp: applicando tale criterio al bacino scolante relativo alla rete fognaria a servizio del comune di Gorla maggiore, si ricava un valore di 0.79 l/s. Per i dimensionamenti della vasca e dei manufatti si è assunta una portata massima scaricata in Olona per eventi decennali pari a 0.70 mc/s.

3.5.3 Dimensionamento della vasca volano

Il volume della vasca è stato determinato simulando il funzionamento del sistema vasca Olona con il modello monodimensionale MIKE 11 del Danish Hydraulic Institute.

3.5.3.1 Schematizzazione del sistema

Il sistema è stato schematizzato nel modello come rappresentato nella figura seguente.

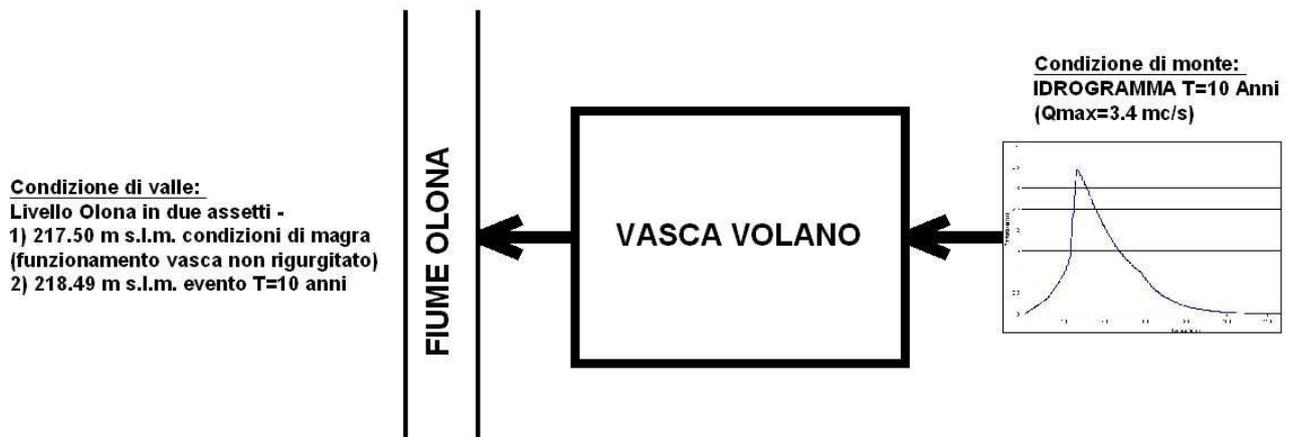


Figura 6 – Schema modello idraulico

Poiché le acque di 1° pioggia trattate nel sistema di filtrazione verticale confluiscono poi nella vasca volano l'idrogramma complessivo considerato in ingresso alla volano è quello potenziale in arrivo dalla rete fognaria. Nel dimensionamento della vasca volano non si è sottratto il volume corrispondente alle portate nere diluite in quanto trascurabile in termini assoluti.

3.5.3.2 Descrizione del modello MIKE11

Il modello idraulico MIKE 11 del Danish Hydraulic Institute è un programma di calcolo che, tramite la risoluzione delle equazioni differenziali di De Saint-Venant, consente di determinare i profili di corrente sia in condizioni di moto vario che di moto permanente.

Si riportano di seguito alcuni richiami teorici sul moto vario delle correnti a superficie libera e sui metodi di risoluzione delle equazioni che le descrivono.

Il moto di una corrente idrica a superficie libera, nella quale non siano presenti significative componenti trasversali di moto, è descritto matematicamente dalle equazioni di continuità e del moto, note come equazioni di De Saint-Venant monodimensionali.

Nelle ipotesi di fluido omogeneo ed incomprimibile, pendenza di fondo modesta, distribuzione della pressione idrostatica nelle sezioni trasversali, assenza di immissioni e sottrazioni di portata, tali equazioni assumono la forma seguente:

$$\begin{cases} \frac{\delta Q}{\delta x} + \frac{\delta A}{\delta t} = 0 \\ \frac{\delta Q}{\delta t} + \frac{\delta}{\delta x} \left(\beta \cdot \frac{Q^2}{A} \right) + g \cdot A \cdot \frac{\delta h}{\delta x} + \frac{g \cdot |Q| \cdot Q}{\chi^2 \cdot A \cdot R} = 0 \end{cases}$$

dove:

h è la quota idrica misurata rispetto ad un livello orizzontale di riferimento (m)

A è l'area bagnata (m²)

R è il raggio idraulico (m)

χ è il coefficiente di scabrezza di Chezy (m^{1/2}s⁻¹)

Q è la portata ($m^3 s^{-1}$)

g è la accelerazione di gravità (ms^{-2})

β è il coefficiente di ragguglio delle quantità di moto che solitamente si pone uguale all'unità.

Per quanto riguarda la condizione di valle è necessaria una precisazione. La struttura del modello di calcolo MIKE 11 rende necessario imporre una condizione di valle anche nel caso di corrente veloce. Infatti la risoluzione delle correnti transcritiche viene effettuata in maniera approssimata riducendo progressivamente, all'aumentare del numero di Froude, il termine di inerzia convettiva nella seconda delle equazioni di de Saint-Venant, fino ad eliminarlo del tutto per $Fr > 1$ (corrente veloce). Contemporaneamente, la discretizzazione delle equazioni viene spostata verso monte. In questo modo la struttura di calcolo rimane identica indipendentemente dalla condizione di moto ed è pertanto necessario sempre specificare una condizione di valle oltre ad una condizione di monte.

Il coefficiente di resistenza di Chezy χ può essere valutato con l'espressione di Strickler:

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

in cui k_s è il coefficiente di scabrezza di Strickler.

Le (1) vengono risolte numericamente dopo aver definito le condizioni al contorno e quelle iniziali.

Nel presente studio sono stati utilizzati dei valori di k_s pari a 30.

3.5.3.3 Condizioni al contorno

Il programma di calcolo ha la possibilità di utilizzare diverse condizioni al contorno da definirsi nelle sezioni estreme del tronco in esame, tra le quali si ricordano:

- valore costante del livello idrico o della portata;
- variazione nel tempo del livello idrico o della portata;
- relazioni fra le due variabili h (livello) e Q (portata);

Come condizioni di monte è stato dunque considerato l'idrogramma generato dal bacino drenato con picco pari a 3.4 mc/s mentre come condizioni di valle sono stati considerati i due diversi livelli dell'Olona secondo i due diversi scenari descritti al par. 3.5.1 (Dati di progetto e dimensionamento vasca volano).

3.5.3.4 Caratteristiche geometriche

Le caratteristiche dei principali elementi inseriti nel modello idraulico sono i seguenti:

Vasca volano

Quota media del fondo: 218.30 m s.l.m.

Quota di sommità arginale: 220.00 m s.l.m.

Superficie media: 7200 mq

Condotta di scarico in Olona

Diametro tubazione: DN 500 mm

Quota di fondo tubo: 217.56 m s.l.m.

3.5.3.5 Risultati ottenuti

Condizioni di scarico libero

Nella figura sottostante si riporta l'idrogramma in ingresso e in uscita dalla vasca volano in condizioni di scarico libero:

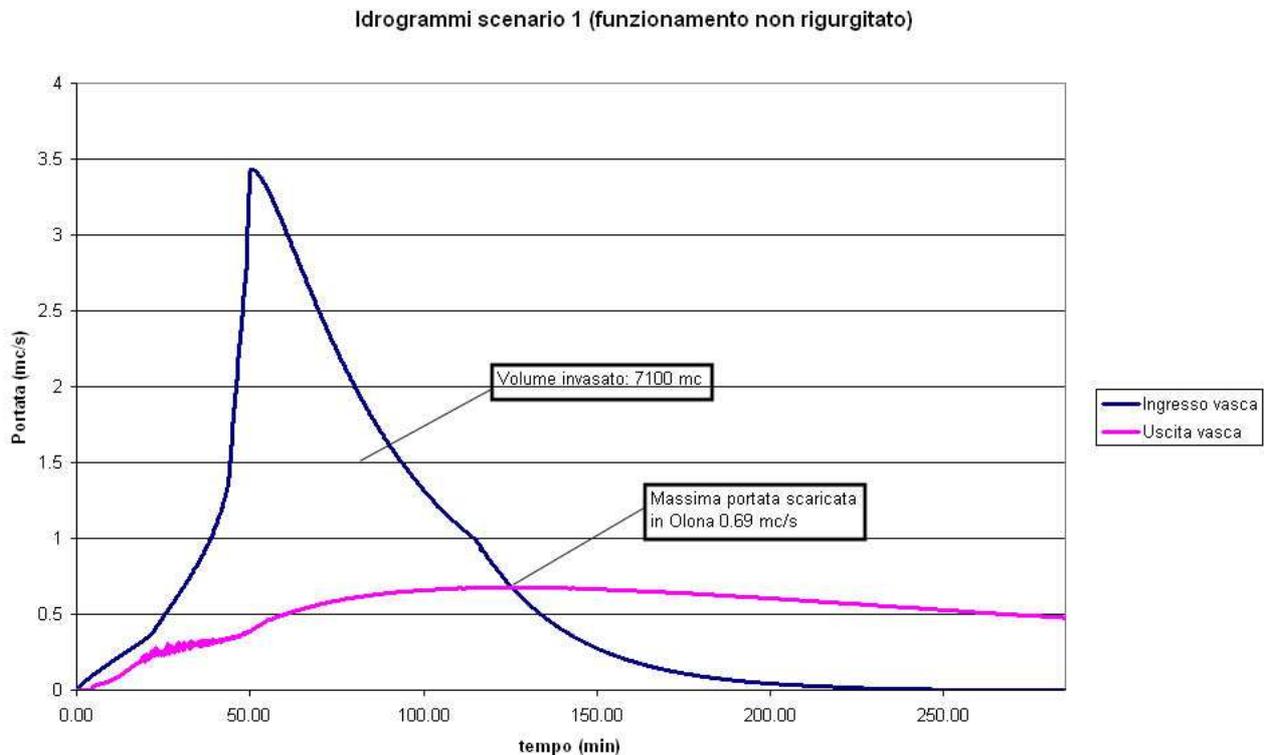


Figura 7 – Idrogrammi in ingresso e uscita dalla vasca volano per T=10 anni in condizioni di scarico libero

In questo assetto si vede che la vasca inizia a scaricare praticamente da subito una portata via via crescente attraverso la luce di fondo e la condotta DN 500 mm.

All'aumentare della portata in arrivo e conseguentemente del livello in vasca la luce inizia a funzionare sottobattente (cambio di concavità della curva viola intorno a $t=50$ min). La portata scaricata all'aumentare del livello cresce fino al valore massimo di 0.69 mc/s, corrispondente ad un livello massimo in vasca di 219.29 m s.l.m.

Il volume complessivamente accumulato in vasca rappresentato dall'area compresa tra le due curve fintanto che la curva blu risulta più alto della curva viola è pari a 7100 mc/s.

Condizioni di scarico rigurgitato

Nella figura sottostante si riporta l'idrogramma in ingresso e in uscita dalla vasca volano in condizioni di scarico rigurgitato:

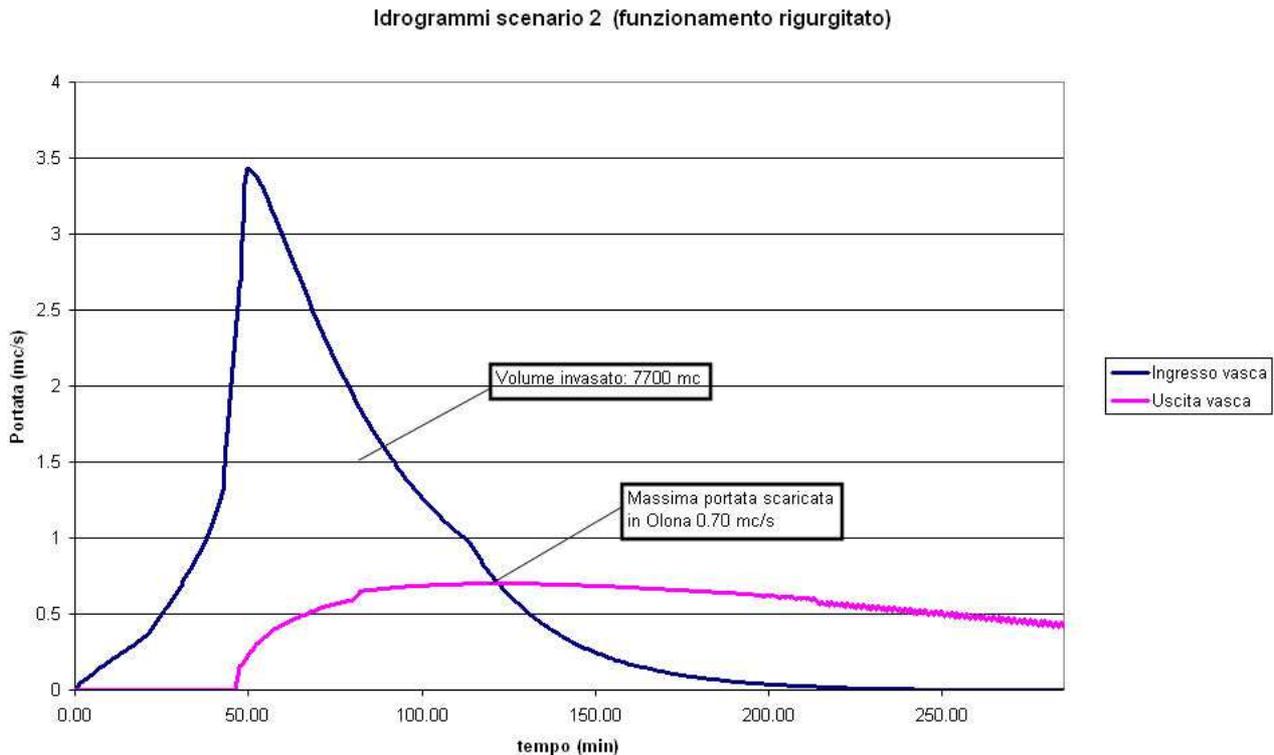


Figura 8 – Idrogrammi in ingresso e uscita dalla vasca volano per T=10 anni in condizioni di scarico rigurgitato

In questo scenario, all'inizio dell'evento il collettore di scarico non è in grado di scaricare niente in quanto il livello nella vasca risulta inferiore al livello in Olona. La presenza di un clapet sulla luce di scarico impedisce che le acque dell'Olona entrino nella vasca. Quando il livello in vasca supera il livello in Olona la vasca inizia a scaricare una portata via via crescente attraverso la luce di fondo e la condotta DN 500 mm. La portata scaricata all'aumentare del livello cresce fino al valore massimo di 0.70 mc/s, corrispondente ad un livello massimo in vasca di 219.37 m s.l.m. Il volume complessivamente accumulato nella vasca in questo assetto è pari a 7700 mc/s.

3.5.4 Verifica del volume della vasca volano con metodi di letteratura

Il volume così ottenuto è stato confrontato con il volume ottenibile applicando diversi metodi di letteratura, alcuni dei quali si basano sull'ipotesi di laminazione ottimale, supponendo cioè che il processo avvenga a portata uscente costante durante la fase di colmo dell'onda di piena.

L'ipotesi di scarico della portata costante pari a $Q_{u\ max}$ è realizzabile con buona approssimazione con un impianto di sollevamento o con dispositivi idraulici di controllo della portata. Per altre tipologie costruttive (quali bocche a battente o a stramazzo, o entrambe, ecc.), il volume W necessario per il desiderato effetto di laminazione è sempre superiore a W_o .

Nel caso in esame, come si è detto, il manufatto di restituzione non presenta organi elettromeccanici in modo da rendere la gestione del sistema il più semplice e naturale possibile e funziona come una luce sottobattente.

Segue la descrizione dei diversi metodi di stima utilizzati. Tutte le metodologie considerano come idrogramma in ingresso quello calcolato per via idrologica, non deformato all'interno delle rete di drenaggio.

3.5.4.1 A) Metodo P.R.R.A.

La metodologia di stima del volume della vasca volano proposta dal Piano di Risanamento Regionale della Regione Lombardia viene effettuata sulla base della Tabella 2 dei criteri di pianificazione, che viene di seguito riportata: tale tabella fornisce la capacità specifica (per ettaro di superficie impermeabile del bacino complessivo sotteso) per diversi valori della portata massima scaricabile $q_{u\ max}$ (vedi paragrafo precedente), in funzione della costante d'invaso K del bacino. La costante temporale del bacino viene assunta pari al 70% del tempo di concentrazione t_c .

Portata in uscita $q_{u\ max}$ [l/s*ha _{imp}]	Costante di invaso K [min]		
	10	30	60
5	1080	1075	1070
10	780	770	760
20	460	435	405
30	390	370	335
40	345	315	275
50	310	290	230
70	270	215	150
100	220	135	25

Note:
 I valori sono determinati sulla base di elaborazioni della pluviometria milanese per tempo di ritorno 10 anni.
 I dati della tabella definiscono la capacità delle vasche, per ogni ettaro impermeabile di bacino sotteso, in funzione della costante temporale K [min] del bacino e della portata $q_{u\ max}$ massima ammissibile in uscita dalle vasche, espressa in l/s per ettaro impermeabile di bacino sotteso.
 La superficie scolante impermeabile [ha_{imp}] è pari al prodotto dell'effettiva area scolante A per il coefficiente di assorbimento medio ponderale φ

Tabella 7 - tabella 2 allegata ai criteri di pianificazione del PRRA

Applicando tale metodologia il volume della vasca risulta di 6315 mc.

3.5.4.2 B) Metodo dell'invaso

Questa procedura si basa sull'ipotesi che il bacino a monte della vasca si comporti come un invaso lineare e quindi che le portate in arrivo alla vasca possano essere stimate mediante il metodo dell'invaso. Questo approccio, per ciò che concerne le vasche volano nelle fognature, è stato seguito da diversi Autori, tra i quali Paoletti e Rege Gianas [1979] che, facendo le seguenti ipotesi semplificative:
 ietogrammi netti di pioggia a intensità costante;

metodo dell'invaso lineare per la determinazione dell'onda di piena nel collettore adducente alla vasca;
 evacuazione della vasca a portata costante pari a $Q_u \max$ (laminazione ottimale),
 hanno determinato gli andamenti delle grandezze adimensionali:

$$F(n', m) = \frac{\theta_w}{k}$$

$$G(n', m) = \frac{W_o}{k \cdot Q_c}$$

dove k è la costante d'invaso del bacino θ_w è la durata critica per la vasca volano (quella cioè che conduce al massimo volume d'invaso W_o), Q_c è la portata critica del bacino a monte. Le due grandezze F e G sono calcolabili in funzione del parametro n' della curva di possibilità pluviometrica, della funzione $D(n') = C^{n'-1} \cdot (1 - e^{-C})$ (in cui

$$n' = \frac{1 + C - e^C}{1 - e^C} \quad m = \frac{1}{\eta} = \frac{Q_c}{Q_{u \max}} \quad \text{e del rapporto } \quad \text{dalle equazioni:}$$

$$n' \cdot F + (1 - n') \cdot \ln \left(\frac{\frac{m}{D} \cdot F^{n'-1}}{\frac{m}{D} \cdot F^{n'-1} - 1} \right) - \frac{\frac{D}{m} \cdot F^{2-n'}}{1 - e^{-F}} = 0$$

$$G(n', m) = g(n', m) \cdot F(n', m)$$

$$g(n', m) = \frac{F^{n'-1}}{D} - \frac{F^{n'-2}}{D} \cdot \ln \left(\frac{\frac{m}{D} \cdot F^{n'-1}}{\frac{m}{D} \cdot F^{n'-1} - 1} \right) - \frac{1}{m} - \frac{1}{m \cdot F} \cdot \ln \left[\left(\frac{m \cdot F^{n'-1}}{D} - 1 \right) \cdot (1 - e^{-F}) \right]$$

Noti i valori di queste funzioni è quindi immediato calcolare la durata critica θ_w e il volume minimo W_o di dimensionamento della vasca volano.

Il volume così ricavato è pari a 5386 mc.

3.5.4.3 C) Metodo cinematica

Questo approccio schematizza il processo di trasformazione afflussi-deflussi nel bacino a monte che in questo caso si ipotizza di tipo cinematico. Sulla base di questa impostazione Alfonsi e Orsi [1987] hanno sviluppato un metodo pratico per il calcolo del volume della vasca. Le ipotesi semplificate adottate sono le seguenti:

ietogrammi netti di pioggia a intensità costante;

curva aree tempi lineare;

svuotamento della vasca a portata costante pari a $Q \max$ (laminazione ottimale).

Sotto queste ipotesi si può scrivere l'espressione del volume W [mc] invasato nella vasca in funzione della durata della pioggia θ [ore], del tempo di corrivazione del bacino t_c [ore], della portata uscente dalla vasca $Q_u \max$ [l/s] del coefficiente di afflusso ϕ , dell'area del bacino S [ha] e dei parametri a' [mm/ora-n'] ed n' della curva di possibilità pluviometrica:

$$W = 10 \cdot \phi \cdot S \cdot a' \cdot \theta^{n'} + 1,295 \cdot t_c \cdot Q_u^2 \cdot \frac{\theta^{1-n'}}{\phi \cdot S \cdot a'} - 3,6 \cdot Q_u \cdot t_c$$

Imponendo la condizione al massimo per il volume W si trovano le relazioni:

$$n' \cdot \phi \cdot S \cdot a' \cdot \theta_w^{n'-1} + (1 - n') \cdot t_c \cdot Q_u^2 \cdot \frac{\theta_w^{-n'}}{\phi \cdot S \cdot a'} - Q_u = 0$$

$$2,78 \cdot n' \cdot \phi \cdot S \cdot a' \cdot \theta_w^{n'-1} + 0,36 \cdot (1 - n') \cdot t_c \cdot Q_u^2 \cdot \frac{\theta_w^{-n'}}{\phi \cdot S \cdot a'} - Q_u = 0$$

dalla quale si ricava la durata critica θ_w per la vasca, ed il volume W_o da assegnare alla vasca pari a 6707 mc.

3.5.4.4 D) Metodo di Marone

Uno dei metodi approssimati più semplici è quello basato sulla formula dovuta a Marone [1971], che esprime il rapporto di laminazione η tra la portata massima uscente $Q_{u \max} = Q_u$ e quella massima entrante Q_c in funzione del volume massimo $W_{\max} = W_o$ invasabile nel lago e del volume W_p dell'onda di piena in ingresso. Questa formula è stata ricavata sotto l'ipotesi che la portata uscente vari in funzione del livello idrico nella vasca con la legge delle luci a stramazzo e che l'idrogramma entrante segua una equazione del tipo:

$$q_e(t) = q_c \cdot \frac{t}{t_c} \cdot e^{1-t/t_c}$$

Sebbene il tipo di ipotesi alla base della formula di Marone, soprattutto quella sulla portata in uscita, la rendano adatta a valutare la laminazione soprattutto nelle dighe, essa si presta comunque bene per valutazioni di massima del volume delle vasche volano delle fognature.

Nell'applicazione di tale metodo, si è ipotizzato un idrogramma in ingresso alla vasca di tipo triangolare, con picco ($Q_c =$ portata massima) in corrispondenza del tempo di corrvazione t_c .

Il volume risultante è 5790 mc.

3.5.4.5 E) Metodo delle sole piogge

Questo metodo, che generalmente fornisce una valutazione per eccesso molto cautelativa del volume W_o della vasca, si basa sul confronto tra la curva cumulata delle portate entranti e quella delle portate uscenti ipotizzando che sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi operata dal bacino e dalla rete drenante. In tali condizioni, applicando uno ietogramma netto di pioggia a intensità costante, il volume entrante risulta pari a

$$W_e = S \cdot \phi \cdot a \cdot \theta n$$

dove S è la superficie del bacino, mentre il volume uscente con evacuazione della vasca a portata costante $Q_u = Q_{\max}$ risulta

$$W_u = Q_{\max} \cdot \theta$$

Il volume massimo da accumulare nella vasca è pari alla massima differenza tra le due curve e può essere individuato graficamente riportando sul piano (h, θ) la curva di possibilità pluviometrica netta:

$$h_{\text{net}} = \phi \cdot a' \cdot \theta \cdot n'$$

e la retta rappresentante il volume, riferito all'unità di area del bacino a monte uscente dalla vasca:

$$h_u = \frac{Q_{u \max}}{S} \cdot \theta$$

Esprimendo matematicamente la condizione di massimo, ossia derivando la differenza $\Delta W = W_e - W_u$, si ricava la durata critica per la vasca:

$$\theta_w = \left(\frac{Q_{u \max}}{S \cdot \varphi \cdot a' \cdot n'} \right)^{\frac{1}{n'-1}}$$

$$W_o = S \cdot \varphi \cdot a' \cdot \left(\frac{Q_{u \max}}{S \cdot \varphi \cdot a' \cdot n'} \right)^{\frac{n}{n'-1}} - Q_{u \max} \cdot \left(\frac{Q_{u \max}}{S \cdot \varphi \cdot a' \cdot n'} \right)^{\frac{1}{n'-1}}$$

Nel caso in esame il volume della vasca risulta pari a 7616 mc.

3.5.4.6 Confronto dei volumi

I volumi risultanti dall'applicazione delle diverse metodologie sono sintetizzati nella tabella seguente:

Metodo di stima	Volume (mc)
MIKE11- volume onda di piena non rigurgitata	7100
MIKE11- volume onda di piena rigurgitata	7700
Metodo P.R.R.A.	6315
Metodo dell'invaso	5386
Metodo cinematico	6707
Metodo di Marone	5790
Metodo delle sole piogge	7616

Come prevedibile le metodologie di stima di letteratura sottostimano leggermente il volume necessario alla laminazione perché in molti casi considerano una regolazione degli organi di controllo che nel caso in esame non è prevista, ma i valori risultano comunque poco difforni.

Pertanto la vasca è stata dimensionata per invasare 7700 mc/s con uno sfioratore di emergenza posto a quota 219.40 m s.l.m., pari all'argine attuale dell'Olona che consente di scaricare le acque in eccesso nel caso in cui si verifichi un evento con tempo di ritorno superiore a 10 anni senza allagare l'area esterna alla vasca.

3.5.5 Manufatto scolmatore di ingresso al sistema

3.5.5.1 Descrizione manufatto

Il manufatto scolmatore è stato progettato per funzionare correttamente al variare della portata in arrivo dalla rete fognaria di Gorla Maggiore. Come detto precedentemente infatti ad oggi la rete fognaria comunale non è in grado di smaltire l'intera portata

decennale ($Q=3.40$ mc/s). Attualmente il tratto terminale della rete è costituito da un collettore DN 500 mm con pendenza dell'18.5%.

Questo collettore a pieno riempimento è in grado di convogliare una portata massima di 1.7 mc/s.

Pertanto nel dimensionamento del manufatto si è verificato la funzionalità dell'opera oltre che per eventi ordinari anche per eventi con portate di picco corrispondenti alla massima portata attualmente in grado di essere convogliata dalla rete fognaria (1.7 mc/s) e alla massima portata generata dal bacino urbano drenato per $T=10$ anni (3.4 mc/s).

La ripartizione delle portate tra i diversi componenti del sistema sarà gestita da un manufatto scolmatore da realizzarsi in sostituzione di quello oggi esistente, posto a valle dell'attraversamento della ferrovia della Valmorea.

La condotta esistente DN 500 mm entra nel manufatto a quota 219.58 m s.l.m. in un primo comparto, con savanella di fondo a quota 219.40 m s.l.m.. Fintanto che il livello nel manufatto è inferiore a 219.58 m s.l.m., l'intera portata in ingresso prosegue, attraverso una luce circolare DN 160 mm con regolatore di portata, verso un secondo comparto con quota di fondo posta a quota 218.74 m s.l.m. e da qui verso il collettore consortile attraverso una condotta DN 400 mm.

Quando il livello supera 219.58 m s.l.m., parte delle portate inizia a defluire verso un secondo comparto con fondo a quota 219.58 m s.l.m. Da qui attraverso una luce di controllo rettangolare 0.7 m x 0.6 m regolata da paratoia automatizzata le portate vengono convogliate verso il sistema di trattamento delle prime piogge.

Il collegamento tra manufatto e sistema di prima pioggia è dato da una condotta DN 800 mm con $i=0.5$ %.

Quando il livello nel manufatto raggiunge quota 220.25 m s.l.m. (67 cm) si attiva un ulteriore scolmatore di lunghezza 4 metri che alimenta un comparto del manufatto regolato da una luce circolare DN 1000 mm con paratoia manuale, da cui parte il collettore che alimenta la vasca volano, anch'esso con DN 1000 mm e pendenza 0.5%.

3.5.5.2 Formule di calcolo

Per il dimensionamento delle luci e degli sfioratori del manufatto sono state utilizzate le seguenti formule:

- Per luci rettangolari con funzionamento a stramazzo e per sfioratori longitudinali la portata defluente Q (mc/s) è data dalla formula

$$Q = \mu \cdot h \cdot L \cdot (2 \cdot g \cdot h)^{0.5} \quad (3.1)$$

in cui:

μ = coefficiente di efflusso = 0.385

h = carico sullo sfioratore (m)

L = lunghezza della soglia di sfioro (m)

g = costante gravitazionale = 9.81 m/s²

- Per luci rettangolari e circolari con funzionamento a battente la portata Q (mc/s) è data dalla formula

$$Q = \mu \cdot A \cdot (2 \cdot g \cdot h)^{0.5} \quad (3.3)$$

in cui:

μ = coefficiente di efflusso = 0.61

A = Superficie della luce (mq)

h = altezza idrica rispetto al baricentro della luce (m)

g = costante gravitazionale = 9.81 m/s²

- Il dimensionamento dei collettori è stato fatto in condizioni di moto uniforme, applicando la nota formula di Chèzy:

$$Q = k \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

dove k è il coefficiente di scabrezza del canale secondo la formulazione di Gaukler-Strickler, R il raggio idraulico e i la pendenza longitudinale.

E' stata considerato e un coefficiente di scabrezza ks pari a 70.

3.5.5.3 Ripartizione portate nei diversi scenari

Fino a che la portata in arrivo al manufatto si mantiene inferiore a 20 l/s, questa viene interamente inviata alla depurazione attraverso la luce circolare DN 160 mm con regolatore di portata e da qui attraverso il collettore DN 400 mm viene inviata al collettore consortile.

Come detto all'aumentare della portata in arrivo si attiva anche il collegamento verso il sistema di prima pioggia.

L'intera portata è inviata ai due sistemi di depurazione (collettore consortile e sistema di prima pioggia) fino a che il livello in vasca risulta inferiore o uguale a 220.25 . s.l.m.

In corrispondenza di questo le due aperture verso il collettore consortile e il sistema di prima pioggia funzionano a battente con una portata defluente rispettivamente di 20 l/s e 640 l/s.

All'aumentare della portata in arrivo al manufatto, si attiva lo scolmatore che invia le acque alla vasca volano.

In corrispondenza della portata massima oggi convogliabile dalla rete pari a 1.7 mc/s verso il collettore consortile vengono inviati 20 l/s verso il sistema di 1° pioggia 640 l/s e verso la vasca volano 1040 l/s. il livello nel manufatto a monte dello sfioratore verso la vasca volano è pari a 220.54 m s.l.m.

Il livello nel collettore DN 1000 mm che collega il manufatto alla vasca volano è pari a 0.60 m con un conseguente grado di riempimento del 60%.

Nell'ipotesi di adeguamento della rete con portata al colmo pari a 3.4 mc/s, le portate vengono così ripartite

- collettore consortile: 0.20 mc/s

- 1° pioggia: 0.64 mc/s

- vasca volano: 2.78 mc/s

con un livello nel manufatto di 220.80 m s.l.m.

Chiaramente in questo assetto è necessario prevedere la realizzazione di un nuovo Collettore che insieme a quello già realizzato in questa fase sia in grado di convogliare alla vasca volano le portate in arrivo dalla rete.

3.5.6 Trattamenti preliminari acque di scolmo

Il primo trattamento a cui sono sottoposte le acque scolmate è la grigliatura, in modo da evitare il trascinarsi di materiale solido grossolano verso gli stadi successivi del processo. Date le portate e le quantità prevedibilmente trasportate, è stata scelta una

griglia meccanizzata, in modo da rendere agevole l'estrazione e l'allontanamento del grigliato. Il sistema di grigliatura verrà installato direttamente in testa al dissabbiatore.

Il dissabbiatore è costituito da una vasca interrata in cemento armato avente le funzioni di sedimentare le sabbie e le particelle medio-fini veicolate in periodo di pioggia dalla fognatura e che altrimenti ridurrebbero i volumi utili di trattamento dello stadio successivo. I dissabbiatori a canale sono manufatti in cls (da realizzarsi interrati) in cui la sedimentazione è garantita dalla bassa velocità del liquido da trattare, che deve essere inferiore a 0,3-0,4 m/s. Il fondo del canale è sagomato per raccogliere il materiale sedimentato.

3.5.7 Sistema di filtrazione verticale e sistema a flusso libero

Le acque provenienti dallo sfioratore fognario ($Q \leq 0,64 \text{ m}^3/\text{s}$) vengono inviate ad un sistema di trattamento a filtrazione verticale composto da quattro vasche funzionanti in parallelo ciascuna di superficie pari a circa 960 m^2 , capace di contenere l'intero volume di prima pioggia.

Le acque in uscita, assieme a quelle di seconda pioggia, vengono recapitate in un sistema di fitodepurazione a flusso libero superficiale di superficie utile pari a 3174 mq .

3.5.8 Vasca volano

Il sistema a flusso libero è inserito in una vasca volano del volume di 7700 m^3 e coprirà una superficie di circa 7200 mq ; la portata di restituzione massima corrisponde al limite di 40 l/s ha , per portate superiori si ha quindi un aumento dei tiranti idrici all'interno della zona umida con possibilità di occasionale allagamento delle aree laterali facenti parte della vasca volano. In tali aree potrà essere prevista vegetazione arborea ed arbustiva privilegiando per le fasce limitrofe al sistema a flusso libero specie adatte a temporanei allagamenti.

La quota di fondo vasca sarà posta ad una quota media di $218,30 \text{ m s.l.m.}$ con fondo degradante da monte verso valle per favorire lo svuotamento dell'invaso. Nella parte centrale dell'invaso è prevista un'area umida con pelo libero in condizioni ordinarie a quota $217,80 \text{ m s.l.m.}$ Questa area umida sarà alimentata in continuo con acque dell'Olona grazie a un tubo di DN 125 mm . La dimensione molto ridotta del tubo fa sì che da un lato le portate derivate dall'Olona in magra siano ridotte e non causino problemi di DMV al fiume e dall'altro impedisce che vi siano fenomeni di riempimento della vasca con le acque del fiume. La portata che verrà derivata è dell'ordine dei 10 l/s . Il volume utile della volano si troverà interamente al di sopra del livello dello specchio d'acqua. Le sponde della volano sono poste ad una quota minima di $220,00 \text{ m s.l.m.}$ Tenuto conto che lo sfioratore di emergenza è posto a quota $219,40 \text{ m s.l.m.}$ e che questa è anche la quota prevista di massimo invaso, il volume da laminare è contenuto nella vasca con un franco di sicurezza di circa 60 cm .

Sul fondo vasca è realizzato un canale in terra con sezione trapezia avente base maggiore 1 m , base minore $0,5 \text{ m}$ e altezza $0,4 \text{ m}$ che consente in caso di portate non particolarmente elevate, di scaricare in Olona senza allagare il resto della vasca. Il canale in prossimità dell'argine dell'Olona e dello sfioratore di emergenza, entra in un pozzetto

da cui parte un tubo DN 500 mm con pendenza dello 0.4% e lunghezza 10 metri con un clapet in testa per evitare il rigurgito dell'Olona.

La condotta scarica in Olona a quota 217.50 m s.l.m. in un punto in cui la quota di fondo del corso d'acqua è 219.17 m s.l.m.

Nello stesso punto è previsto a quota 219.40 m s.l.m. uno sfioratore di emergenza in massi cementati che consente di scaricare in Olona le eventuali portate che si hanno per eventi con tempo di ritorno superiore a 10 anni.

Per proteggere il fiume da fenomeni erosivi che si potrebbero generare a causa dello scarico della condotta e dello sfioratore d'emergenza si prevede di proteggere per 25 metri il fondo alveo e la sponda destra del corso d'acqua con massi sciolti.

In condizioni di scarico libero la vasca inizia a scaricare praticamente da subito una portata via via crescente attraverso la luce di fondo e la condotta DN 500 mm. All'aumentare della portata in arrivo e conseguentemente del livello in vasca la luce inizia a funzionare sottobattente. La portata scaricata all'aumentare del livello cresce fino al valore massimo di 0.69 mc/s, corrispondente ad un livello massimo in vasca di 219.29 m s.l.m.

Il volume complessivamente accumulato in vasca rappresentato dall'area compresa tra le due curve fintanto che la curva blu risulta più alto della curva viola è pari a 7100 mc/s.

In condizioni di scarico rigurgitato, all'inizio dell'evento il collettore di scarico non è in grado di scaricare niente in quanto il livello nella vasca risulta inferiore al livello in Olona. La presenza di un clapet sulla luce di scarico impedisce che le acque dell'Olona entrino nella vasca. Quando il livello in vasca supera il livello in Olona la vasca inizia a scaricare una portata via via crescente attraverso la luce di fondo e la condotta DN 500 mm.

La portata scaricata all'aumentare del livello cresce fino al valore massimo di 0.70 mc/s, corrispondente ad un livello massimo in vasca di 219.37 m s.l.m.

Il volume complessivamente accumulato nella vasca in questo assetto è pari a 7700 mc/s.

3.5.9 Tubazioni, pezzi speciali, pozzetti

Tutte le tubazioni di collegamento fra i vari stadi del sistema saranno realizzate in Pead per fognature interrate; per diametri superiori a DN630 mm si è previsto di ricorrere a tubazioni in calcestruzzo armato autoportanti.

Le tubazioni di drenaggio dei filtri verticali saranno realizzate in PVC microforato o Pead microfessurato

Tutti i pozzetti sono prefabbricati in c.a.v., per evitare la realizzazione in opera, riducendo i costi ed i rischi sul luogo di lavoro; vengono posti in opera su platea in cls e rinfiacati in cls.

In corrispondenza di curve a 90°, verranno collocati dei pozzetti con funzione di ispezione e in modo da evitare rotture.

I pozzetti sono di forma rettangolare e muniti di chiusini in ghisa per consentire la verifica e l'accesso del personale per la manutenzione per mezzo di una scala a muro in ferro.

3.6 INSERIMENTO DELLE OPERE NELLA PIANIFICAZIONE DI MEDIO E LUNGO TERMINE

Come già evidenziato il sistema di fitodepurazione in progetto è situato sulla sponda sinistra del Fiume Olona in un'area interna alla Fascia A, nonché interna alla fascia B di progetto, secondo il **Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico** dell'Autorità di Bacino del Po adottato con delibera di Comitato Istituzionale n. 18 del 26 aprile 2001 ed approvato con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 24 maggio 2001.

Inoltre l'area oggetto di intervento è interessata da opere inserite nel quadro pianificatorio dell'Autorità di Bacino stessa definito grazie alle risultanze dello "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro – Olona" (per comodità nel seguito "Studio Lambro-Olona") concluso nel 2004.

Qui di seguito si riportano le conclusioni del suddetto studio per quanto concerne l'area in oggetto e le modalità di inserimento delle opere in progetto nel quadro pianificatorio esistente che, vale la pena di evidenziarlo, costituisce un elemento vincolante alla realizzazione delle opere non solo del presente progetto ma anche di futura progettazione e realizzazione.

3.6.1 Descrizione delle risultanze dello studio "Lambro-Olona"

Nel recente "Studio Lambro-Olona", l'area oggetto di interesse risulta trovarsi interna ad una delle 4 vasche di espansione previste lungo il Fiume Olona.

Si tratta della vasca di espansione n° 3 situata nella zona tra i comuni di Gorla Maggiore e Fagnano Olona, con sezione di chiusura nei pressi del confine tra Gorla Maggiore e Gorla Minore. Si tratta di una vasca in linea sul fiume Olona, che si estende a monte per circa 1,3 km. Il volume di laminazione stimato è di 550.000 m³ con la funzione di eliminare le situazioni di criticità localizzata presenti nel tratto seguente del fiume che precede l'imbocco nella tombiatura di Milano, permettendo una riduzione consistente dei colmi di piena provenienti da monte da 76 a 45 m³/s. La quota di massimo invaso prevista è di 220.25 m s.l.m. e la sommità degli argini perimetrali è prevista ad una quota di 221.75 m s.l.m.

A seguito della realizzazione dell'invaso il livello centennale in Olona è previsto pari a 220.25 m s.l.m nel punto di scarico della vasca volano in progetto.

Il medesimo studio fissa un limite massimo di scarico dell'intera rete fognaria di Gorla Maggiore in Olona in concomitanza con un evento centennale pari a **2.09 mc/s**.

L'idrogramma fognario di progetto immesso in Olona nello studio "Lambro-Olona" (scarico 11) ha volume pari 47453 mc che rappresenta il volume corrispondente a un evento centennale sull'intera rete fognaria di Gorla Maggiore e portata al colmo pari a 2.09 mc/s.

Nella figura seguente è riportato l'idrogramma sopra descritto.

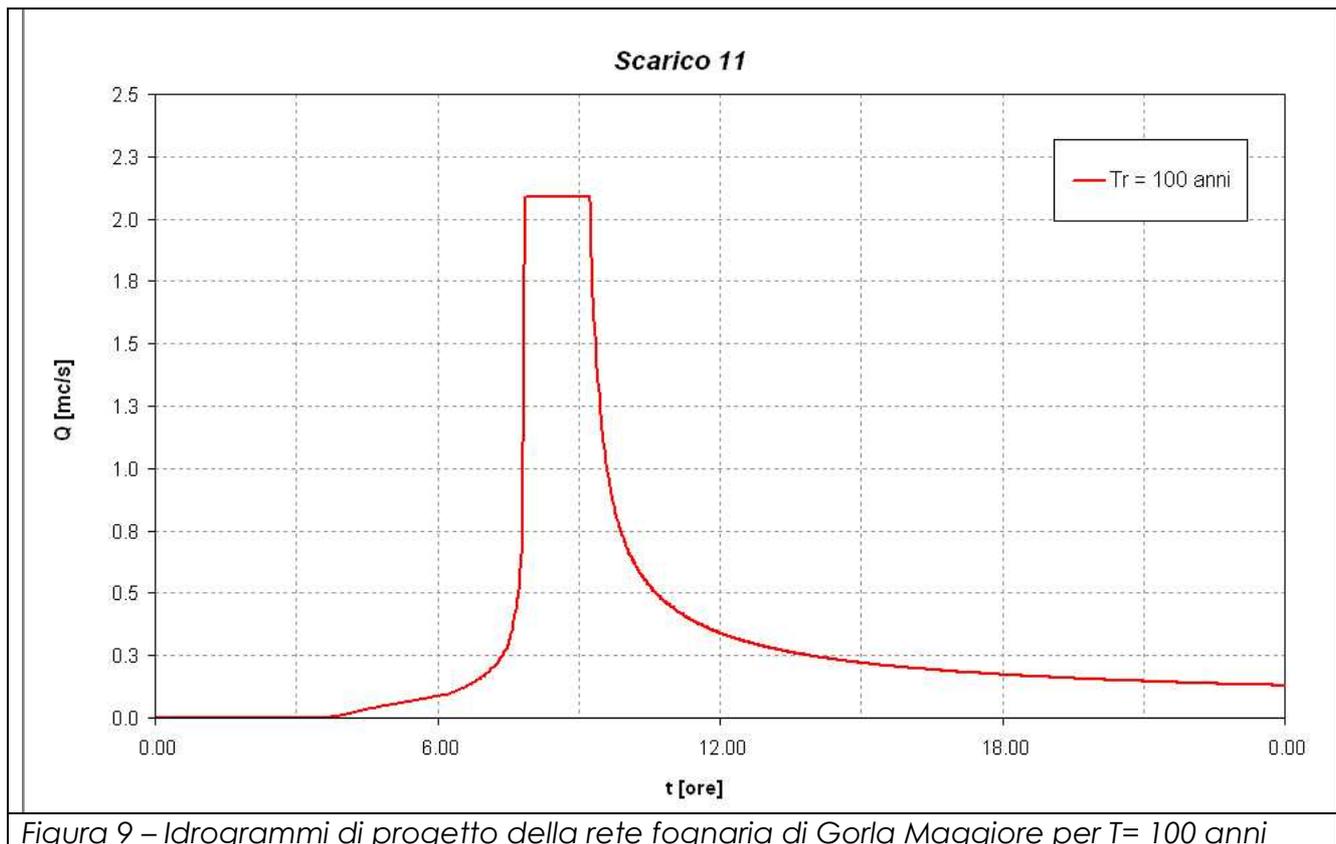


Figura 9 – Idrogrammi di progetto della rete fognaria di Gorla Maggiore per $T=100$ anni

Pertanto le opere oggetto della presente progettazione costituiranno un primo passo per il controllo quantitativo, oltre che qualitativo, degli scarichi fognari in Olona consentendo al tempo stesso la realizzazione delle opere di laminazione previste nella pianificazione dell'Autorità di Bacino del Po, eventualmente con modesti adeguamenti costruttivi rispetto a quanto previsto nello studio di fattibilità "Lambro-Olona".

Vale la pena di evidenziare inoltre come la limitazione delle portate a 40 l/s*ha impermeabile previsto su uno degli scarichi del comune di Gorla Maggiore non va in alcun modo a modificare il limite massimo di scarico consentito per l'intero comune di Gorla Maggiore fissato in 2.09 mc/s.

3.6.2 Compatibilità delle opere in progetto con la vasca di laminazione sull'Olona

Per valutare la compatibilità delle opere in progetto con la vasca di laminazione sull'Olona è necessario valutare quale sia l'effettiva modifica in termini di livelli che si ha escludendo dalla vasca di laminazione l'intera area del sistema prima pioggia-volano e quindi riducendo la superficie utile alla laminazione delle piene dell'Olona.

Il sistema prima pioggia-volano del presente progetto occupa un'area complessiva di 22'000 mq, posta nella parte più a monte della vasca di laminazione sull'Olona, la cui estensione è invece pari a 220'000 mq.

Considerato che la vasca di laminazione sull'Olona è stata prevista in linea con alimentazione da valle e che i terreni su cui sorge degradano da monte verso valle, l'area occupata dalle opere in progetto è quella in cui i tiranti risultano minori. In quest'area i tiranti risultano variabili tra 1.00 metri e 1.50 metri in corrispondenza dell'evento centennale di progetto sull'Olona.

Considerando un tirante medio di 1.25 metri in corrispondenza dell'evento di progetto centennale sull'Olona il volume V_1 che sarebbe accumulato nell'area su cui è previsto il sistema prima pioggia-volano è pari a:

$$V_1 = 22'000mq * 1.25m = 27'500mc$$

Il volume complessivo invasato nella vasca di laminazione sull'Olona è pari a 550'000 mc e pertanto il volume V_1 costituisce il 5% del volume complessivo della vasca.

Ipotizzando di voler escludere l'intero sistema prima pioggia-volano dalla vasca di laminazione è necessario recuperare 27'500 mc sulla restante parte di vasca di laminazione incrementando il livello massimo di invaso.

La superficie utile per la laminazione al netto delle aree deputate alla laminazione della rete fognaria è pari a:

$$A_1 = 220'000mq - 22'000mq = 198'000mq$$

L'incremento di livello a seguito della riduzione dell'area è dato dal seguente rapporto:

$$\Delta h_1 = 27'500mc / 198'000mq = 0.14m$$

Il livello di massimo invaso in vasca dovrà quindi essere pari a 220.39 m s.l.m. rispetto ai 220.25 m s.l.m. previsti nello studio "Lambro-Olona" con quota degli argini perimetrali pari a 221.89 m s.l.m. anziché 221.75 m s.l.m.

Pertanto qualora in fase di realizzazione della vasca di laminazione sull'Olona i progettisti riterranno opportuno mantenere separati i sistemi di laminazione della rete fognaria e dell'Olona, dovranno prevedere un innalzamento anche dell'arginatura perimetrale del sistema prima pioggia-volano dalla quota prevista nel presente progetto di 220.00 m s.l.m. alla quota di 221.89 e dello sfioratore di emergenza della vasca volano in Olona da quota 219.40 m s.l.m. a quota 220.39 m s.l.m.

Una seconda ipotesi che potrà essere valutata è quella di tenere fuori dalla vasca di laminazione solo la parte di trattamento di prima pioggia realizzata con filtri verticali a cielo aperto, maggiormente delicati e a rischio nel caso di riempimento con acque dell'Olona.

In questa ipotesi la superficie sottratta alla vasca di laminazione è pari a 10'500 mq e il volume V_2 sottratto è:

$$V_2 = 10'500mq * 1.25m = 13'125mc$$

La superficie utile alla laminazione è quindi:

$$A_2 = 220'000mq - 10'500mq = 209'500mq$$

E il conseguente incremento dei livelli in vasca

$$\Delta h_2 = 13'125mc / 209'500mq = 0.06m$$

In questa ipotesi in fase di progettazione della vasca di laminazione andranno realizzati gli argini perimetrali a quota 221.81 m s.l.m. lungo tutta la vasca e andranno innalzati gli

argini che nel presente progetto separano la vasca volano dalla vasca di prima pioggia da quota di 220. m s.l.m. a quota 221.81 m s.l.m.

La vasca volano invece in questa seconda ipotesi risulterebbe allagabile anche dalle acque dell'Olona. In questa ipotesi poiché la vasca volano non può più svolgere la sua funzione di laminazione delle portate provenienti dalla rete fognaria risulterebbe necessario prevedere il posizionamento di valvole di controllo all'uscita del sistema di prima pioggia per limitare in ogni caso lo scarico fognario a 40 l/s*ha impermeabile pari a 0.7 mc/s.

L'ipotesi di escludere l'intero sistema prima pioggia-volano dalla vasca di laminazione appare in prima analisi preferibile in quanto consente lo scarico controllato delle portate provenienti dalla rete fognaria di Gorla Maggiore senza provocare rigurgiti nella rete fognaria stessa, tuttavia sarà compito dei progettisti della vasca di laminazione definire la soluzione ottimale per la coesistenza e il corretto funzionamento delle due opere.

In entrambe le ipotesi (esclusione del solo sistema di prime piogge o del sistema di prime piogge e della volano), è possibile prevedere, in alternativa all'innalzamento degli argini l'ampliamento della superficie su cui realizzare la vasca di laminazione di una quantità pari a quella sottratta per la realizzazione degli invasi necessari per la laminazione della rete fognaria. Tale ampliamento consentirebbe il mantenimento delle quote di sommità arginale ai valori previsti nello "Studio Lambro-Olona", ma richiederebbe di ampliare le aree oggi vincolate dagli strumenti pianificatori per la realizzazione dell'invaso. L'individuazione di superfici per l'ampliamento dell'invaso appare in prima analisi complesso per la presenza di edifici sia nel tratto golenale a monte che in quello a valle della vasca di laminazione, tuttavia questa ipotesi andrà attentamente valutata in fase di progettazione della vasca di laminazione stessa.

3.6.3 Verifica del funzionamento della vasca volano durante l'evento di progetto centennale dello "Studio Lambro-Olona"

Per il dimensionamento della vasca volano è stato considerato l'idrogramma decennale prodotto all'interno del bacino fognario afferente allo scarico in progetto. Questo scarico collette le acque drenate da un'area di circa 56 ettari pari al 60% dell'area considerata nello studio "Lambro-Olona" per l'intero bacino di Gorla Maggiore.

Come detto ai precedenti capitoli il dimensionamento della vasca è stato fatto considerando che l'intera portata decennale arrivi alla vasca senza laminazioni lungo la rete fognaria. Questa ipotesi, è diversa da quella fatta nello studio "Lambro-Olona" che come detto ipotizzava una portata massima in arrivo all'Olona dalla rete fognaria pari a quella con tempo di ritorno di 2 anni e un volume dell'idrogramma pari a quello centennale. Pertanto per valutare la compatibilità delle opere in progetto con le risultanze dello studio "Lambro-Olona" si è valutato il funzionamento del sistema in due ulteriori ipotesi:

- A. Livello in Olona pari a 220.39 m s.l.m. (vasca di laminazione piena) e idrogramma di progetto decennale;
- B. Livello in Olona pari a 220.39 m s.l.m. (vasca di laminazione piena) e idrogramma ricavato con la metodologia "Lambro-Olona" (volume centennale e portata al colmo biennale) considerando però la sola superficie fognaria drenata dallo scarico in progetto.

Nello scenario A, il livello massimo che si instaura nella volano è pari a 219.40 m s.l.m. rispetto a un livello in Olona pari a 220.39 m s.l.m.

Poiché il livello risulta inferiore a quello dell'Olona la portata scaricata risulta nulla in questo scenario. Il volume complessivo dell'idrogramma di progetto decennale è pari a 11500 mc.

L'innalzamento delle arginature perimetrali della vasca volano fino a quota 221.89 m s.l.m. e dello sfioratore di emergenza a quota 220.39 m s.l.m. aumenta notevolmente la capacità di invaso della vasca volano che anche in condizioni di livello in Olona pari a 220.39 m s.l.m. è in grado di accumulare l'intero idrogramma fognario di progetto senza causare esondazioni alla fognatura comunale pure con scarico nullo.

Nello scenario B invece l'idrogramma desunto per similitudine con lo studio "Lambro-Olona" adottando gli stessi parametri geomorfologici utilizzati nello studio ma considerando l'area afferente al solo scarico in progetto e non l'intera area del comune di Gorla Maggiore è riportato in figura 10.

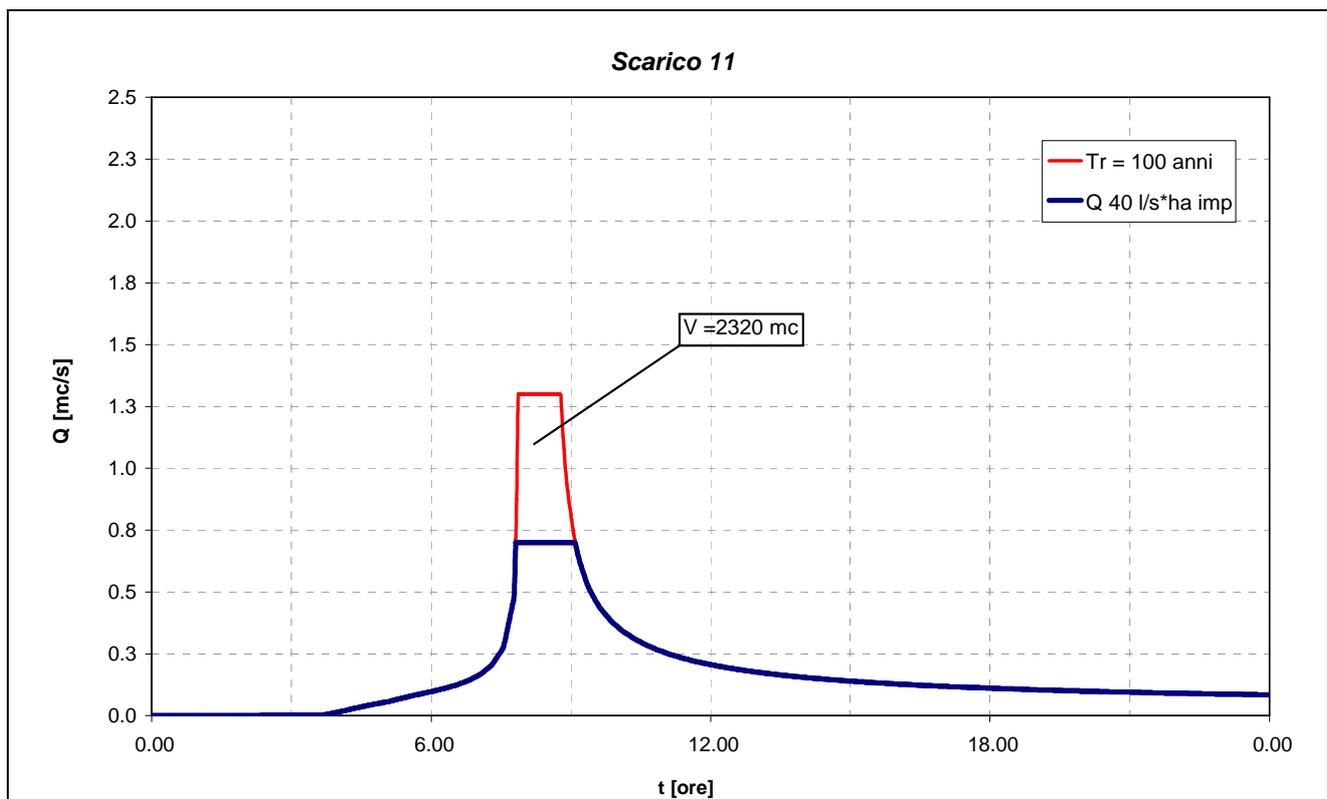


Figura 10 – Idrogrammi del solo scarico in progetto di Gorla Maggiore per $T=100$ anni desunto con la metodologia dello studio "Lambro –Olona" nell'ipotesi di scarico in Olona pari a 40 l/s per ettaro impermeabile.

Come si vede applicando questa metodologia il volume che deve essere accumulato nella vasca volano in condizioni di scarico non rigurgitato dall'Olona è inferiore rispetto a quello dell'idrogramma di progetto considerato e quindi il sistema funziona anche in questa ipotesi.

Nel caso di vasca di laminazione piena (livello Olona 220.39 m s.l.m.) la vasca volano con soglia di sfioro d'emergenza posta a quota 220.39 m s.l.m. è in grado di invasare senza creare allagamenti alla rete fognaria a monte e senza scaricare in Olona un volume massimo dato dalla superficie interna della vasca volano pari a 8'700 mq per il tirante in vasca dato dalla differenza tra 220.39 m s.l.m. e la quota media di fondo vasca pari a 218.00 m s.l.m.:

$$V_{\max} = 8'700mq * 2.39m = 20'793mc$$

Il volume complessivo dell'idrogramma di figura 10 è pari a 29'133 mc, pertanto la vasca volano sarebbe in grado di invasare più del 70% l'idrogramma prima che si attivi lo sfioratore di emergenza e la luce di fondo, scaricando in Olona la sola coda dell'idrogramma come si vede in figura 11.

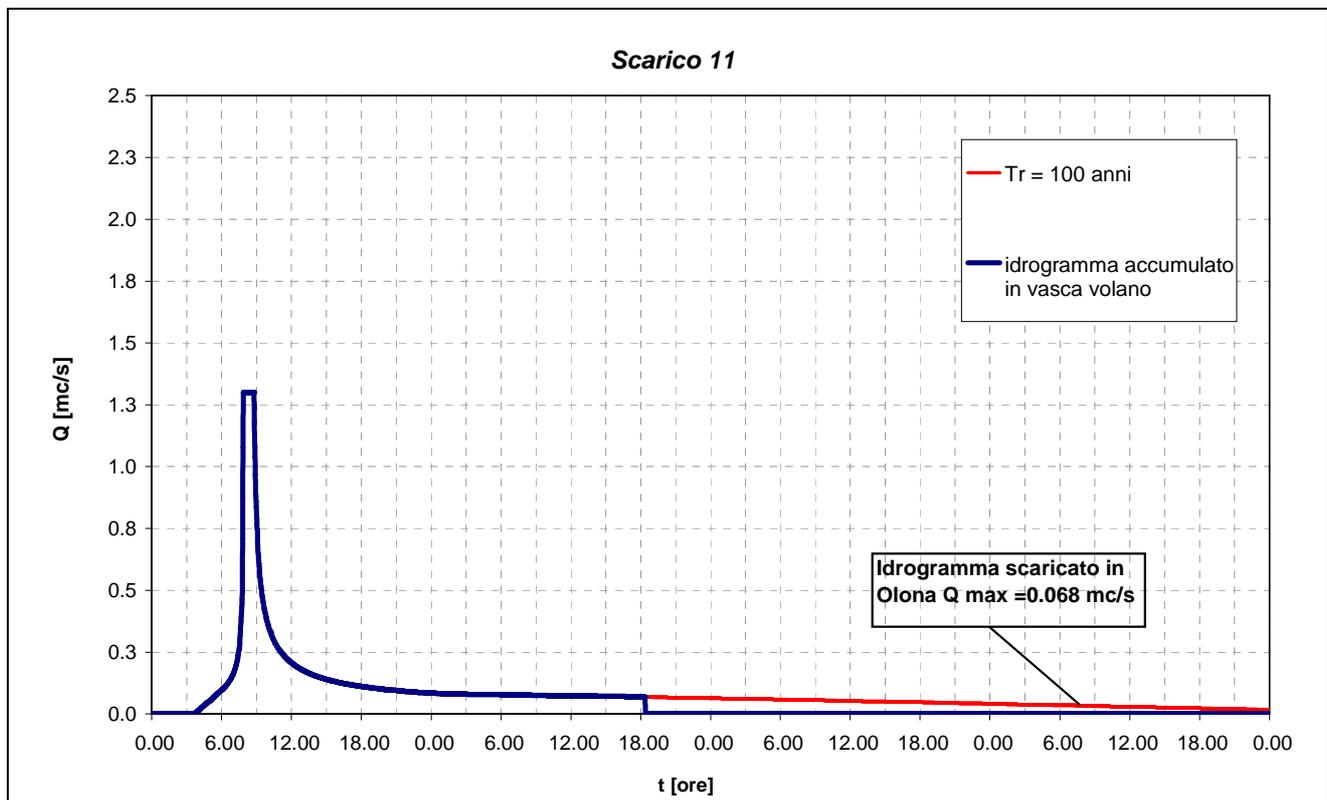


Figura 11 – Idrogrammi del solo scarico in progetto di Gorla Maggiore per $T=100$ anni desunto con la metodologia dello studio “Lambro –Olona” nell’ipotesi di vasca di laminazione piena

Come si evince dalla figura 11 la massima portata scaricata in Olona è in questo scenario pari a 68 l/s, quindi notevolmente inferiore ai 700 l/s consentiti da normativa.

3.6.4 Considerazioni conclusive

Dall'analisi condotta risulta quindi che:

- Nell'assetto attuale dell'Olonza, che considera l'assetto attuale del corso d'acqua considerando però la presenza della vasca di Ponte Gurone attualmente in fase di completamento, le opere in progetto consentono di contenere le portate scaricate nel corso d'acqua di 40 l/s per ettaro impermeabile sia in condizioni ordinarie sia in concomitanza con un evento centennale in Olona. L'opera in progetto, intervenendo solo su una parte della rete fognaria comunale, rappresenta un primo tassello verso il conseguimento degli obiettivi di controllo degli scarichi richiesti dall'Autorità di Bacino per il raggiungimento dei quali sarà necessario che le portate complessivamente scaricate dalla rete fognaria di Gorla Maggiore non superino i 2.09 mc/s così come previsto nello studio "Lambro-Olonza".
- Nell'assetto di progetto del fiume Olona individuato dall'Autorità di Bacino del Po è prevista la realizzazione di una vasca di laminazione sull'Olonza che va ad interessare anche le aree occupate dalle opere oggetto della presente progettazione. Pertanto nella fase di progettazione della vasca di laminazione andranno previsti accorgimenti per consentire la funzionalità delle due opere. In questa fase sono state individuate due possibili soluzioni in grado di limitare la portata massima di scarico in Olona entro i 40 l/s per ettaro impermeabile così come previsto dalla normativa. Le due possibili soluzioni si differenziano per il mantenimento o meno della funzionalità della vasca volano sulla fognatura anche in concomitanza con il massimo invaso nella vasca di laminazione sul fiume mentre prevedono entrambe la protezione con arginature del sistema di prima pioggia. Nel caso di esclusione dalla vasca di laminazione del solo comparto delle prime piogge sarà necessario prevedere un sistema di controllo delle portate sugli scarichi in uscita dal sistema di prima pioggia, mentre nel caso in cui venisse esclusa dalla vasca di laminazione anche la vasca volano verrebbe mantenuta la funzionalità intera del sistema oggetto della presente progettazione anche in concomitanza con il massimo riempimento per evento centennale della vasca di laminazione sull'Olonza. Questa funzionalità è garantita anche nell'ipotesi di considerare al posto dell'idrogramma fognario di progetto, utilizzato in questa sede per il dimensionamento delle opere, un idrogramma centennale in termini di volume con picco pari alla portata con tempo di ritorno 2 anni così come previsto nello studio "Lambro Olona".
- In fase di progettazione della vasca di laminazione sarà indispensabile tenere conto dell'esistenza delle opere in progetto e garantirne la funzionalità mediante realizzazione e adeguamenti delle arginature di delimitazione affinché da un lato sia garantito il controllo delle portate scaricate in Olona dalla rete fognaria e dall'altro non vengano incrementate le condizioni di rischio dell'abitato.