

## PARCO OVEST s.r.l.

### Programma Integrato d'Intervento "Parco Ovest" in comune di Bergamo RETE FOGNARIA METEORICA

## PROGETTO ESECUTIVO

<i>Atto</i> <b>F5</b>		<i>Oggetto</i> Relazione tecnica rete fognaria meteorica			 Dott.Ing. GIOVANNI PEZZUCCHI Dott.Ing. ELENA ARLATI via Montale, 11/15 - 24126 Bergamo Tel. 035 312200 - Fax 035 5095751 E-mail ydros@ydros.it	
		<i>Data</i> luglio 2018				
REVISIONE		DATA REV.		OGGETTO	<i>Editing grafico</i>  Geom. Giovanna Idili	
	2		24/01/2019			Stralcio contributo Lotti privati
	1		28/11/2018			Integrazione PG_U0282032_2018
committente	commessa	tipologia	elaborato	verifica	approvazione	<i>File</i>  115\871\6\Tavole\...dwg
115	871	6	EA	GP		

Parco Ovest s.r.l.

*VARIANTE 01  
AL P.I.I. PARCO OVEST  
LUNGO S.S. 671 CIRCONVALLAZIONE POMPINIANO  
IN COMUNE DI BERGAMO*

**DIMENSIONAMENTO E VERIFICA IDRAULICA  
RETE FOGNARIA METEORICA**

***RELAZIONE IDRAULICA***  
- LUGLIO 2018 -  
- AGG. NOVEMBRE 2018 -  
- AGG. GENNAIO 2019 -



**YDROS INGEGNERIA  
STUDIO ASSOCIATO**  
VIA BENZONI, 12 - 24126 BERGAMO  
CODICE COMMESSA 115.871.6

## INDICE

1	Premessa	2
2	Inquadramento Territoriale	3
2.1	<i>Morfologia e Uso del Suolo</i>	3
2.2	<i>Inquadramento Geologico e Idrogeologico</i>	6
2.3	<i>Inquadramento Idrografico</i>	10
3	Progetto Rete Fognaria Meteorica	11
3.1	<i>Valutazione Contributo Meteorico</i>	11
3.2	<i>Dimensionamento Rete Fognaria Meteorica</i>	14
3.3	<i>Manufatto Dissabbiatore - Disoleatore</i>	16
4	Misure di Invarianza Idraulica e Idrologica	17
4.1	<i>Requisiti Minimi</i>	17
4.2	<i>Dimensionamento Vasca di Laminazione e Dispersione</i>	19
4.3	<i>Vasca di Laminazione e Dispersione di Progetto</i>	21
4.4	<i>Tempo di Svuotamento e Franco</i>	22

## 1 PREMESSA

La presente relazione costituisce aggiornamento dell'elaborato descrittivo (redatto a luglio 2018 e successivamente revisionato a novembre 2018) del dimensionamento e della verifica idraulica della rete fognaria meteorica, al servizio delle opere di urbanizzazione del Piano Integrato Intervento denominato PARCO OVEST in Comune di Bergamo, posto lungo il lato nord della S.S. 671 (Circonvallazione Pompini), tra la ferrovia Bergamo-Treviglio e l'ex insediamento gres di via San Bernardino, a seguito dell'emissione in data 12/12/2018 del parere tecnico della società UniAcque S.p.A., gestore del servizio di fognatura comunale, in cui si richiede che *"i reflui meteorici delle aree pubbliche dovranno avere recapito distinto da quelli provenienti dalle aree e/o dagli interventi privati"*.

A seguito di tale richiesta, la rete fognaria meteorica al servizio del PII Parco Ovest è stata, quindi, dimensionata per il solo contributo meteorico proveniente dalle urbanizzazioni (strade, marciapiedi e parcheggi).

Nello specifico, il presente documento risulta la relazione tecnica del progetto di invarianza idraulica e idrologico, redatto in base alle linee guida contenute nel R.R. n. 7 del 23.11.2017, e costituito dai seguenti elaborati:

- F1 – Planimetria rete fognaria meteorica – rev. 2 del 24/01/2019
- F2 – Profili altimetrici rete fognaria meteorica – rev. 2 del 24/01/2019
- F3 – Particolari costruttivi rete fognaria meteorica – rev. 2 del 24/01/2019
- F4 – Particolari costruttivi vasca di laminazione e dispersione – rev. 2 del 24/01/2019
- F5 – Relazione Tecnica rete fognaria meteorica – rev. 2 del 24/01/2019
- F6 – Piano di Manutenzione rete fognaria meteorica – rev. 2 del 24/01/2019

Le opere di urbanizzazione riguardano la formazione di una nuova sede stradale, dalla nuova derivazione dalla S.S. 671 a sud fino all'immissione su via Valmarina a nord, lungo la quale si prevede l'immissione di una serie di bretelle trasversali di accesso ai diversi blocchi di edifici previsti.

A sud della nuova arteria stradale principale si prevede la formazione di aree di sosta, oltre che lungo le sedi stradali secondarie trasversali alla prima.

Si prevede anche la formazione di una nuova strada con parcheggi al termine della via Walter Tobagi, a fondo chiuso.

Infine, sono previsti una serie di percorsi pedonali e piste ciclopedonali che percorrono la vasta area a parco prevista.

Il P.I.I. prevede l'edificazione di complessivamente 5 blocchi di edifici a destinazione prevalente residenziale, con alcune unità destinate ad attività commerciali e di servizio e 1 blocco adibito ad asilo privato.

La progettazione della rete fognaria meteorica è stata sviluppata sulla base del progetto architettonico del PII redatto dallo studio Domus ing&arch s.r.l. di Seriate (BG) – aggiornato a gennaio 2019.

## 2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

### 2.1 MORFOLOGIA E USO DEL SUOLO

Il PII risulta delimitato a nord dalle urbanizzazioni esistenti di via Walter Tobagi e via Giuseppe Ravizza, ad est dal nuovo IceLab Palaghiaccio di Bergamo, a sud dalla S.S. 671 (circonvallazione di Pompignano, ad ovest dal rilevato ferroviario Bergamo – Treviglio (Figura 1).

L'area di futura edificazione risulta costituita attualmente da un'ampia area verde, parzialmente coltivata e mantenuta a prato, e per la restante parte a terreno incolto con crescita di vegetazione spontanea (Fotografia 1 e Fotografia 4).

All'angolo sud/ovest dell'area è presente un edificio di servizio di un'area di deposito Enel.

Lungo il lato est dell'area, a confine con il nuovo Palaghiaccio di Bergamo, è presente un'ampia area pavimentata in tout-venant e parzialmente asfaltata, dove si prevede di concentrare l'edificazione (Fotografia 2 e Fotografia 3).

Sul lato sud, corre un fossato a cielo aperto in terra, con fondo e sponde inerbite e infestate da rovi, derivato dalla Roggia Morlana, che attraversa l'area da est verso ovest (Fotografia 5).

Infine l'area risulta attraversata da alcune strade campestri di accesso ai campi.

L'area del PII presenta un naturale declivio da nord/est verso sud/ovest, con un dislivello massimo di 5.00 m del p.c., partendo da una quota di 232.00 m s.l.m. a nord fino ad una quota di 227.50 m s.l.m. a sud.

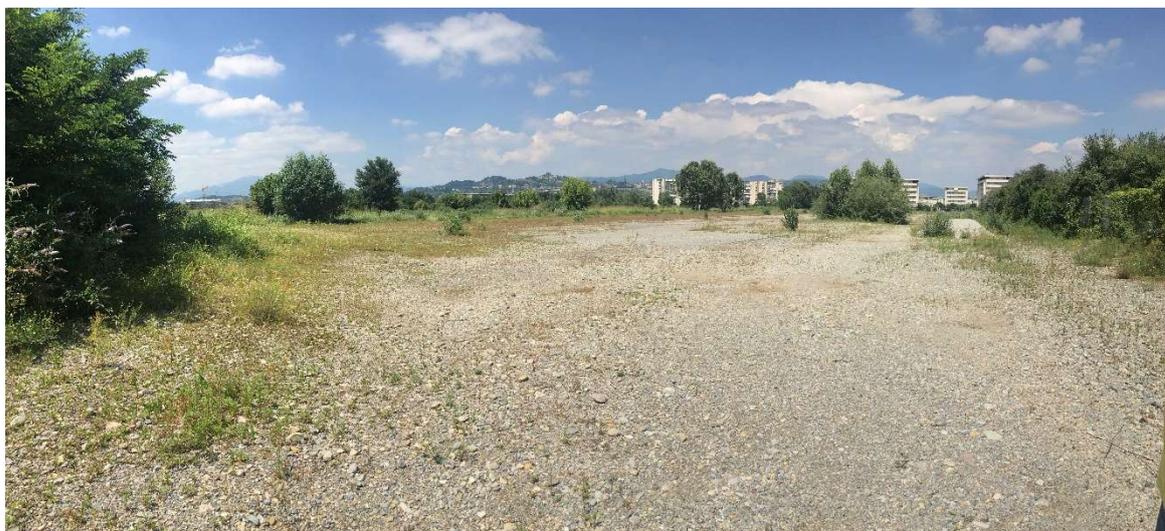
Nell'area sono presenti anche dei rilevati in terra, che delimitano dei piccoli terrazzamenti e lungo tutto il relativo lato ovest il rilevato ferroviario posto a più di 6.00 m dal p.c. interessato dall'intervento.



Figura 1 – Vista dell'area interessata dal nuovo PII Parco Ovest in Comune di Bergamo.



*Fotografia 1 – Vista generale da nord dell'area interessata dal PII Parco Ovest in Comune di Bergamo da inizio via Valmarina con visibili a destra le edificazioni di via Walter Tobagi.*



*Fotografia 2 – Vista generale da sud dell'area interessata dal PII Parco Ovest in Comune di Bergamo con visibile l'area pavimentata in tout venant.*



*Fotografia 3 – Vista generale del piazzale pavimentato in tout venante e asfalto dell'area interessata dal PII Parco Ovest in Comune di Bergamo*



*Fotografia 4 – Vista del prato posto a sud dell’area del PII Parco Ovest in Comune di Bergamo dove si prevede la realizzazione della vasca di laminazione e dispersione.*



*Fotografia 5 – Vista del canale a cielo aperto di derivazione dalla Roggia Morlana che attraversa il lato sud dell’area del PII Parco Ovest in Comune di Bergamo.*

## 2.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista dell'inquadramento geologico e idrogeologico dell'area del PII si rimanda ai contenuti della "Relazione Geologica per la verifica delle condizioni geotecniche dei terreni interessati dalla riqualificazione e riuso progetto Parco Ovest", redatta a giugno 2009 dal Dott. Geol. Andrea Gritti di Bergamo.

Di seguito, si riporta una sintesi dei contenuti della citata relazione e i contenuti di un'altra relazione, "Relazione Geotecnica con elementi di geofisica", redatta a dicembre 2008 dal Dott. Geol. Paolo Grimaldi di Seriate (BG), per l'intervento di riqualificazione urbana e architettonica dell'area ex Molini Moretti, posta immediatamente a sud della SS 671, in prossimità territoriale con l'area del PII investigato.

Oltre a quest'ultima relazione sempre per la stessa area ex Molini Moretti si è fatto riferimento anche ai contenuti della "Relazione sul test di risposta termica in cantiere di via Rampinelli in Comune di Bergamo, loc. Colognola" redatta a ottobre 2011 dal Dott. Geol. Lombardi di Malegno (BS).

Dal punto di vista geologico, nell'area del PII in esame, è possibile assumere la stratigrafia riportata nella Relazione Geotecnica del Dott. Geol. Grimaldi per l'area ex Molini Moretti – in particolare del sondaggio S2 eseguito a carotaggio continuo in prossimità della Circonvallazione.

Si osserva (Figura 3):

- fino alla profondità media di 5.00/6.00 m dal p.c. la presenza di uno strato superficiale di argilla e limo con sabbia;
- dai 5.00/6.00 m fino alla profondità investigata di 10.00 m dal p.c. la presenza di uno strato successivo di ghiaia con sabbia inizialmente e approfondendosi con ciottoli e conglomerato in matrice sabbiosa.

Nella Figura 4 si riporta la stratigrafia contenuta nella Relazione Geologica del Dott. Geol. Lombardi che conferma la stratigrafia prima riportata e che risulta estesa oltre alla profondità investigate dei 10.00 m dal p.c., fino all'orizzonte dei 140 m. Si osserva che dai 10.00 m si rileva uno strato di ghiaie alternate a livelli di conglomerato.

Tale stratigrafia è stata, di fatto, confermata anche nella Relazione Geologica del Dott. Geol. Gritti, che indica fino a 5.0/6.00 m di profondità dal p.c. la presenza di limi e argille sabbiose, da 5.00/6.00 m di profondità dal p.c. fino a 11.00/12.00 m ghiaie e ciottoli in matrice limosa.

La natura del terreno dell'area indagata risulta, quindi, caratterizzato da una permeabilità bassa negli strati superficiali, fino ad una profondità di 5.00/6.00 m da p.c., che diventa invece media/elevata per profondità superiori fino almeno a 20.00 m.

In particolare, in letteratura, per questo tipo di terreno ghiaioso sabbioso con ciottoli e conglomerato, si indica una permeabilità compresa tra  $10^{-4}$  e  $10^{-2}$  m/s, così come visibile nella tabella seguente di Figura 2.

**Tab. 17** - Valori del coefficiente di permeabilità. Influenza della granulometria: diametri dei grani e diametri rispettivi.

$K (m/s)$	$10^1 \quad 1 \quad 10^{-1} \quad 10^{-2} \quad 10^{-3} \quad 10^{-4} \quad 10^{-5} \quad 10^{-6} \quad 10^{-7} \quad 10^{-8} \quad 10^{-9} \quad 10^{-10} \quad 10^{-11}$											
	GRANULOMETRIA	Ghiaia		Sabbia	Sabbia molto fine	Silt	Argilla					
	omogenea	Ghiaia		Sabbia	Sabbia molto fine	Silt	Argilla					
	varia	Ghiaia grossa e media	Ghiaia e sabbia	Sabbia e argilla			Limi					
GRADI DI PERMEABILITÀ	ELEVATA				BASSA			NULLA				
TIPI DI FORMAZIONI	PERMEABILI				SEMI-PERMEABILI			IMPER.				

↑ limiti convenzionali

Figura 2 – Valori di coefficiente di permeabilità in funzione della granulometria.

Committente TECHNOCOVERING SRL		Profondità raggiunta	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina 2
Operatore		Indagine GEOTECNICA	Note		Inizio/Fine Esecuzione 27.10.2008/28.10.2008
Responsabile DOTT.P.GRIMALDI		Sondaggio MOLINI MORETTI - S2	Tipo Carotaggio CONTINUO	Tipo Sonda BERETTA	Coordinate X,Y
Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	S.P.T. (n° Capi)	Falda
1	[Pattern: horizontal lines]	Terra da coltivo	0.15	8, 7, 8	1.00 PA
		Limo con poca argilla.Presenza di sabbia e ciottoli alterati.Consistenza medio-alta.Colore marrone.	0.50		
		Argilla e limo con sabbia e ciottoli alterati (cm).Consistenza alta.Colore marrone.	1.00		
		Argilla e limo con sabbia e ciottoli alterati.Consistenza media.Colore marrone.	1.50		
		Argilla e limo con sabbia e pochi ciottoli alterati.Consistenza bassa.Plastica.Colore marrone	2.00		
		Argilla e limo con ciottoli.Consistenza medio-alta.	3.00		
		Argilla e limo con sabbia e ciottoli alterati. Consistenza medio-bassa.Plastica.	4.50		
		Argilla e limo con sabbia, ghiaia e ciottoli.Consistenza bassa.Colore marrone.	5.50		
		Ghiaia e sabbia in matrice limoso-argillosa.Non plastica.Poco addensata.Colore marrone e strie di grigio.	6.50		
		Ghiaia con ciottoli e conglomerato.Poco addensata.Matrice sabbiosa.Colore grigio chiaro.	7.00		
7	[Pattern: small circles]	Ghiaia e sabbia con ciottoli in matrice limoso-argillosa.Sciolta.Colore beige.	7.20	15, 12, 12	7.00 PA
		Ghiaia e sabbia a matrice limosa.da poco a mediamente addensata.Colore marrone/grigio.	8.00		
8	[Pattern: small circles]	Ghiaia con Ciottoli,poca sabbia e matrice argillosa.Poco addensata.Colore grigio-marrone.	8.50		
		Ghiaia con conglomerato in matrice sabbiosa.Poco addensata.Colore grigio e chiazze marroni.	10.00	50 x 4 cm	9.00 PA
9	[Pattern: small circles]				

Figura 3 – Stratigrafia S2 a seguito sondaggio a carotaggio continuo eseguito nell'area ex Molini Moretti in prossimità S.S. 671 (estratto da Relazione Geotecnica redatta dal Dott. Geol. Grimaldi a dicembre 2008).



<b>COMMITTENTE:</b> <b>SOCIETA' M.R.M. s.r.l.</b>
<b>LOCALITA':</b> <b>VIA RAMPINELLI</b> <b>LOC. COLOGNOLA</b> <b>BERGAMO</b>
<b>DATA:</b> <b>OTTOBRE 2011</b>
<b>PROFONDITA':</b> <b>DA p.c. A -145 m</b>
<b>FALDA:</b> <b>DA -40. A -145 m</b>

Figura 4 – Stratigrafia S2 a seguito sondaggio a carotaggio continuo eseguito nell'area ex Molini Moretti in prossimità S.S. 671 (estratto da Relazione Geologica redatta dal Dott. Geol. Grimaldi a dicembre 2008).

Il livello della falda freatica si attesta mediamente a circa 40.00 m di profondità dal p.c., così come visibile nella Figura 5, in cui l'area del PII investigata si sviluppa tra un livello freaticometrico di 190 m s.l.m. e 185 m s.l.m., a fronte di un p.c. a quota variabile da quota 232.00 m s.l.m. a quota 227.00 m s.l.m..

Come si evince dall'estratto cartografico riportato nell'area indagata è presente un pozzo di captazione industriale (codificato come P7), posto all'interno dell'ex insediamento gres di via San Bernardino ora dismesso.

Dal punto di vista operativo e vincolistico, è possibile, quindi, prevedere uno smaltimento su suolo per infiltrazione delle acque meteoriche del nuovo PII, purché i sistemi di dispersione vengano posizionati oltre i 5.00/6.00 m di profondità dall'attuale p.c., dove si rinviene ghiaia mista a sabbia e a ciottoli.

**Nello specifico, si prevede di smaltire l'intero contributo meteorico del PII Parco Ovest (inteso sia come nuove urbanizzazioni che come nuove edificazioni) su suolo e negli strati superficiali del sottosuolo, mediante un bacino terminale di laminazione e dispersione.**

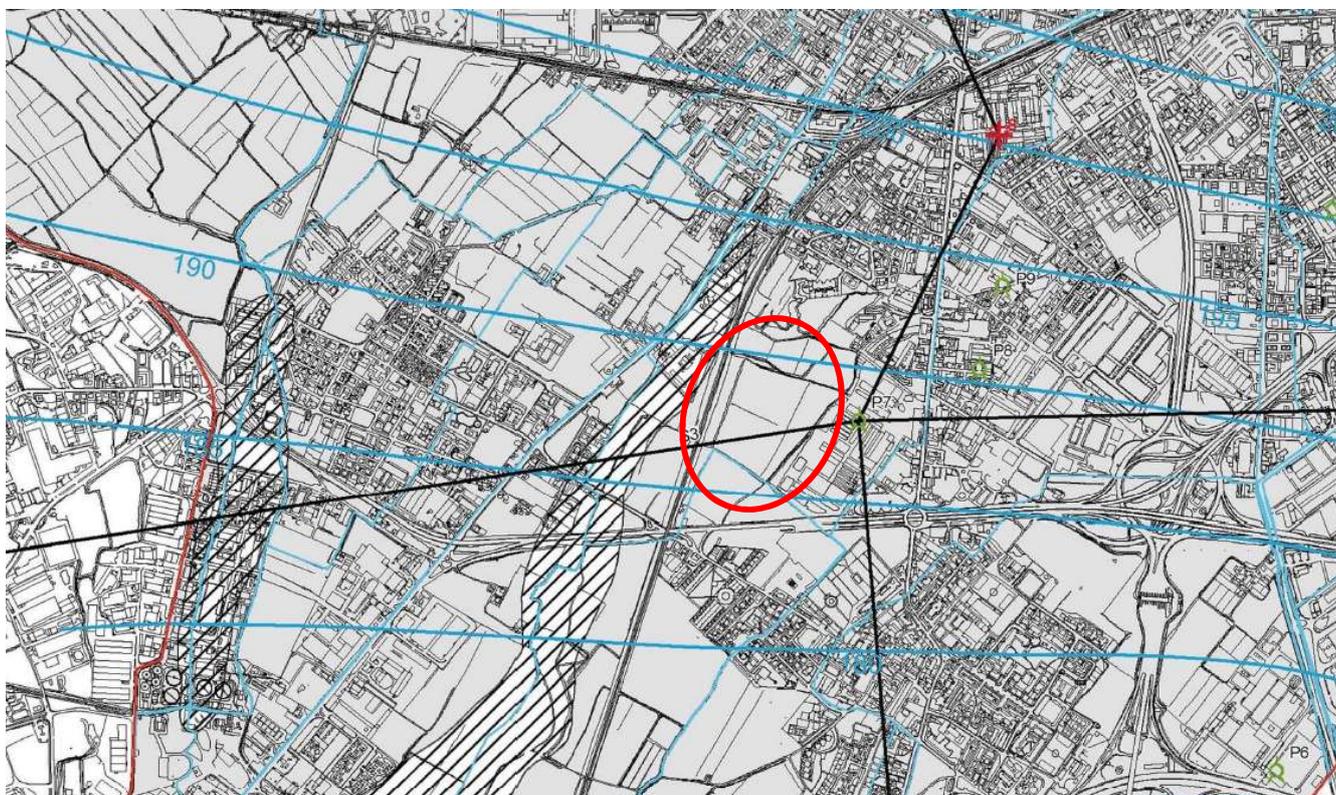
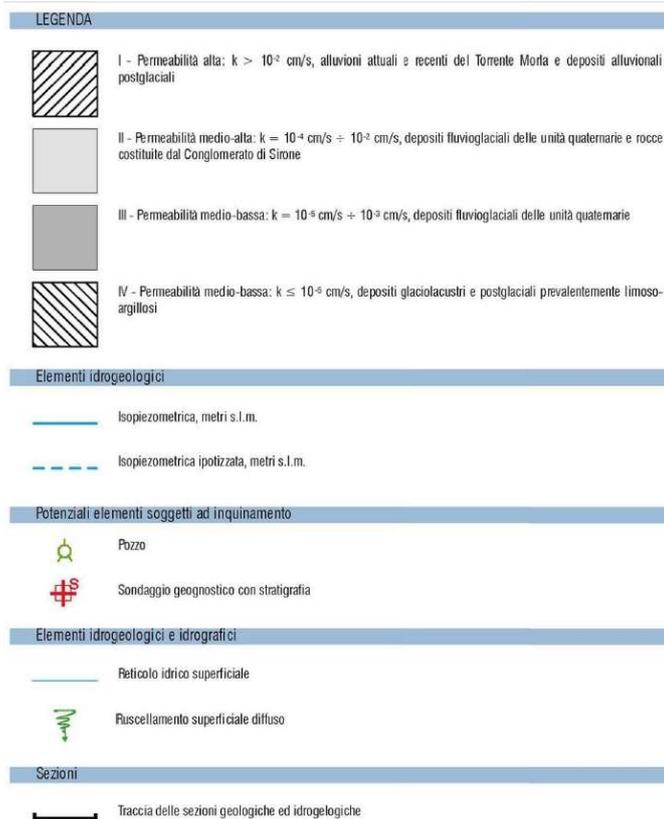


Figura 5 – Estratto Tavola SG5 – Carta Idrogeologica dello Studio Geologico, Idrogeologico e Sismico del PGT del Comune di Bergamo – Dott. Geol. Caldarelli e Elitropi - settembre 2011.

## 2.3 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

Nell'area è presente un canale a cielo aperto in terra, derivato dalla Roggia Morlana, che scorre ad est dell'area indagata. Il canale attraversa l'area del PII nella fascia meridionale, con verso di scorrimento est/ovest, per poi disporsi ai piedi del rilevato ferroviario, fino all'attraversamento della S.S. 671.

Nella Figura 6 si riporta un estratto della Carta dei Vincoli del PGT del Comune di Bergamo, dove è visibile il tracciato della Roggia Morlana e del ramo derivato.

La polizia idraulica della Roggia Morlana e derivate è di competenza del Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca.

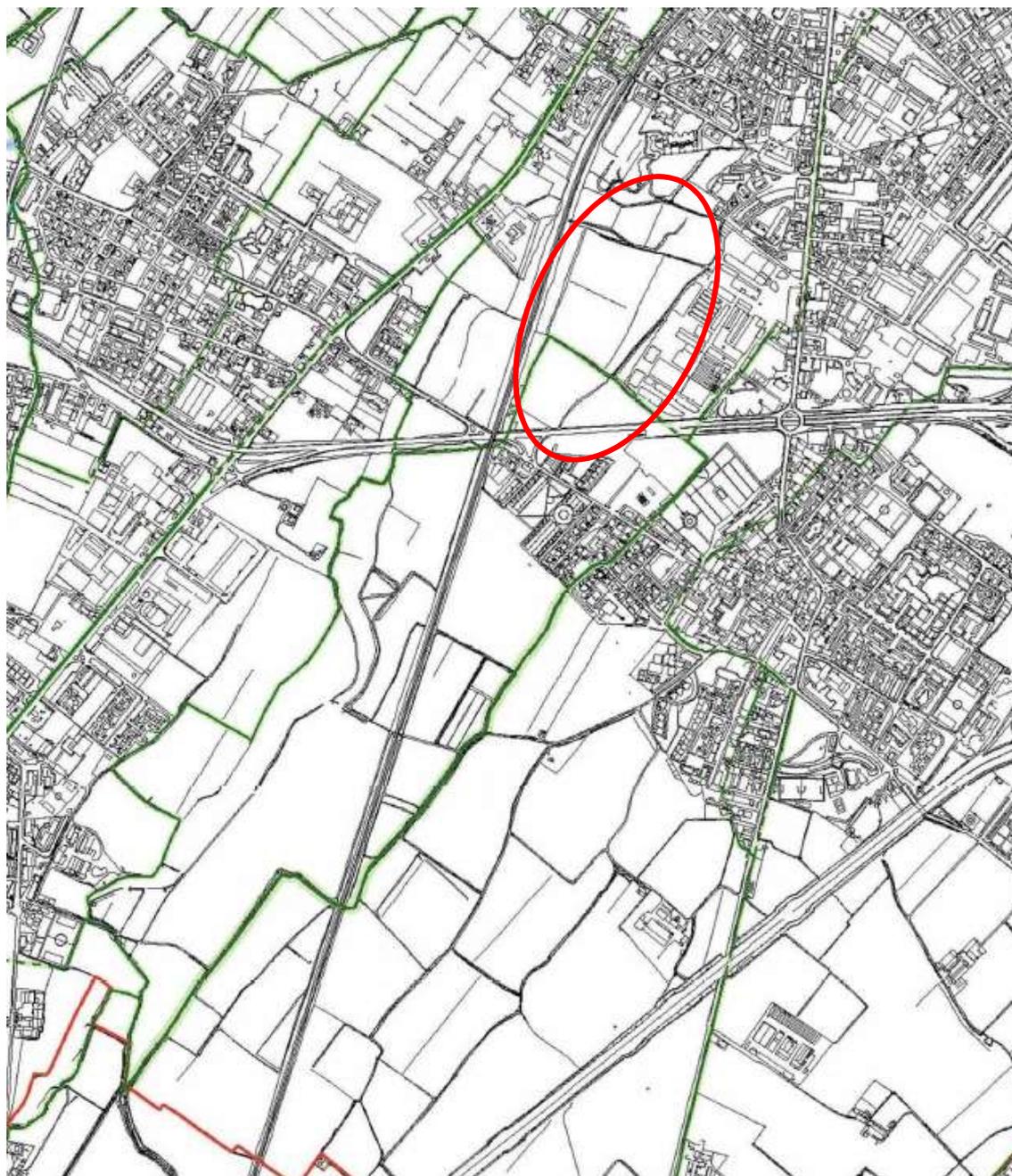


Figura 6 – Estratto Tavola SG12 – Carta dei Vincoli dello Studio Geologico, Idrogeologico e Sismico del PGT del Comune di Bergamo – Dott. Geol. Caldarelli e Elitropi - settembre 2011.

### 3 PROGETTO RETE FOGNARIA METEORICA

#### 3.1 VALUTAZIONE CONTRIBUTO METEORICO

Lo studio dei fenomeni di piena nelle reti fognarie meteoriche consiste nella ricerca dei valori massimi di portata al colmo, associati ad eventi di piena, corrispondenti a prefissati tempi di ritorno (necessari per il dimensionamento e la verifica delle canalizzazioni fognarie).

La portata meteorica di calcolo gravante sulla fognatura di progetto al servizio delle aree impermeabili dell'insediamento produttivo in esame, è stata valutata mediante l'adozione di una procedura di trasformazione afflussi-deflussi, basata sull'applicazione della formula razionale, che definisce la portata critica, nella sezione del collettore di valle della rete fognaria, come:

$$Q_c = A \cdot u = A \cdot 2.78 \cdot \varphi_m \cdot \varepsilon \cdot i(\theta_c; T_R) \quad (1)$$

dove:

- $Q_c$  portata critica (l/s);
- $A$  area del bacino scolante (ha);
- $u$  coefficiente udometrico (l/s ha);
- $T_R$  tempo di ritorno (anni);
- $\theta_c$  durata critica (ore);
- $\varphi_m$  coefficiente medio di afflusso-deflusso (-);
- $\varepsilon$  coefficiente dipendente dal metodo di trasformazione afflussi-deflussi adottato (-);
- $i$  intensità media di pioggia, ragguagliata all'area, funzione della durata critica secondo la relazione:  $i = a \theta_c^{n-1}$  (mm/ora), con  $a$  e  $n$  coefficienti della curva di possibilità pluviometrica.

Tale formulazione è valida nell'ipotesi di piogge ad intensità costante, depurazione delle perdite idrologiche con metodo percentuale (ovvero  $\varphi = \text{costante}$ ) e modello lineare di trasformazione afflussi-deflussi.

Per la formulazione finale dell'equazione (1) è stato adottato il metodo di corrivazione.

Nell'espressione (1) si è quindi adottato, un valore di  $\varepsilon$  pari a 1 e la durata critica  $\theta_c$  pari al tempo di corrivazione del bacino  $T_c$ , somma del tempo necessario al raggiungimento della rete di drenaggio da parte dell'acqua meteorica di ruscellamento superficiale (tempo di ingresso in rete)  $T_i$  e del tempo di scorrimento all'interno della rete stessa  $T_r$ .

Per la scelta di  $T_i$  si è fatto riferimento ai valori di letteratura disponibili, adottando un valore del tempo di ingresso in rete di riferimento  $T_i$  di 15 min.

Il tempo di corrivazione della rete  $T_r$  è funzione delle caratteristiche della rete, ovvero dello sviluppo del tracciato delle condotte e della velocità della corrente. Risulta quindi dato da:

$$T_r = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{V_i} \quad (2)$$

dove:

- $T_r$  tempo di corrivazione della rete di drenaggio (sec);
- $L_i$  lunghezza della condotta  $i$ -esima della rete di drenaggio (m);
- $V_i$  velocità di deflusso nella condotta  $i$ -esima (m/s);
- $n$  numero delle condotte costituenti la rete di drenaggio indagata (-).

Le velocità medie di percorrenza della fognatura sono state poste, in prima battuta, pari a 1.0 m/s, stimato come valore medio della corrente in condizioni di piena, date le pendenze della rete. Lo sviluppo complessivo della rete meteorica di progetto, nel relativo tracciato idraulicamente più esteso, raggiunge circa 450 m. Visti i percorsi relativamente brevi della

rete fognaria e la velocità media adottata, il tempo di corrivazione della rete indagata risulta, quindi, molto basso (inferiore all'ora), pari a circa 19 min.

Per la valutazione delle perdite idrologiche, si è ritenuto congruo applicare ai volumi di pioggia un coefficiente di afflusso  $\varphi$  (rapporto tra i volumi defluiti in fognatura e quelli di afflusso meteorico) ritenuto costante durante l'evento, pari a 1.00 per le aree coperte e a 1.00 per le aree pavimentate, trascurando per quest'ultime l'effetto di laminazione dei piccoli invasi e depressioni superficiali (*così come all'art. 11 comma 2 punto d del RR 7/2017*).

Nella Tabella 2 è stata riportata la distribuzione delle diverse aree contribuenti al deflusso meteorico suddivise per le principali linee meteoriche al servizio, rispettivamente della copertura dei nuovi blocchi edilizi e delle aree pavimentate delle opere di urbanizzazione del PII Parco Ovest.

I bacini contribuenti del PII Parco Ovest in esame presentano, quindi, una superficie complessiva di **13'219 m<sup>2</sup>**, suddivisi, rispettivamente in: circa 11'779 m<sup>2</sup> per le aree pavimentate scoperte delle nuove urbanizzazioni e 1'440 m<sup>2</sup> per le aree pavimentate scoperte del prolungamento di via Walter Tobagi.

*Appare opportuno evidenziare che le rimanenti aree pavimentate previste nel PII, costituite dal parcheggio lungo il lato sud, dai percorsi pedonali e dalle piste ciclopedonali, verranno realizzate con pavimentazione permeabile e presenteranno una pendenza di scolo verso le aree esterne, mantenute a prato. Per cui tali superfici dreneranno direttamente in loco, senza alcuna raccolta e convogliamento in tubazioni, ma per semplice ruscellamento superficiale, e non costituiscono pertanto ulteriore aggravio di superficie contribuente della rete fognaria meteorica in progetto.*

La valutazione della portata di massima piena meteorica della fognatura di progetto è stata condotta attraverso la preliminare elaborazione statistica delle piogge intense registrate al pluviometro di Bergamo, prossimo al bacino, di cui si dispone di una serie storica di dati piuttosto ampia (costituita da 48 anni di misurazioni, a partire dal 1936), per le diverse durate di 10, 15, 20, 30, 60 min e di 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

Il regime delle piogge intense, per la stazione indagata, è stato sintetizzato attraverso la determinazione delle curve di possibilità pluviometriche.

Il campione delle massime precipitazioni disponibile è stato elaborato statisticamente al fine di stimare la relativa legge di distribuzione di probabilità, secondo la legge di Gumbel, adottata generalmente per descrivere la distribuzione di una grandezza idrologica, per tempi di ritorno pari a: 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anni.

Fissato il tempo di ritorno, per la stazione indagata, le coppie dei valori (h;t) così determinate, sono state interpolate nel piano logaritmico ottenendo i seguenti parametri caratteristici della curva di possibilità pluviometrica  $a(T_R)$  e  $n(T_R)$ , per durate di precipitazione inferiori e superiori all'ora (Tabella 1):

$$h(T_R) = a(T_R) t^{n(T_R)} \quad (3)$$

dove:

$h(T_R)$  altezza massima probabile di precipitazione (mm) associata ad un tempo di ritorno  $T_R$  (anni), relativa ad un evento meteorico di durata  $t$  (ore);

$a(T_R)$  e  $n(T_R)$  parametri costanti della curva associati ad un tempo di ritorno  $T_R$ .

*Tabella 1 – Parametro  $a(T_R)$  e  $n(T_R)$  in funzione del tempo di ritorno  $T_R$  della stazione idrografica di Bergamo disponibile per durate 1-24 ore.*

Tempo di ritorno $T_R$ (anni)	Bergamo $d < 1$ h		Bergamo $d > 1$ h	
	$a(T_R)$	$a(T_R)$	$n(T_R)$	$n(T_R)$
2	31.331	0.521	28.045	0.267
5	42.487	0.561	38.439	0.262
<b>10</b>	<b>49.885</b>	<b>0.578</b>	<b>45.320</b>	<b>0.260</b>
20	56.988	0.591	51.919	0.259
<b>50</b>	<b>66.188</b>	<b>0.604</b>	<b>60.461</b>	<b>0.257</b>
100	73.086	0.612	66.862	0.256

La scelta della portata di progetto delle opere deve basarsi su un'attenta analisi del cosiddetto rischio d'insufficienza, del rischio cioè, che occasionalmente si possano manifestare eventi estremi più intensi di quelli compatibili con le caratteristiche idrauliche della rete, quindi con portate maggiori di quelle previste.

Discende da ciò, che nei calcoli di verifica o di dimensionamento, occorre preliminarmente stabilire quale rischio di insufficienza si voglia accettare; in altri termini occorre fissare il valore del tempo di ritorno  $T_R$  di progetto, definito come il numero di anni che mediamente intercorre tra due eventi producenti portate superiori a quella di progetto. La scelta di  $T_R$  discende da un compromesso tra l'esigenza di contenere l'insufficienza della rete e quella di contenere le dimensioni dei collettori e, comunque, delle strutture di controllo delle piene, entro limiti economicamente accettabili e compatibili con i vincoli esistenti nell'area interessata. Detto compromesso, che deriva da analisi costi-benefici, conduce ad adottare, per le fognature, valori del tempo di ritorno dell'ordine di 5-10 anni.

Nel caso specifico, per l'analisi prestazionale della rete fognaria indagata, si ritiene cautelativa l'adozione di un tempo di ritorno  $T_R$  di 10 anni.

Mentre per il dimensionamento del sistema terminale di smaltimento delle acque meteoriche, si adotta un tempo di ritorno  $T_R$  di **50 anni** (così come richiesto all'art. 11 comma 2 punto a del RR 7/2017).

In base alle considerazioni su esposte, applicando l'espressione (1) al bacino indagato, in funzione dello schema della rete meteorica adottato, si ottengono le massime portate meteoriche riportate nella Tabella 2 ( $Q_c$ ).

Complessivamente il bacino contribuente drenato dalla rete fognaria meteorica presenta una portata meteorica di piena di circa **300.00 l/s**. I valori delle portate di piena stimati corrispondono a portate udometriche specifiche, per unità di superficie contribuente, superiori a 250 l/s per ettaro di superficie impermeabile complessivamente contribuente.

*Tabella 2 – Caratteristiche delle aree contribuenti al deflusso meteorico suddivise in funzione delle reti meteoriche principali al servizio del PII Parco Ovest in Comune di Bergamo.*

Linea Meteorica	Area Imp. Totale $A_{TOT}$ (m <sup>2</sup> )	Coefficiente medio di afflusso $\varphi$ (-)	AREA SCOLANTE IMPERMEABILE $A_{IMP}$ (m <sup>2</sup> )	Portata meteorica di piena $Q_c$ (l/s)
Totale pavimentazione	11'779	1.00	11'779	268.40
<b>TOTALE PII</b>	<b>11'779</b>	1.00	<b>11'779</b>	<b>268.40</b>
Strada via Walter Tobagi	1'440	1.00	1'440	34.70
<b>TOTALE</b>	<b>13'219</b>	1.00	<b>13'219</b>	<b>34.70</b>

### 3.2 DIMENSIONAMENTO RETE FOGNARIA METEORICA

In base alle caratteristiche geometriche ed idrauliche della rete fognaria meteorica di progetto, è stato possibile individuarne la relativa capacità di deflusso, ipotizzando che il processo di moto nel sistema fognario avvenga in condizioni di moto uniforme.

Le condizioni di moto uniforme di una corrente a pelo libero, in un canale o collettore prismatico, sono date dalla nota relazione di Chèzy:

$$Q = A \cdot C \cdot \sqrt{R \cdot i} \quad (4)$$

dove:

Q portata defluente (m<sup>3</sup>/s);

A sezione liquida (m<sup>2</sup>);

R raggio idraulico, dato da A/P (con P contorno bagnato) (m);

i pendenza (-);

C coefficiente di resistenza che, nella formulazione di Gaukler-Strickler, assume l'espressione:

$$C = K_S \cdot R^{1/6}$$

con K<sub>S</sub> coefficiente di scabrezza (m<sup>1/3</sup>/s).

Per sezioni circolari, quali quelle presenti nella rete fognaria indagata, l'espressione (4) assume la seguente forma (con φ angolo al centro che sottende il pelo libero):

$$Q = \frac{1}{2} \cdot r^2 \cdot (\varphi - \text{sen}\varphi) \cdot K_S \cdot \left[ \frac{1}{2} \cdot r \cdot \left( 1 - \frac{\text{sen}\varphi}{\varphi} \right) \right]^{2/3} \cdot \sqrt{i} \quad (5)$$

Applicando l'espressione (5) alla rete fognaria meteorica di progetto, ed adottando un valore di 80 m<sup>1/3</sup>/s per la taratura del coefficiente di scabrezza, si ottengono le massime capacità idrauliche Q<sub>max</sub> a moto uniforme riportate nella Tabella 3, dove sono state indicate con una codifica le singole tratte della stessa rete, le caratteristiche costruttive e geometriche (materiali, sezione e pendenza) e le corrispondenti portate meteoriche di piena attese Q<sub>c</sub>, di cui al calcolo precedente.

Si osserva percentuali di riempimento delle condotte inferiori al 70%.

La codifica delle singole tratte della rete fognaria meteorica fa riferimento allo schema planimetrico della rete riportato nell'**Elaborato grafico F1** allegato alla presente relazione.

La Tratta B11-B16 rappresenta il collettore terminale della rete fognaria meteorica di progetto al servizio del PII, con recapito nella vasca di laminazione e dispersione finale.

Mentre la tratta B20-B23 rappresenta la rete fognaria meteorica al servizio del prolungamento della via Walter Tobagi.

Tabella 3 – Verifica idraulica delle tratte della rete fognaria meteorica al servizio del PII Parco Ovest in Comune di Bergamo.

Tratta Linea Meteorica	Materiale	Pendenza	Diametro DN (mm)	Capacità di deflusso $Q_{max}$ (l/s)	Portata meteorica di piena $Q_c$ (l/s)	Livello riempimento %
B3-B4	PVC	2.00%	315	173.86	7.06	4%
B4-B5	PVC	0.50%	315	86.93	18.58	21%
B5-B6	PVC	0.50%	500	298.03	29.27	10%
B6a-B6b	PVC	0.50%	400	164.37	27.19	17%
B6b-B6	PVC	0.50%	500	298.03	41.83	14%
B6-B7	PVC	1.00%	500	421.48	83.34	20%
B7a-B7b	PVC	0.50%	400	164.37	27.43	17%
B7b-B7	PVC	0.50%	500	298.03	41.01	14%
B7-B8	PVC	1.00%	500	421.48	138.99	33%
B8a-B8b	PVC	0.50%	400	164.37	16.57	10%
B8b-B8	PVC	0.50%	500	298.03	34.02	11%
B8-B9	PVC	1.00%	500	421.48	183.49	44%
B9a-B9b	PVC	0.50%	400	164.37	18.15	11%
B9b-B9	PVC	0.50%	500	298.03	31.79	11%
B9-B10	PVC	1.00%	500	421.48	230.03	55%
B10-B10a	PVC	1.00%	500	474.16	235.60	50%
B10a-B11	PVC	0.50%	630	551.97	240.72	44%
B15-B14	PVC	0.50%	200	25.89	8.33	32%
B14-B13	PVC	0.50%	200	25.89	16.33	63%
B13-B12	PVC	0.50%	250	46.94	23.18	49%
B12-B11	PVC	0.50%	250	46.94	30.06	64%
<b>B11-B16</b>	<b>PVC</b>	<b>0.50%</b>	<b>630</b>	<b>551.97</b>	<b>268.40</b>	<b>49%</b>
B20-B21	PVC	0.50%	200	25.89	11.03	43%
B21-B22	PVC	0.50%	250	46.94	23.95	51%
<b>B22-B23</b>	<b>PVC</b>	<b>0.50%</b>	<b>315</b>	<b>76.32</b>	<b>34.70</b>	<b>45%</b>

### 3.3 MANUFATTO DISSABBIATORE - DISOLEATORE

Lunga la rete di raccolta delle acque meteoriche di via Walter Tobagi (tratta B20-B23), a monte dello smaltimento terminale nel bacino di dispersione (costituito da una batteria di pozzi perdenti), si prevede l'installazione di un manufatto dissabbiatore e disoleatore.

Nello specifico, si prevede la posa di un manufatto pref. monoblocco in c.a. monoblocco di dissabbiatura e di disoleazione, completo di deflettori interni ed ispezionabile, del tipo a coalescenza.

Il decantatore e separatore di oli esiste in commercio pref. e risulta costituito da una vasca in c.a. monoblocco, certificato a norma UNI EN 858-1, per installazione interrata, a base circolare, completa di deflettore frangi flusso in PVC in ingresso, e condotta in PVC in uscita contenente un filtro a coalescenza in spugna poliuretana, alloggiato all'interno di un cestello in acciaio inox estraibile, per la separazione delle gocce di idrocarburi e oli minerali in sospensione, con ispezioni avvistabili in sommità (§ elaborato grafico F3).



Per la scelta e il dimensionamento del dispositivo di separazione degli oli si è fatto riferimento alla norma UNI EN 858-1 "Impianti di separazione per liquidi leggeri (ad esempio benzina e petrolio) – scelta delle dimensioni nominali, installazione esercizio e manutenzione" – giugno 2004.

Per la rete fognaria meteorica di progetto, si prevede l'installazione di detto manufatto di trattamento al termine della rete ed immediatamente a monte del recapito nel bacino di dispersione, per il trattamento di una parte delle acque meteoriche di dilavamento iniziale, corrispondente ad una precipitazione di circa 20 mm/m<sup>2</sup> h, ovvero ad un contributo specifico unitario di piena di 55 l/s ha<sub>imp</sub>, corrispondente alla definizione dell'entità delle acque di prima pioggia, contenuta nel RR 4/2006.

Nello specifico, si prevede di trattare una portata meteorica di almeno 10.00 l/s, ottenendo un manufatto di dimensioni esterne ø 2.00 m per un'altezza di 2.00 m con filtro a coalescenza, predisposizione ingresso ed uscita ø 160 mm.

Il separatore risulta, inoltre, provvisto di linea di bypass, a protezione della rete meteorica allacciata a monte, la cui attivazione è prevista in caso di portate meteoriche superiori alla portata di dimensionamento dei dispositivi.

Secondo quanto previsto dalla stessa norma UNI (punto 4.2.2), infatti, in casi in cui è improbabile che si verifichi una significativa contaminazione da idrocarburi in condizioni di elevata piovosità, è possibile prevedere l'installazione di separatori bypass, che consentono il passaggio di una portata eccedente la portata massima ammissibile, mediante formazione di una linea di bypass che oltrepassa il separatore. Tale accorgimento consente di non sovraccaricare il sistema stesso di separazione e, al contempo, protegge la rete fognaria a monte da possibili insufficienze idrauliche, in caso di portate meteoriche eccedenti le portate nominali di dimensionamento del dispositivo di trattamento.

Mentre per la linea meteorica principale al servizio delle urbanizzazioni del PII si prevede la formazione di un manufatto di dissabbiatura e disoleazione in opera, direttamente all'interno della vasca di laminazione e dispersione, compartimentando una camera iniziale di alimentazione della vasca. Tale vasca presenterà un volume di dissabbiatura circa 15 m<sup>3</sup> ed una camera per la raccolta oli di circa 15 m<sup>3</sup>. La compartimentazione avverrà mediante dei setti in c.a. in opera. Sul fondo della cameretta di alimentazione e decantazione si prevede il rivestimento in piastrelle in gres.

I dispositivi installati richiedono degli interventi periodici di manutenzione ordinaria, che prevedono la pulizia degli stessi, con asportazione e smaltimento delle sabbie depositate sul fondo e degli oli accumulati in superficie e sui filtri a coalescenza (secondo manuale manutenzione produttore manufatti pref.).

## 4 MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

*Ai sensi del Regolamento Regionale n. 7 del 23.11.2017 - Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della Legge Regionale n. 12 del 11.03.2005 - nel presente capitolo si procede al dimensionamento delle opere necessarie a garantire l'invarianza idraulica e idrologica del nuovo PII, inteso sia come opere di urbanizzazione (pavimentazione) che come nuova edificazione (copertura).*

Tale principio impone che sia le portate che i volumi di deflusso meteorico scaricati dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle, non siano maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione.

Nel caso specifico, andando ad impermeabilizzare un terreno agricolo con le nuove urbanizzazioni, occorre dotare la rete fognaria meteorica di progetto di un sistema terminale di stoccaggio ed infiltrazione, che fornisca un volume di invaso sufficiente a contenere il volume meteorico in eccesso, rispetto alla capacità disperdente del terreno.

Si è optato quindi per la formazione di un bacino di laminazione interrato, costituito da una vasca interrata in c.a., dotata di pozzi disperdenti sul fondo, costituiti da perforazioni di piccolo diametro ma profonde, atte ad intercettare lo strato più permeabile del suolo. Tale soluzione è stata adottata sia per la nuova strada di via Walter Tobagi che per il PII.

Nel proseguo della trattazione si farà riferimento alle sole urbanizzazioni del PII Parco Ovest, che costituisce la nuova edificazione; mentre per la modifica di via Walter Tobagi si procederà al dimensionamento del relativo impianto di laminazione e dispersione.

### 4.1 REQUISITI MINIMI

Il Comune di Bergamo appartiene all'ambito territoriale definito come **area A** – ovvero ad alta criticità idraulica, di cui all'allegato C.

Si assumono, quindi, per il caso in esame, i valori massimi ammissibili della portata meteorica scaricabile nei ricettori per le aree A, pari a:

**$u_{lim} = 10$  l/s** per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento

data dalla superficie risultante dal prodotto tra la superficie interessata dall'intervento per il suo coefficiente medio ponderale - *ai sensi art. 8 comma 1 del RR 7/20017*.

Applicandolo al caso specifico si ottiene una massima portata scaricabile di:

$$Q_{lim} = u_{lim} A_{IMP} = 10 \cdot 11'779 / 10^4 = 11.78 \text{ l/s} \rightarrow 12.00 \text{ l/s} \quad (6)$$

Occorre, inoltre, individuare la classificazione dell'intervento richiedente misure di invarianza idraulica e idrologica, per definire i requisiti minimi richiesti e il metodo di calcolo da adottare per la verifica degli stessi.

In base alla Tabella 1 del RR 7/2017 riportato di seguito (Figura 7), l'intervento in esame rientra nella **classe di intervento 3** – impermeabilizzazione potenziale alta, in quanto la superficie interessata dall'intervento risulta superiore a 10'000 mq ma inferiore a 100'000 mq e il relativo coeff. medio ponderale superiore a 0.40.

In caso di aree A per tale classe occorre individuare il volume di invaso mediante una procedura dettagliata ovvero mediante il metodo delle sole piogge (comunque più cautelativo), di cui al capitolo successivo.

Per detti interventi devono valere anche i requisiti minimi di cui all'art. 12 comma 2 del RR 7/2017, che per le aree A prevedono dei volumi minimi di invaso di:

**$v_{lim} = 800$  mc** per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento

Applicandolo al caso specifico si ottiene un volume minimo da adottare di:

$$V_{lim} = v_{lim} A_{IMP} = 800 \cdot 11'779 / 10^4 = 942 \text{ m}^3 \rightarrow 950 \text{ m}^3 \quad (7)$$

CLASSE DI INTERVENTO	SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO		
			AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)		
			Aree A, B	Aree C	
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	$\leq 0,01 \text{ ha } (\leq 100 \text{ mq})$	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	$da > 0,01 \text{ a } \leq 0,1 \text{ ha } (\leq 1.000 \text{ mq})$	$\leq 0,4$	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	$da > 0,01 \text{ a } \leq 0,1 \text{ ha } (\leq 1.000 \text{ mq})$	$> 0,4$	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11, comma 2, lettera d)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		$da > 0,1 \text{ a } \leq 1 \text{ ha } (da > 1.000 \text{ a } \leq 10.000 \text{ mq})$	qualsiasi		
		$da > 1 \text{ a } \leq 10 \text{ ha } (da > 10.000 \text{ a } \leq 100.000 \text{ mq})$	$\leq 0,4$		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	$da > 1 \text{ a } \leq 10 \text{ ha } (da > 10.000 \text{ a } \leq 100.000 \text{ mq})$	$> 0,4$	Procedura dettagliata (vedi articolo 11, comma 2, lettera d)	
		$> 10 \text{ ha } (> 100.000 \text{ mq})$	qualsiasi		

Figura 7 – Estratto Regolamento regionale n. 7 del 23/11/2017  
Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della Legge regionale n. 12 del 11/03/2005.

I valori limite riportati in precedenza, in termini sia di portata di scarico che di volume di invaso, valgono in caso di recapito in corso d'acqua superficiale, ovvero nel caso si opti per il recapito nella derivata della Roggia Morlana, che attraversa il PII. Nel caso specifico, si è optato invece per lo smaltimento dell'intero contributo meteorico negli strati superficiali del sottosuolo, dimensionando i manufatti di laminazione e dispersione nel capitolo successivo.

Nello specifico, per le urbanizzazioni ed edificazioni del PII Parco Ovest è stata prevista una vasca di laminazione in c.a. interrata, dotata di pozzi perdenti profondi sul fondo; mentre per la via Walter Tobagi è stato previsto una batteria di pozzi perdenti profondi interconnessi, dotati ciascuno di piccola pre camera di invaso.

## 4.2 DIMENSIONAMENTO VASCA DI LAMINAZIONE E DISPERSIONE

Per la verifica idraulica della vasca di laminazione ed infiltrazione al servizio del PII indagato, è stato fatto riferimento alla seguente equazione di continuità, valutata per eventi meteorici di differente durata t:

$$V_A = V_E - V_I \quad (8)$$

dove:

$V_A(t)$  è il volume d'acqua da accumulare all'interno del dispositivo di infiltrazione e stoccaggio;

$V_E(t)$  è il volume d'acqua meteorica affluente al dispositivo di infiltrazione e stoccaggio;

$V_I(t)$  è il volume d'acqua infiltrato nel terreno all'istante t a partire dall'inizio della pioggia.

Il secondo membro dell'equazione (8) presenta un massimo in funzione di t; il dimensionamento del sistema di infiltrazione e stoccaggio previsto, si ottiene semplicemente individuando tale massimo, calcolando la citata relazione per differenti durate di pioggia, comprese tra 0 e 1 ora e tra 1 ora e 24 ore.

Nel caso specifico, per il dimensionamento del massimo volume di accumulo del bacino di stoccaggio ed infiltrazione, si è fatto riferimento ad una precipitazione intensa associata ad un tempo di ritorno di **50 anni** della durata superiore all'ora, *così come richiesto dal RR 7/2017 all'Art. 11 comma 2* (Tabella 1).

Il volume d'acqua complessivamente affluente al dispositivo di infiltrazione e stoccaggio di progetto può essere calcolato con lo stesso procedimento adottato per la stima della portata di piena meteorica, a fronte dell'ipotesi di diverse durate di pioggia t (§ 3.1).

Il volume infiltrato all'istante t nel terreno attraverso il fondo della struttura di accumulo è dato dalla seguente espressione:

$$V_I = K \cdot S_d \cdot t \quad (9)$$

dove:

K è il coeff. di permeabilità del terreno, è stato assunto pari al valore di  $5 \times 10^{-4}$  m/s, tenuto conto della tessitura del terreno presente in loco e dei valori disponibili in letteratura per tale consistenza (§ 2.2);

$S_d$  è la superficie disperdente dei pozzi profondi, data dalla relativa sup. laterale e di base degli n. pozzi previsti.

Mentre il volume di invaso è dato dal volume utile della vasca di laminazione e dal volume degli n pozzi profondi (sostanzialmente trascurabile) realizzati sul relativo fondo:

$$V_A = n \cdot \pi \cdot r^2 \cdot H + V_C \quad (10)$$

dove il primo membro è il volume invasabile all'interno degli n pozzi previsti, di raggio r e profondità H, mentre il secondo membro rappresenta il volume d'acqua accumulabile all'interno della vasca di laminazione, in cui verranno alloggiati i pozzi perdenti.

Adottando tale metodologia di calcolo al caso specifico, al variare della durata dell'evento meteorico, si ottengono i volumi di invaso indicati nella Tabella 4 e nella Tabella 5, per il PII indagato. Il valore massimo dei volumi di invaso riportati rappresenta il volume da assegnare al sistema di stoccaggio ed infiltrazione per lo smaltimento delle portate meteoriche di piena attese.

Nel caso specifico, il volume di invaso richiesto, corrisponde alla durata di pioggia di 1 ora, associata ad un tempo di ritorno di 50 anni, e risulta pari a **490 m<sup>3</sup>**.

Procedendo in maniera analoga per il prolungamento di via Walter Tobagi si ottiene un volume di invaso massimo di **30 m<sup>3</sup>**, anch'esso per durata critica dell'evento meteorico di 1 ora.

*Tabella 4 – Volume di invaso necessario per lo smaltimento delle acque meteoriche del PII Parco Ovest in Comune di Bergamo per eventi meteorici di durata inferiore all'ora*

<b>Durata di pioggia t (minuti)</b>	<b>Volume Meteorico V<sub>E</sub> (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume infiltrato V<sub>I</sub> (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume invaso V<sub>A</sub> (m<sup>3</sup>)</b>
10	264	48	216
20	401	96	305
30	513	145	368
40	610	193	417
50	698	242	456
60	780	290	<b>489</b>

*Tabella 5 – Volume di invaso necessario per lo smaltimento delle acque meteoriche del PII Parco Ovest in Comune di Bergamo per eventi meteorici di durata superiore all'ora*

<b>Durata di pioggia t (ore)</b>	<b>Volume Meteorico V<sub>E</sub> (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume infiltrato V<sub>I</sub> (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume invaso V<sub>A</sub> (m<sup>3</sup>)</b>
1	712	290	<b>422</b>
2	851	581	270
3	945	871	74
4	1'017	1'162	-
6	1'129	1'743	-
8	1'215	2'323	-
10	1'287	2'904	-
12	1'349	3'485	-
14	1'404	4'066	-
16	1'453	4'647	-
18	1'497	5'228	-
20	1'538	5'808	-
22	1'577	6'389	-
24	1'612	6'970	-

### **4.3 VASCA DI LAMINAZIONE E DISPERSIONE DI PROGETTO**

La vasca di laminazione e dispersione di progetto risulta costituita da una vasca in c.a. interrata delle dimensioni in pianta interne di 20 x 18 m caratterizzata da un'altezza totale interna di 2.75 m, di cui 1.70 m considerati utili ai fini dell'invaso, per un volume di invaso disponibile di quasi 1'000 m<sup>3</sup> di cui **540 m<sup>3</sup>** considerati utili ai fini dell'invaso.

Tale vasca è stata suddivisa in più comparti: un comparto di alimentazione iniziale che svolge funzione di decantazione e disoleazione, mediante una particolare predisposizione di setti deflettori e di calma, del volume complessivo di circa 90 m<sup>3</sup>, una camera principale centrale, affiancate da altre due laterali, di analoghe dimensioni (ovvero da 6.50 m di larghezza per una lunghezza variabile da 18 m a 12.75 m).

La vasca centrale risulta separata dalle altre due vasche da dei setti di altezza variabile da 80 cm a 100 cm

In condizioni di eventi meteorici non particolarmente intensi si attiverà la sola camera centrale, mantenendo libere le altre; mentre in caso di precipitazioni più intense il livello in vasca aumenterà interessando per sfioro anche le camere laterali. Dei fori protetti da clapè metteranno comunque in comunicazione la camera centrale con quelle laterale.

Tale accorgimento è stato adottato per ridurre i costi di manutenzione, concentrando la maggior parte degli eventi meteorici e quindi i relativi interventi di manutenzione nella camera centrale.

La vasca centrale ed una laterale presenta un volume di invaso utile di 200 m<sup>3</sup>; l'altra laterale di 140 m<sup>3</sup>, per un totale di circa 540 m<sup>3</sup> di capacità di invaso.

Ogni camera risulta ispezionabile mediante apertura circolare  $\varnothing$  80 cm, telaio  $\varnothing$  100 cm, protetta da chiusino in ghisa sferoidale a norma UNI EN 124, classe D400, a tenuta stagna (ovvero che prevede la chiusura del chiusino mediante viti di fissaggio al telaio), così da scongiurare possibili pericoli di intrusione accidentale.

In corrispondenza delle aperture si prevede la posa di scalette alla marinara in acciaio con rivestimento in polietilene con gabbia di protezione esterna in acciaio inox.

Sul fondo di ogni camera è prevista la realizzazione di una serie di perforazioni del diametro  $\varnothing$  250 mm, equipaggiate con tubazione in PVC  $\varnothing$  200 mm fessurata, dal fondo della vasca (a circa -4.50 m) al limite della perforazione di 20.00 m dal p.c..

Nello specifico per ogni vasca si prevedono da un minimo di 4 ad un massimo di 6 pozzi, per un n. complessivo di 16 pozzi.

Ciascun pozzo risulta protetto in sommità da un torrino in anelli in cls con griglia di protezione in acciaio inox, per evitare che eventuale materiale flottante ovvero sabbia, possa intasare l'imbocco della perforazione. L'imbocco dei pozzi verrà quindi sopraelevato di circa 30 cm dal fondo, a meno di n. 6 pozzi terminali che verranno protetti da una maglia in acciaio inox fino al fondo della vasca (così da garantire lo svuotamento completo della vasca).

Nell'**elaborato grafico F4** si riporta la pianta e la sezione della vasca di laminazione e dispersione di progetto.

Per via Walter Tobagi si prevede sostanzialmente un funzionamento analogo, solo che invece della vasca i pozzi profondi verranno dotati ciascuno di una camera in sommità di dimensioni in pianta 2.00x2.00 m, costituita da anelli pref. in c.a., dell'altezza utile di 2.50 m. Ciascuna camera presenta un volume di 10 m<sup>3</sup>, per un volume di invaso complessivo di 30 m<sup>3</sup>. I pozzi verranno interconnessi tra loro così da bilanciare il loro funzionamento e verranno realizzati nell'area a verde limitrofa alla nuova sede stradale.

Nell'**elaborato grafico F3** si riporta la sezione del pozzo perdente previsto al servizio di via Walter Tobagi.

#### **4.4 TEMPO DI SVUOTAMENTO E FRANCO**

Considerando che il volume di invaso della vasca di laminazione è pari  $540 \text{ m}^3$  e che la batteria di pozzi perdenti è in grado di infiltrare una portata complessiva di circa  $80 \text{ l/s}$ , il tempo di svuotamento è pari a poco meno di **2 ore**, inferiore al limite di 48 ore indicato all'Art. 11, comma 2, lettera f del RR 7/2017.

In caso di evento meteorico con tempo di ritorno di 100 anni, applicando l'espressione (8) prima riportata, si ottiene un volume di invaso richiesto di  $600 \text{ m}^3$ , corrispondente ad un livello di invaso di circa 1.90 m compatibile con le dimensioni interne della vasca (2.75 m), ed in ogni caso corrispondente ad un livello di piena che determina un rigurgito nella fognatura meteorica, che non crea particolari disservizi alle utenze allacciate (il livello di piena nel caso, rigurgita infatti fino alla cameretta B10a).

Bergamo, gennaio 2019



Dott. Ing. Elena Arlati  
