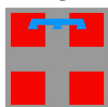


REGIONE
PIEMONTE



PROVINCIA DI
ALESSANDRIA



COMUNE DI
NOVI LIGURE



VARIANTE N. 2 AL PIANO ESECUTIVO CONVENZIONATO AREA I2 POLO INDUSTRIALE DI SUD-EST

La proprietà:



IMPRESA TRE COLLI S.P.A.

Via Sandro Pertini 17 - 43036 FIDENZA (PR)

tel.: 0524/524300 - fax: 0524/524767

e-mail: info@impresatrecolli.com

Il promotore:



IMPRESA TRE COLLI S.P.A.

Via Sandro Pertini 17 - 43036 FIDENZA (PR)

tel.: 0524/524300 - fax: 0524/524767

e-mail: info@impresatrecolli.com

Progettista:



R & P ENGINEERING S.r.l.

Via Novi 39 - 15069 - Serravalle Scrivia (AL) ITALIA

T. +39 0143 637098 | F. +39 0143 637101

info@rpe-srl.com | www.rpe-srl.com

PEC: rovedasrl@pec.bbin.it



ARCH. PAOLO MORGAVI

Via Umberto I 38 - 15053 Castelnuovo Scrivia (AL)

tel.: 0143 637098 - fax: 0143 63 7101

e-mail: paolo.morgavi@rpe-srl.com

Ing. Alberto Desimoni

Tecnico incaricato

Ubicazione Intervento:

VIA DELL'AGRICOLTURA - 15067 NOVI LIGURE (AL)

Oggetto Elaborato:

VERIFICA PRELIMINARE SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE

Scala Elaborato:

Data:

Gennaio 2024

Lingua:

ITA

Note:

Codice Elaborato (Nome file .pdf):

1167 MPTC AREA VPEC **U 001 B0** 00 VRF SAM
Commessa Codice Progetto Intervento Fase Settore N° Elaborato All./Parte Rev. Descrizione

ELENCO REVISIONI

N°	Data	Oggetto	Progettato	Redatto	Verificato	Riservato Tecnico	Approvato
0	Gennaio 2024	Prima Emissione	PM	PM	AD		P. Morgavi
1							
2							
3							
4							



INDICE

1. PREMESSA.....	1
2. DESCRIZIONE DELLA RETE ESISTENTE DI FOGNATURA ACQUE METEORICHE	2
3. RIPROGETTAZIONE DEL BACINO DI LAMINAZIONE.....	3
3.1 FONTI DEI PARAMETRI PER LE CURVE DELLE POSSIBILITÀ CLIMATICHE.....	3
3.2 CRITERI DI CALCOLO DELLA PORTATA AFFLUENTE.....	5
3.3 DETERMINAZIONE DELLA PORTATA AFFLUENTE	6
3.3.1 <i>Metodo del Tempo di corrivazione. Formulazione adottata</i>	6
3.3.1.1 Tempo di corrivazione (Giandotti):.....	6
3.3.1.2 Tempo di corrivazione (Giandotti- Aronica-Paltrinieri):	6
3.4 PORTATA DI PIENA.....	7
3.5 DETERMINAZIONE DEL VOLUME DI LAMINAZIONE	9
3.5.1 <i>Volume di laminazione – Metodo delle sole piogge</i>	9
3.5.2 <i>Sistema di scarico nel ricettore finale</i>	11
3.6 ANALISI DELLO STATO DI DEFLUSSO NEL RICETTORE DIVERSORE RIO GAZZO.....	15
4. OSSERVAZIONI CONCLUSIVE.....	16
5. BLIOGRAFIA	17



1. PREMESSA.

La presente relazione illustra le verifiche eseguite per il dimensionamento del bacino di laminazione nell'ambito della Variante n. 2 al Piano Esecutivo Convenzionato Area I2 Polo Industriale di Sud-Est. (Figura 1.1) necessario per garantire il principio di invarianza idraulica nei confronti del ricettore finale costituito dall'esistente diversore del Rio Gazzo.

L'adozione di tale bacino si rende necessaria a seguito della pianificazione degli interventi relativi ai Lotti B, C e D della Variante n. 2 al PEC, conformemente a quanto previsto nella Convenzione Urbanistica della Variante n. 1 che prevedeva al punto 9.6 e successivi, la realizzazione di un impianto tecnico finalizzato allo smaltimento delle acque meteoriche provenienti dalle aree del PEC nell'ambito delle opere di urbanizzazione dei lotti sopra descritti.

Per ogni riferimento grafico non sufficientemente descritto nelle figure presenti in questa relazione si rimanda alla relativa tavola progettuale (1167_MPTC_AREA_VPEC_U_004_B0_PLN_SAM) che può quindi considerarsi parte integrante del presente studio.

Per quanto concerne l'inquadramento, le caratteristiche generali dell'intervento si rimanda all'elaborato 1167_MPTC_AREA_VPEC_U_001_00_REL_ILL e ai relativi allegati.



Figura 1.1: inquadramento dell'area interessata dalla variante PEC in oggetto
(in **rosso** il perimetro della variante))

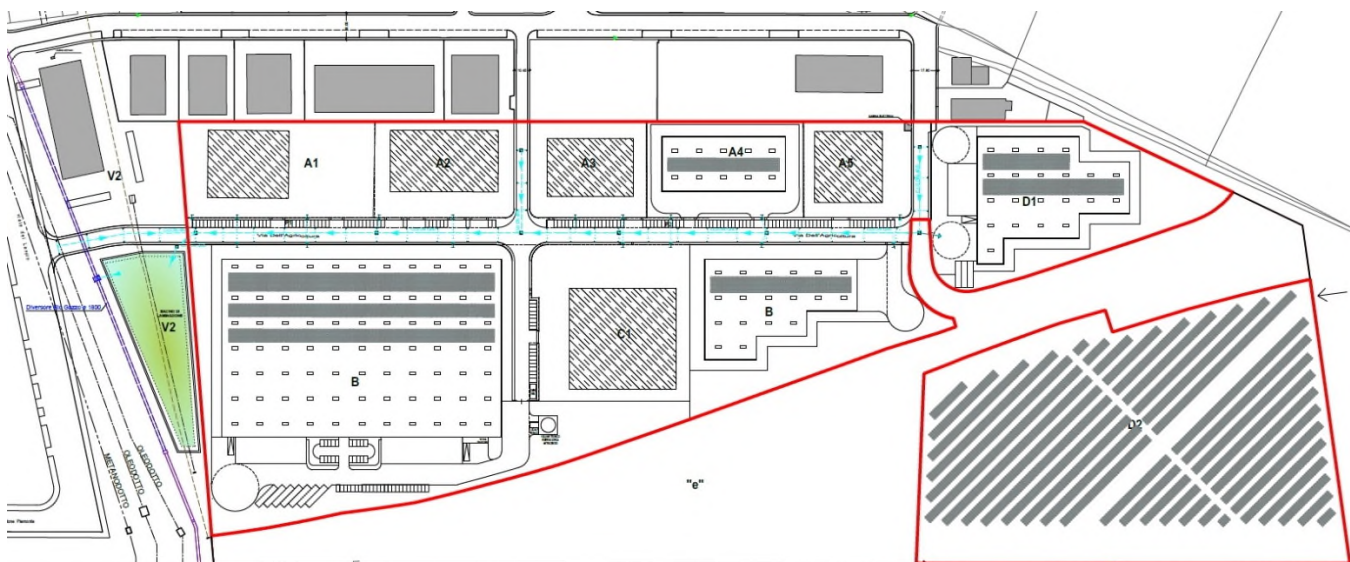


Figura 1.2: Planimetria di inquadratura della rete di fognatura acque meteoriche (tracciato **azzurro**) esistente. (realizzata in attuazione delle opere di urbanizzazione del pec previste nel progetto definitivo del Luglio 2009)
La retinatura in **Verde** rappresenta l'area destinata all'accumulo della portata meteorica che sarà successivamente riversata nel recapito finale rappresentato dal diversore del rio Gazzo.

2. DESCRIZIONE DELLA RETE ESISTENTE DI FOGNATURA ACQUE METEORICHE

La rete di drenaggio delle acque di precipitazione asservita all'area di PEC è stata realizzata in base al progetto definitivo delle opere di urbanizzazione del PEC area I2 polo industriale di sud-est Il Lotto – comparti B e C datato Luglio 2009.

L'elaborato D “Relazione tecnica fognatura acque meteoriche e acque nere”, del suddetto progetto, espone le verifiche eseguite per il dimensionamento della rete.

La rete realizzata presenta una dorsale principale costruita lungo tutta la via dell'Agricoltura e destinata a ricevere i contributi delle caditoie degli edifici e di quelle stradali.

Il suo dimensionamento è stato eseguito prendendo in considerazione l'intera area del PEC pari a 222305 [m²], con un coefficiente di deflusso mediato in funzione della permeabilità delle superfici ed i parametri pluviometrici definiti dal PAI per la cella CO122 per un tempo di ritorno $T_r = 20$ anni.

Nella relazione sopracitata, la verifica relativa alla tubazione della dorsale principale, costituita da un tubo in calcestruzzo con diametro interno di 1200 [mm], riporta i seguenti valori:

$D = 1.200$ mm diametro interno tubo in cls

$\varepsilon = 0,40$ mm scabrezza d'esercizio

$J = 6,26$ ‰ pendenza

$Q_p = 2.9001$ /s portata di pioggia

$Q_t = 3.4281$ /s portata a tubo pieno

$V_t = 3,03$ m/s velocità a tubo pieno

$Q_p/Q_t = 0,85$

da cui si ricava:

$h/D = 0,738$ cioè grado di riempimento 73,8% D

Per quanto concerne la situazione riguardante l'attuale variante n. 2 al PEC, si ritiene che in questo non siano necessari ulteriori approfondimenti sulla verifica della rete che sarà completata con la progettazione esecutiva



relativa ai vari lotti da realizzare, considerando anche il fatto che il valore dell'area oggetto di variante si riduce a 175962 [m²].

Vista la riduzione della superficie del PEC, si ritiene invece porre l'attenzione circa la determinazione del volume di accumulo del bacino di laminazione per la regimazione della portata della rete nel ricettore finale rappresentato dal canale diversore del rio Gazzo che, nel tratto interessato, è costituito da una tubazione in calcestruzzo con diametro interno di 1800 [mm].

3. RIPROGETTAZIONE DEL BACINO DI LAMINAZIONE

Considerato che, con la variante n. 2 del PEC proposta, la superficie complessiva passa dagli originali 222305 [m²] agli attuali 175962 [m²], si ritiene opportuno riverificare il dimensionamento del volume di accumulo necessario a garantire una portata di afflusso, al ricettore finale, tale che sia garantita in ogni caso la sua attuale capacità di deflusso prevista in progetto.

In pratica viene adottato il principio di *invarianza idraulica* secondo il quale le massime portate di deflusso delle acque meteoriche scaricate nei ricettori, naturali o artificiali, non siano maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione in progetto.

Per applicare tale principio in questo caso, stante la mancanza di uno specifico regolamento della Regione Piemonte, si è deciso di adottare, come normativa di riferimento, il regolamento della Regione Lombardia del 23-11-2017, n7 (edizione 21-12-1919) quale linea guida per la determinazione del volume di laminazione e della portata limite di conferimento al ricettore finale (diversore del rio Gazzo).

All' *art. 11 comma al punto 1* del sopracitato regolamento, si definisce che il tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento delle opere di laminazione, tale da presentare un adeguato grado di sicurezza e in considerazione dell'importanza ambientale ed economica degli insediamenti urbani, sia di

$$Tr = 50 [anni].$$

I criteri e i procedimenti adottati per la valutazione dell'*apporto globale dell'area al ricettore finale*, che prende in considerazione la variazione di portata che si verificherà nel suo complesso per effetto del nuovo insediamento, verranno di volta in volta assunti in base alle indicazioni del suddetto regolamento nei successivi paragrafi della presente relazione.

Nei sottoparagrafi del presente capitolo vengono richiamate le fonti dei dati e le procedure seguite per la determinazione delle grandezze di verifica.

3.1 Fonti dei parametri per le curve delle possibilità climatiche.

La portata meteorica è stata ottenuta mediante l'utilizzo dell'equazione delle possibilità climatiche nella classica forma esponenziale :

$$h = at^n \quad (1)$$

dove :

<i>h</i>	altezza precipitazione espressa in [mm]
<i>a</i>	costante espressa in [mm/h]
<i>t</i>	tempo espresso in [h]
<i>n</i>	esponente [adimensionale]



Nel Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) pubblicato dall'Autorità di bacino del Po adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 18 del 26/04/2001 ed approvato con DPCM del 24 maggio 2001, pubblicato sulla G.U. n 183 del 08/08/01, vengono forniti i valori di a e n , per i punti privi di osservazione diretta, ottenuti con una interpolazione spaziale con il metodo kriging, discretizzati in un reticolo base con celle quadrate di 2 km di lato.

La zona in oggetto è tutta compresa all'interno della cella CO122 della tavola 14 allegato 3 del PAI (Figura 3.1).

L'adozione dei parametri forniti dal PAI risultano, in base a raffronti eseguiti con dati pluviometrici locali in occasione di altre progettazioni di interventi in zone adiacenti, quelli maggiormente cautelativi e quindi più penalizzanti ai fini delle verifiche.

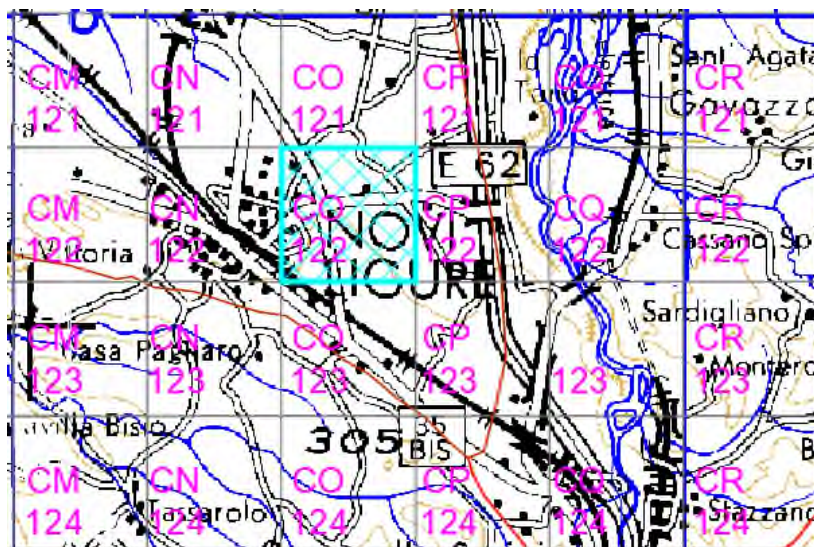


Figura 3.1: estratto tav 14 allegato 5441Cartografia 1 con la sovrapposizione delle celle estratte dalla tav. 14 allegato 5446Cartografia 33 (PAI)

I valori della costante a e dell'esponente n , forniti dal documento del PAI per la cella in oggetto in funzione dei vari tempi di ritorno, risultano i seguenti :

CELLA CO122				
Tempo di ritorno	20 anni	100 anni	200 anni	500 anni
a	54.04	70.77	78.34	88.34
n	0.362	0.359	0.358	0.357

Volendo determinare valori delle costanti a ed n per tempi di ritorno diversi da quelli forniti dal PAI si è ricorso ad una interpolazione mediante una curva di regressione di tipo logaritmico ottenendo le seguenti grandezze:

CELLA CO122 (*)				
Tempo di ritorno	5 anni	10 anni	30 anni	50 anni
a	37.86	45.47	57.52	63.12
n	0.363	0.362	0.360	0.359

(*) i valori riportati sono stati ottenuti come elaborazione dei dati per Tr 20 -100 – 200 – 500 con curva di regressione di tipo logaritmico.



Ne deriva che l'intensità di precipitazione i , definita come

$$i = \frac{h}{t} = \frac{a \cdot t^n}{t} = a \cdot t^{n-1} \quad [\text{mm/h}] \quad (2)$$

può essere determinata in funzione dei parametri a e n . In questo caso, prendendo in esame il tempo di ritorno assunto in progetto, ovvero $Tr=50$, si può ottenere il seguente diagramma di intensità/durata.

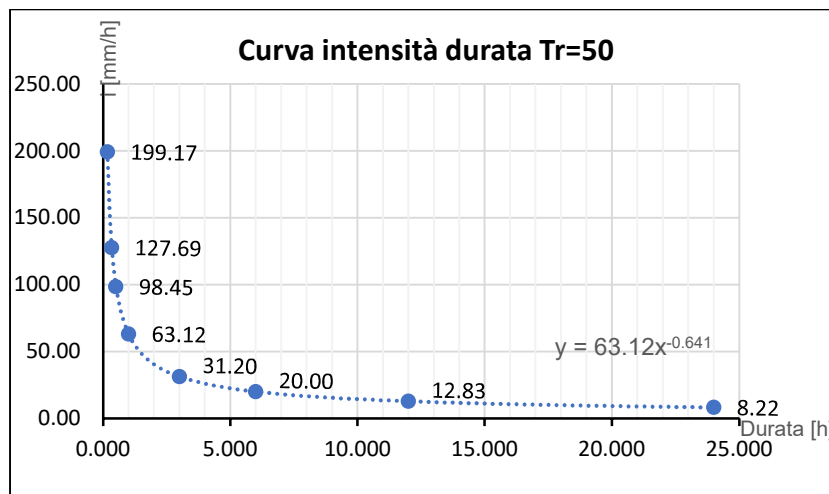


Figura 3.2: grafico intensità / durata ottenuta con i coefficienti PAI cella CO122 Tr=50anni

Nelle verifiche che verranno svolte nei paragrafi successivi, i coefficienti forniti dal PAI vengono assunti per la determinazione della portata meteorica..

3.2 Criteri di calcolo della portata affluente.

La determinazione della portata affluente risulta dipendente da diversi fattori che possono principalmente essere indicati in:

- Intensità e durata della precipitazione (normalmente a maggiore intensità corrisponde minore durata dell'evento)
- Natura del terreno (argillosa, ghiaiosa, rocciosa, ecc..)
- Sistemazione superficiale sia dal punto di vista orografico (pendenza), che dalla destinazione colturale (seminativo, prato, bosco, ecc) o urbanistico.

Essenzialmente la portata può essere valutata utilizzando due metodi principali:

Tempo di corrivazione inteso come tempo necessario perché una particella d'acqua, caduta nel punto idraulicamente più lontano del bacino, possa far sentire il suo effetto nella sezione presa in considerazione. Questo metodo si adatta meglio per la valutazione della portata relativa ad un'area vista nella sua globalità e quindi verrà utilizzato per le verifiche inerenti il bacino di laminazione.

Volume di invaso il quale vuole tenere conto dell'immagazzinamento dovuto alla presenza di volumi (quali ad esempio la rete delle tubazioni fognarie, i canali di scolo ed eventuali bacini di raccolta naturali od artificiali) che contribuiscono a far affluire nella sezione considerata una quantità d'acqua opportunamente corretta. In altri termini la portata che la sezione di verifica deve smaltire in un determinato intervallo di tempo, risulterà depurata dall'accumulo che è in grado di offrire l'invaso a monte della medesima sezione. Tale metodo, conosciuto anche come *metodo diretto*, viene in genere adottato per il calcolo della rete di tubazioni di fognatura bianca asservite ai fabbricati, ai parcheggi e ai piazzali.



3.3 Determinazione della Portata affluente

La portata verrà determinata utilizzando il metodo del *tempo di corrivazione*.

Si riportano di seguito le relazioni adottate in questo caso.

3.3.1 Metodo del Tempo di corrivazione. Formulazione adottata

Per la valutazione del tempo di corrivazione, sono state formulate diverse teorie che hanno dato luogo ad una serie di relazioni di carattere empirico .

Considerato che le grandezze ottenute sono estremamente variabili e differiscono tra loro anche per un ordine di grandezza, si è ritenuto opportuno adottare per la valutazione del tempo di corrivazione e delle conseguenti portate, la relazione suggerita da M. Giandotti ⁽¹⁾ che ha raccolto una serie di osservazioni nella zona dell'Appennino Ligure. Tale formulazione risulta tra le più utilizzate, ma per bacini di estensione inferiore ai 100 [km²] tende a fornire valori sovrastimati. La relazione può essere ragguagliata con i coefficienti correttivi suggeriti da Aronica e Paltrinieri ⁽²⁾ validi per bacini con superficie minore di 10 [km²]. I risultati ottenuti appaiono, nel confronto con le varie formulazioni proposte da altri autori, abbastanza equilibrati e sufficientemente prudentiali.

3.3.1.1 TEMPO DI CORRIVAZIONE (GIANDOTTI):

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{h_m - h_v}}$$

con:

T_c	Tempo di corrivazione espresso in [h]
A	Area in [km ²]
L	Lunghezza dell'asta principale estesa fino allo spartiacque
h_m	Altitudine media del bacino considerato ottenuta come media ponderata con le aree
h_v	Altitudine della sezione di chiusura

3.3.1.2 TEMPO DI CORRIVAZIONE (GIANDOTTI- ARONICA-PALTRINIERI):

$$T_c = \frac{1}{Md} \frac{\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{h_m - h_v}}$$

con

T_c	Tempo di corrivazione espresso in [h]
A	Area in [km ²]
L	Lunghezza dell'asta principale estesa fino allo spartiacque
h_m	Altitudine media del bacino considerato ottenuta come media ponderata con le aree
h_v	Altitudine della sezione di chiusura
M	Costante che tiene conto della natura del tipo di copertura del bacino
	Terreno nudo 0,667
	Terreni coperti con erbe rade 0,250
	Terreni coperti da bosco 0,200
	Terreni coperti da prato permanente 0,167
d	Costante che tiene conto della permeabilità del suolo
	Terreni semi-impermeabili 1,270
	Terreni poco permeabili 0,960
	Terreni mediamente permeabili 0,810
	Terreni molto permeabili 0,690

¹ Giandotti M – *Previsione empirica delle piene in base alle precipitazioni meteoriche, alle caratteristiche fisiche e morfologiche dei bacini ; applicazioni del metodo ad alcuni bacini dell'Appennino Ligure*. Memorie e studi idrografici . Pubbl. N.2 Serv.Idr.It. Min.L.L.P.P. n.10 ,1940 pagg. 5-13.

² Aronica-Paltrinieri (1954) – *Bonifica montana del comprensorio dell'Alto Simeto*. Centro Strudi Cassa per il Mezzogiorno.Quaderno n. 17 - Roma.



Si può notare che con il valore $M \cdot d = 0.250$ si ottiene il valore dalla costante 4 della precedente formula di Giandotti.

Per le presenti verifiche, è stata utilizzata la formulazione di Giandotti in quanto maggiormente prudentiale nei confronti del volume da attribuire alla vasca di laminazione.

3.4 Portata di Piena

La portata massima, o portata di piena, si ottiene in genere utilizzando il metodo razionale che permette di stimare il valore Q della portata con la seguente formulazione

$$Q = k \cdot c \cdot i \cdot A \quad (3)$$

Dove:

- c Coefficiente di riduzione delle precipitazioni (in pratica coefficiente di afflusso)
- i Intensità di precipitazione
- A Area del bacino
- k Fattore che tiene conto della non uniformità delle unità di misura. In particolare se i è espressa in [mm/h], A in [km²] e la portata in [m³/sec], k risulterà = $1/3.6 = 0.278$

Assumendo, come condizione critica, la durata di pioggia pari al tempo di corrivazione, si ottiene l'intensità di pioggia critica definita da $i = h_c / t_c$ dove $h_c = a / t_c^n$ e quindi la (3) diventa

$$Q = \frac{c \cdot h_c}{3.6 T_c} A = [m^3 / \text{sec}]$$

La formulazione del metodo razionale con i coefficienti correttivi suggeriti da Giandotti e in pratica congruente con la formulazione del tempo di corrivazione in precedenza adottata, risulta così modificata.

$$Q = \frac{0.278 \cdot \psi \cdot \gamma \cdot p}{\lambda \cdot T_c} A = [m^3 / \text{sec}]$$

con:

- Ψ Coefficiente di riduzione delle precipitazioni (Coefficiente di afflusso Tabella 3.1)
- γ Rapporto tra portata al colmo e quella media durante l'evento di piena
- p Precipitazione determinata in funzione del valore del tempo di corrivazione inserito nell'equazione in forma esponenziale della curva delle possibilità climatiche espressa in [mm]
- λ Rapporto tra la durata dell'evento ed il tempo di corrivazione

Per superfici in cui è possibile definire con una certa esattezza il valore delle aree appartenenti alle varie nature, il coefficiente Ψ si ottiene attraverso una media ponderata con il valore delle aree stesse.

Natura della superficie scolante	ψ
Tetti – manti di copertura impermeabili – (in funzione della natura del manto di copertura)	0.70 ÷ 0.95
Pavimentazioni in asfalto ben tenute	0.80 ÷ 0.90
Pavimentazioni in pietra o mattoni con connessioni sigillate a cemento	0.75 ÷ 0.85
Pavimentazioni c.s. con connessioni non sigillate	0.50 ÷ 0.70
Pavimentazioni a blocchetti con giunti non chiusi	0.40 ÷ 0.50
Macadam	0.25 ÷ 0.60
Strade inghiaiate	0.15 ÷ 0.30
Superfici non pavimentate, piazzali ferroviari e simili	0.10 ÷ 0.30
Parchi, giardini, orti con forti pendenze	0.25
Parchi, giardini, orti con piccole pendenze	0.05
Aree boschive (in funzione della pendenza)	0.01 ÷ 0.20

Tabella 3.1: Coefficienti di afflusso per la pioggia di durata oraria in funzione della natura delle superfici.

Il valore della portata risulta quindi direttamente proporzionale al coefficiente ψ .



Per superfici in cui è possibile definire con una certa esattezza il valore delle aree appartenenti alle varie nature, il coefficiente si ottiene attraverso una media ponderata con il valore delle aree stesse

Nel caso in oggetto il coefficiente di afflusso viene determinato con i valori esposti nella seguente tabella:

Situazione in progetto		
Tipologia Area	Superficie [m ²]	ψ
Coperture	52485	0.90
Strade – Piazzali - Asfalti	11653	0.90
Corti di ricezione	47966	0.90
Sistemazione a Verde	63858	0.30
Totali	175962	0.682

Tabella 3.2: determinazione del coefficiente di afflusso medio

Il coefficiente Ψ così determinato può anche essere assunto come valore del coefficiente c della formula(3) del metodo razionale.



3.5 Determinazione del volume di laminazione

Il regolamento regionale adottato quale linea guida per definire il volume di laminazione prevede la definizione di aree divise in base al loro livello di criticità idraulica definita attraverso la possibilità di scarico nel ricettore unitamente alla capacità ricettiva di quest'ultimo

Di seguito si espone il procedimento utilizzato per la determinazione del volume di laminazione e della portata limite di immissione nel ricettore.

Viste le caratteristiche della rete di drenaggio presente, le condizioni di funzionamento, la potenziale capienza di invaso della vasca di laminazione e la capacità del ricettore in relazione alle sue condizioni di deflusso (verificate nel successivo § 3.6) si stabilisce di assumere i seguenti parametri:

- Valore massimo ammissibile di portata meteorica scaricata nel ricettore $U_{lim} = 20$ [l/s] per ettaro di superficie impermeabilizzata;
- Modalità di calcolo: **Metodo delle sole piogge**;
- Tempo di ritorno : **$Tr=50$ [anni]**;
- Requisito minimo di capacità di laminazione: 500 [m³] per ettaro di superficie scolante impermeabilizzata;
- Tempo limite di svotamento della vasca di laminazione 48 [h]

3.5.1 Volume di laminazione – Metodo delle sole piogge

Il metodo utilizzato fornisce una valutazione del volume di invaso della vasca sulla base della sola curva delle possibilità climatiche (formula (1) del § 3.1) e della massima portata in uscita che si ipotizza costante.

In pratica questo metodo trascura completamente la trasformazione afflussi-deflussi, fatta eccezione per le perdite idrologiche, che si realizza nel bacino a monte della vasca.

Con questa ipotesi semplificativa il volume entrante nella vasca risulterà :

$$W_e = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^n \quad (4)$$

Dove:

- S Superficie scolante
- φ Coefficiente di afflusso
- a costante della curva di possibilità climatiche
- D Durata della pioggia
- n Esponente della curva delle possibilità climatica

Nello stesso intervallo di tempo D , il volume uscito dalla vasca sarà:

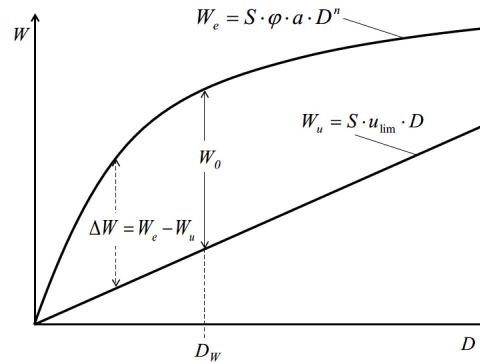
$$W_u = S \cdot u_{lim} \cdot D = Q_u \cdot D \quad (5)$$

Con u_{lim} massima portata ammissibile caricata nel ricettore per unità di superficie

Pertanto il massimo volume accumulato nell'invaso sarà:

$$\Delta W = W_e - W_u \quad (6)$$

La seguente figura riporta graficamente le funzioni sopra definite e permette di individuare la condizione



del massimo valore di invaso W_o e della corrispondente durata D_w che si può definire *durata critica* per l'invaso di laminazione.

La durata critica è quindi localizzata nel grafico in corrispondenza della massima distanza tra le due curve delle funzioni (4) e (5). Esprimendo matematicamente tale condizione di massimo si trova :

$$D_w = \left(\frac{Q_u}{S \cdot \phi \cdot a \cdot n} \right)^{\left(\frac{1}{n-1} \right)} \quad (7)$$

Da cui deriva il volume di laminazione relativo alla durata critica

$$W_o = S \cdot \phi \cdot a \cdot D_w^n - Q_u \cdot D_w \quad (8)$$

Occorre infine osservare che questo metodo, avendo trascurato il processo di trasformazione afflussi-deflussi che avviene nel bacino scolante, comporta che le portate di piena in ingresso nella vasca di laminazione vengano sopravvalutate come, di conseguenza, anche i volumi di laminazione.

Nel caso in esame si stabilisce inoltre di trascurare, prudenzialmente, il valore del *volume di infiltrazione* nel terreno che il metodo permette di tenere in conto come volume in uscita.

La tabella che segue fornisce i valori calcolati applicando le precedenti formulazioni:

Bacino	S [km ²]	Coeff. Deflusso ϕ	a [mm/h]	n	u_{lim} [l/s/ha]	W_e [m ³]	W_u [m ³]	D_w [h]	W_o [m ³]	w_o [m ³ /ha]	Tempo di svotamento [ore]
Area di competenza PEC	0.175962	0.682	63.12	0.359	20	9535.7	2407.2	3.29	7443	422.988	5.875

Tabella 3.3: Determinazione del volume di laminazione

Il valore del volume di laminazione di 7443 [m³], ricavato in Tabella 3.3 , comporta un valore del requisito minimo di capacità di laminazione $w_o = 422.988$ [m³/ha] inferiore al valore di 500 [m³/ha] suggerito dal regolamento di riferimento.

Adottando quindi il valore di 500 [m³/h] il volume di laminazione assume il valore di $W_o = 8798.1$ [m³].

Volendo prendere in considerazione la situazione limite in cui non risulta possibile scaricare nel ricettore la portata ipotizzata in uscita per tutta la durata dell'evento e con i valori di calcolo più prudenziali, si stabilisce di realizzare una **vasca di laminazione con un volume di**

$$W_o = 9000 \text{ [m}^3\text{]}$$

cui corrisponde un requisito di **capacità di laminazione** di

$$w_o = 511.474 \text{ [m}^3\text{/ha]}$$

una conseguente **portata limite in uscita**

$$Q_{u,lim} = 0.236 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

ed un **tempo di svotamento** pari a:

$$10.593 \text{ [h]} < 48 \text{ [h]}$$

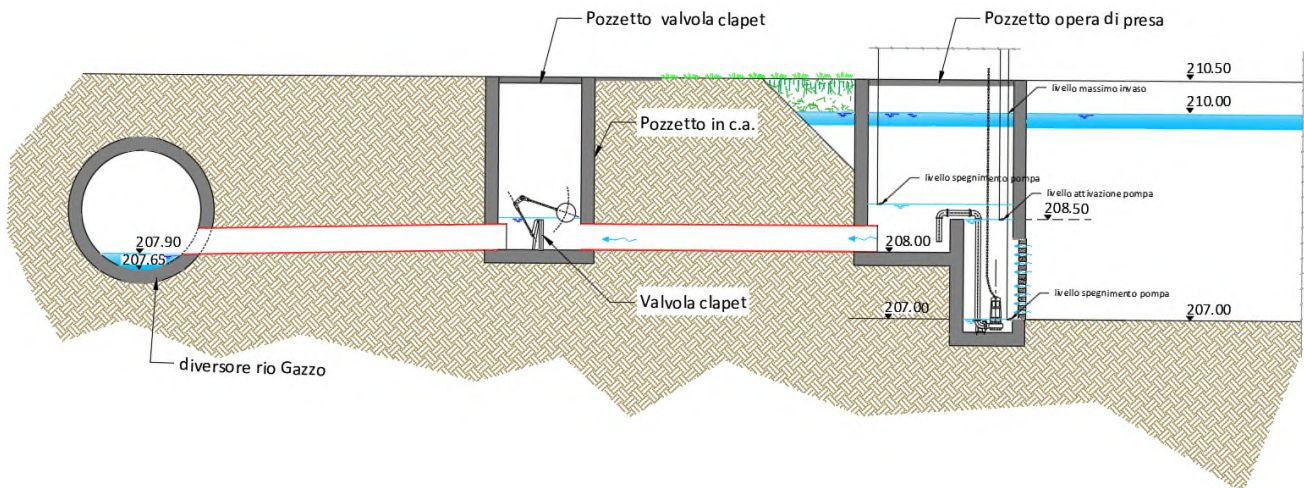


Figura 3.5: Particolare altimetrico dell'opera di scarico

Nello stesso paragrafo è stata stabilita la portata limite in uscita (0.236 [m³/s]) che la tubazione emissario dovrà avere. Per il dimensionamento del diametro utile interno di questo tubo occorre fare riferimento alla relazione che definisce la portata di una bocca a battente a luce fissa:

$$Q = \mu \cdot A \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad (9)$$

Dove :

Q = portata uscente

μ = coefficiente d'efflusso assunto per questa tipologia di bocca, pari a 0.61

A = area della bocca d'efflusso

h = battente (dislivello tra la quota del pelo libero e la quota dell'asse della condotta emissario)

dalla precedente relazione si può determinare quindi l'area necessaria per la bocca

$$A = Q / (\mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h})$$

Occorre osservare che la portata espressa con la formula (9) risulta funzione del battente h il cui valore, durante lo svuotamento della vasca, non risulta costante ma variabile tra il valore corrispondente al massimo invaso e zero per la vasca vuota.

Ne consegue che per determinare il valore dell'area della bocca di efflusso si rende necessaria una integrazione della (9) con h variabile da $h_{iniziale}$ a h_{finale} .

Operando con un procedimento di discretizzazione in cui si assume un passo di decremento del battente sufficientemente piccolo si perviene ad un risultato (**Tabella 3.4**) che si accorda con i valori esposti nella **Tabella 3.3** (determinazione del volume di laminazione)

Battente Iniziale [m]	Passo di decremento [m]	W_0 [m³]	Ø bocca di efflusso [mm]	Coefficiente di efflusso	Portata media di efflusso [m³/s]	Tempo di svuotamento [ore]
2.00	0.01	9000	376.6	0.61	0.224	11.155

Tabella 3.4: parametri di determinazione delle dimensioni del diametro di efflusso

Si può notare che nella **Tabella 3.4** sia stato indicato un battente di 2.0 [m] in quanto la quota del fondo tubo emissario necessariamente è stata posta a 208.0 [m] per garantire il deflusso per scorrimento naturale.



Il diametro di 376.6 [mm] corrisponde alle caratteristiche dimensionali di un tubo PVC UNI EN 1401-1 SN8 SDR34 di diametro nominale \varnothing 400 [mm].

Di seguito si riportano i parametri di verifica della suddetta tubazione con l'indicazione delle verifiche per la portata limite e per quella media con il grafico della scala di deflusso della portata in funzione dell'altezza di riempimento della tubazione (**Figura 3.6**) ed il grafico della variazione della portata in funzione del battente (**Figura 3.7**).

Tubo PVC UNI EN 1401-1 SN8-SDR34			\varnothing interno	376.6	[mm]
Sezione Iniziale [m]			Sezione finale [m]		
n./Nome	Progress.	Quota	n./Nome	Progress.	Quota
diversore	0	207.9	vasca	10	208
Distanza	10	Δ	0.1	Pend. [%]	1
Scabrezza equivalente		0.1	[mm]		
Passo di calcolo [mm]		5			
Portata Max	0.256	[m ³ /s]	H riempim.	35.500	[mm]
Parametri Idraulici per Portata media 0.2240 [m ³ /s]					
Altezza riempim. [cm]	Area [cm ²]	Raggio idraulico [cm]	% riempim.	Coeff. Resist. Colebrook	Portata [m ³ /s]
29.11	924	11.42	82.95	22.90545	0.224
Parametri Idraulici per Portata Qulim 0.2360 [m ³ /s]					
30.67	971.4	11.46	87.21	22.91296	0.236

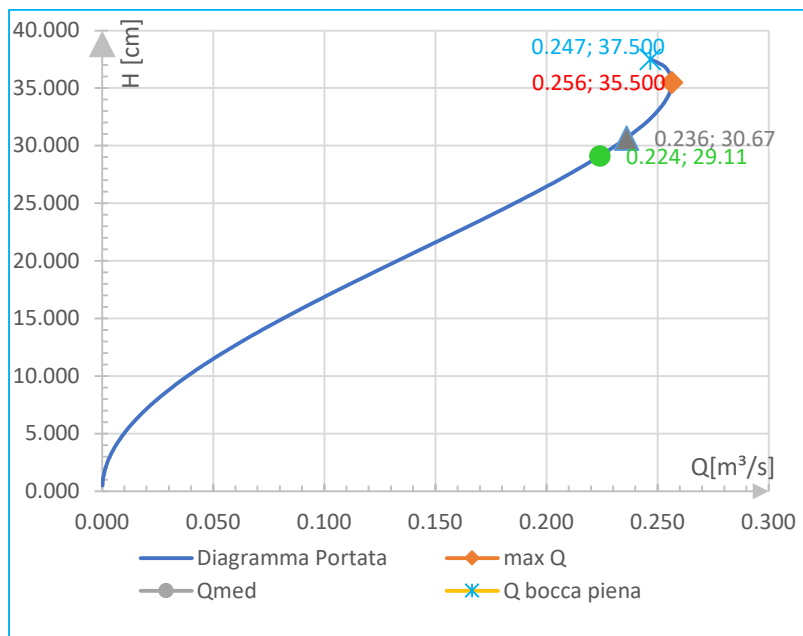


Figura 3.6: Grafico della Scala di deflusso del tubo emissario

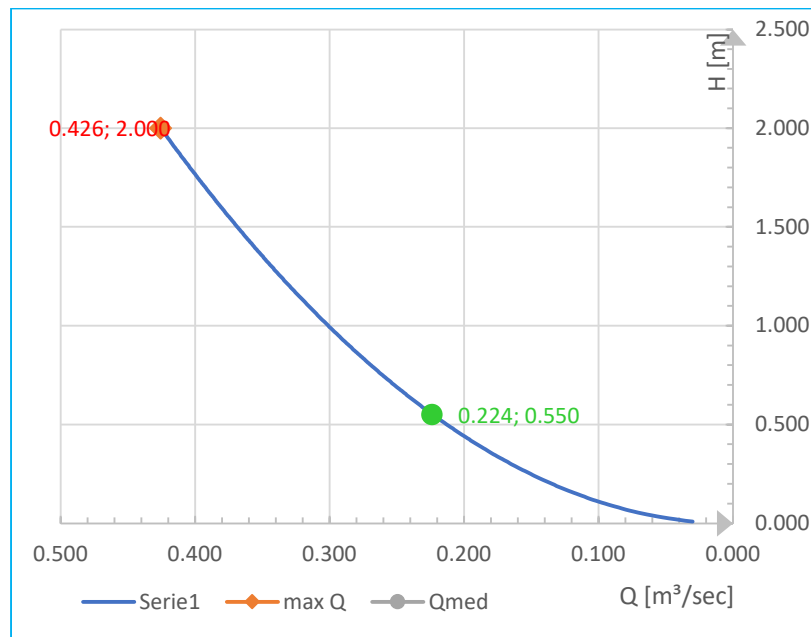


Figura 3.7: Grafico della variazione della portata in funzione del battente

Dalle quote indicate in **Figura 3.5** emerge che il fondo vasca si trova a 0.65 [m] sotto il livello del fondo tubo del diversore per cui un volume residuo corrispondente a circa 2600 [m³] dovrà essere smaltito per mezzo di una pompa.

Lo schema indicato prevede una pompa che dovrà superare un dislivello di 1.50 [m] per convogliare la portata nella vaschetta di imbocco della tubazione di scarico.

L'indicazione dei livelli di attivazione e disattivazione della pompa, prevedono che questa si attivi quando si raggiunge la quota per cui non è più possibile il deflusso naturale e si spenga quando invece l'altezza di riempimento della vasca di laminazione sia tale da permettere il deflusso naturale.



3.6 Analisi dello stato di deflusso nel ricettore diversore rio Gazzo

Il diversore del rio Gazzo nel tratto interessato dal PEC presenta una sezione di un tubo in calcestruzzo di 1800 [mm] di diametro interno. Dalla relazione di progetto risulta che questa tubazione è stata dimensionata con i seguenti parametri:

Diametro interno: $\varnothing = 1800$ [mm]

Materiale: Calcestruzzo

Pendenza: $i = 3 \text{ ‰}$ (0.3%)

Portata di progetto: $Q = 6.0$ [m³/s]

Di seguito viene esaminato il funzionamento della tubazione in relazione allo scarico dell'emissario della vasca di laminazione.

Nelle verifiche, di seguito esposte, oltre a riguardare le potenzialità complessive del tubo si riportano le condizioni di funzionamento per i seguenti particolari scenari di portata:

- Condizione di portata (portata1 in tabella) presente in corrispondenza di quota 207.90 [m] (sbocco fondo tubo emissario)
- Condizione di deflusso dopo l'immissione della portata del tubo emissario (portata 2 in tabella)
- Condizione di deflusso al limite della quota di possibile scarico (portata 3 in tabella)

Diversore Rio Gazzo - tubo $\varnothing 1800$ / p=3 ‰											
Verifica potenzialità sezione											
PEC variante n.2 – Area I2 polo industriale di sud-est											
Gen.2024											
Tubo						\varnothing esterno	\varnothing interno	Spessore			
tubo in cls $\varnothing 1800$						2200	1800	200			
condizioni geometriche						Scabrezza equivalente		2			
Sezione Iniziale [m]			Sezione finale [m]								
n./Nome	Progress.	Quota	n./Nome	Progress.	Quota	Passo di calcolo [mm]		10			
I	0	100	F	100	99.7						
Distanza	100.00	Δ	-0.300	Pend. [%]	-0.300						

Altezza riemp_to [cm]	Area [cm ²]	Largh.Pelo Libero [cm]	Raggio idraulico [cm]	% riemp_to	Scabrezza media [mm]	Coeff. Resist. Colebrook	Portata [m ³ /s]	Velocità media [m/s]	N. di Froude	Tipo di corrente	Sfruttamento portata max [%]
Parametri Idraulici per Portata MASSIMA											
169.00	24806	86.2	52.16	97.48	2	20.072	6.169	2.487	0.468	lenta	100.00
Parametri Idraulici per Portata Bocca Piena											
180.00	25447	0	45	100	2	19.705	5.771	2.268	0.001	lenta	93.541
Parametri Idraulici per Portata 1							0.236	Portata a quota tubo emissario			
24.44	2071	123.3	15.24	8.14	2	17.016	0.236	1.140	0.888	lenta	3.826
Parametri Idraulici per Portata 2							0.472	portata a valle del tubo emissario			
34.36	3389	141.5	20.82	13.32	2	17.792	0.472	1.393	0.909	lenta	7.651
Parametri Idraulici per Portata 3							1.5	portata limite di possibile scarico			
62.28	7814	171.2	34.52	30.71	2	19.047	1.500	1.920	0.907	lenta	24.315

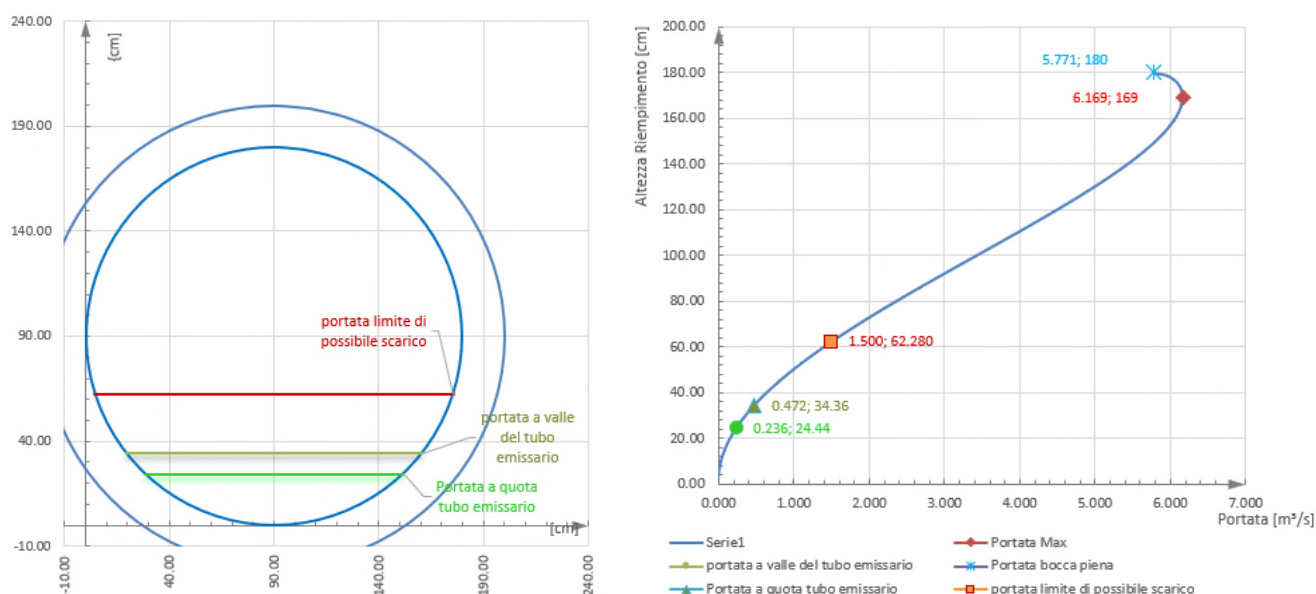


Figura 3.8: scheda di verifica e scala di deflusso tubazione diversore rio Gazzo

Dall'analisi dei risultati ottenuti nelle verifiche sopra esposte si può constatare che:

- la portata corrispondente alla quota del fondo tubo emissario è praticamente uguale alla portata di scarico dell'emissario stesso;
- La portata complessiva (portata presente + portata emissario) produce un innalzamento del pelo libero di 9.92 [cm] nella sezione del tubo Ø 1800 immediatamente a valle ;
- La portata di 1.50 [m³/s], che produce una altezza di deflusso di 62.28 [cm], porta la quota del pelo libero a 208.28 [m] corrispondente alla quota del sopra tubo dell'emissario e conseguentemente tale da provocare la chiusura della valvola a clapet.

Ne consegue che lo scarico della vasca di laminazione potrà avvenire nelle condizioni di deflusso di portata nella tubazione del diversore pienamente compatibili con le sue potenzialità.

4. OSSERVAZIONI CONCLUSIVE

La vasca di laminazione dimensionata nella presente relazione raggiunge lo scopo di realizzare l'invarianza idraulica secondo le indicazioni previste dalla normativa adottata (regolamento della Regione Lombardia del 23-11-2017, n7 edizione 21-12-1919) .

L'attuale distribuzione planivolumetrica del PEC, comporta che l'area destinata al volume di laminazione risulti tutta concentrata nella zona indicata nelle rispettive tavole, per cui , per raggiungere il volume richiesto, si rende necessario adottare una quota di fondo dell'invaso inferiore alla quota di scorrimento del ricettore finale.

Questo comporta, come descritto nei precedenti paragrafi, l'adozione di un sistema di pompaggio in grado di scaricare circa un terzo del volume complessivo di laminazione.

Volendo adottare una quota di fondo vasca tale che permetta lo scarico dell'intero volume accumulato attraverso uno scorrimento naturale, quindi senza l'uso di sistemi di pompaggio, occorrerà aumentare la superficie destinata all'accumulo. In fase di progettazione definitiva e/o esecutiva dei singoli lotti verranno studiate adeguate soluzioni che permettano di decentrare, in altre aree, la parte di volume di accumulo necessaria al raggiungimento di tale quota.



5. BLIOGRAFIA

- [1] *Manuale di Ingegneria civile e ambientale* – Volume Primo, Quarta edizione – Zanichelli/Esac;
- [2] *Manuale di Ingegneria civile – Volume 1*, AA.VV. – Zanichelli/Esac;
- [3] *“Meccanica dei fluidi – Principi ed applicazioni idrauliche”*, E. Marchi e A. Rubatta, UTET;
- [4] *“Sistemi di fognatura – manuale di progettazione”*, AA.VV. C.S.D.U. Hoepli;
- [5] *“Rischio Idraulico e difesa del territorio”*, A.Murachelli – V.Riboni, Dario Flaccovio Editore;
- [6] *“La sistemazione dei bacini Idrografici”*, V.Ferro , McGraw-Hill;
- [7] *“Le pubbliche Fognature”*, P. Pocecco- M. Pocecco , Dario Flaccovio Editore;
- [8] *Regione Lombardia Testo coordinato del regolamento regionale 23-11-2017 n. 7* (edizione 21-12-1919)