

# NUOVA VIABILITA' DI ACCESSO ALLO STABILIMENTO SANPELLEGRINO S.P.A. IN COMUNE DI ZOGNO

## PROVVEDIMENTO AUTORIZZATIVO SPORTELLO UNICO PER LE ATTIVITA' PRODUTTIVE (S.U.A.P.)

ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. 07/09/2010 N. 160

Committente:

**SANPELLEGRINO S.P.A**

Località Ruspino  
24016 - San Pellegrino Terme (BG)

Progettista:



Engineering and Technical Services

S.p.A.

Via A. Mazzi, 32 - 24018 Villa d'Almè - (BG)

T. +39 035/ 63 13 111 F. +39 035/ 54 50 66

info@etseng.it - www.etseng.it

Sistema Qualità Certificato UNI EN ISO 9001:2008

Certificato numero: SQ00461 CSICERT

Titolo elaborato:

**IDRAULICA  
RELAZIONE DI DIMENSIONAMENTO  
SCARICO DELLE ACQUE METEORICHE**

Numero elaborato

**020M**

Scala: -

Data: 24/05/2018

Commessa: 0142-2017

Redatto	Verificato	Approvato D.T.	Descrizione	Data	Rev.
Fustinoni	Locatelli	Parietti	EMISSIONE	24/05/2018	00

## **SOMMARIO**

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>ANALISI IDROLOGICA.....</b>	<b>4</b>
2.1	Metodologia .....	4
2.2	Definizione delle LSPP per assegnato tempo di ritorno .....	6
2.3	Considerazioni sul tempo di ritorno .....	9
<b>3</b>	<b>IDRAULICA DI PIATTAFORMA .....</b>	<b>12</b>
3.1	Generalità .....	12
3.2	Inquadramento progettuale.....	12
3.3	Descrizione del sistema di drenaggio .....	12
3.4	Verifica del sistema di drenaggio .....	14
3.4.1	Metodologia .....	14
3.4.2	Tubazioni a servizio delle caditoie stradali.....	17
<b>4</b>	<b>INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA DELLE OPERE.....</b>	<b>21</b>
4.1.1	Inquadramento normativo e principi generali .....	21
4.1.2	Dimensionamento .....	22
<b>5</b>	<b>CRITERI DI MANUTENZIONE E DI GESTIONE DEL SISTEMA .....</b>	<b>25</b>
5.1.1	Generalità .....	25
5.1.2	Attività di manutenzione ordinaria .....	25
5.1.3	Attività di manutenzione straordinaria .....	26
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>27</b>

## 1 PREMESSA

---

La presente relazione affronta il problema del dimensionamento della rete di scarico delle acque meteoriche delle aree oggetto di intervento, destinate ad ospitare la nuova viabilità. Al fine di valutare la sollecitazione idrologica che interessa i bacini idrografici oggetto di indagine si rende necessario lo studio del regime pluviometrico dell'area, ed in particolare, la definizione del regime delle piogge di breve durata e forte intensità.

A partire dai dati storici di precipitazione, ed utilizzando le usuali tecniche di inferenza statistica, sono dimensionate le piogge di progetto da assumersi alla base della progettazione.

Il dimensionamento delle opere di collettamento delle acque superficiali delle pavimentazioni stradali, è effettuato secondo le previsioni della *"Guida alla progettazione dei sistemi di collettamento e depurazione delle acque reflue urbane"* redatta del Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio" (2001).

Il progetto della rete di raccolta e smaltimento è stato redatto in conformità alla Normativa vigente, con particolare riferimento alle seguenti norme:

- D.Lgs 3 Aprile 2006 n. 152 e ss.mm.ii.;
- Regione Lombardia – Regolamento Regionale 24 Marzo 2006 n. 4;
- Regione Lombardia – Programma di Tutela e Uso delle Acque (P.T.U.A.) – Approvato con DGR 29 Marzo 2006 n. 8/2244.

La zona di riferimento copre una piccola porzione di territorio del Comune di Zogno, in fregio al fiume Brembo, ed è composta da una fascia con una superficie complessiva indicativa pari a 3.500 m<sup>2</sup>.

Le opere di drenaggio superficiale dovranno provvedere alla raccolta, all'incanalamento e all'allontanamento sia delle acque che vengono intercettate dal corpo stradale sia di quelle cadute direttamente sulla superficie di questo. Le caditoie stradali costituiscono i manufatti fondamentali di interconnessione tra le cunette e i canali di gronda e le sottostanti canalizzazioni, e devono essere progettate in modo da:

- immettere nei condotti di scarico le portate per cui questi sono dimensionati;
- permettere un'agevole manutenzione per il mantenimento delle loro caratteristiche funzionali;
- impedire la fuoriuscita in superficie di cattivi odori.

In corrispondenza della nuova rotatoria viene predisposto un collegamento delle caditoie di scarico della rotatoria e dei raccordi con la Strada SP ex SS 470 alla futura vasca di raccolta della Provincia di BG come richiesto dalla Provincia stessa.

## **2 ANALISI IDROLOGICA**

---

### **2.1 Metodologia**

Quale che sia la tecnica di indagine, anche la più semplice, adottata per lo studio di un determinato fenomeno naturale, essa non può prescindere dalla disponibilità di osservazioni e misurazioni inerenti il fenomeno oggetto di studio. Non fa eccezione l'idrologia, dove le attività di osservazione e misura in campo rivestono un'importanza del tutto speciale.

La semplice interpretazione dei dati raccolti, oltre che limitativa, si presenta alquanto problematica quando i dati sono molto numerosi: attraverso principi matematici la statistica fornisce gli strumenti per descrivere ed interpretare, mediante indici sintetici, i dati sperimentali. Questi, a seconda del problema da affrontare, possono essere raccolti sia in relazione al tempo che allo spazio o ad entrambi; in ogni caso abbiamo a che fare con un numero finito di dati che costituiscono un campione di un insieme più vasto che non ci è dato di conoscere che prende il nome di popolazione. Affinché i dati assumano massima rilevanza ai fini progettuali è necessario che agli stessi sia associata una valutazione di tipo probabilistico; in altre parole bisogna stimare la probabile frequenza di presentazione della grandezza presa a riferimento per problemi dimensionamento di opere di difesa o per l'imposizione di vincoli di varia natura.

Le registrazioni dei pluviografi permettono di ricavare l'andamento dell'intensità di pioggia nel corso di ciascun evento piovoso. Scelto un passo di lettura, si legge l'altezza di pioggia caduta nei successivi intervalli e, riportandone i valori in un grafico altezza-tempo, si costruisce la curva della pioggia cumulata. La curva è tanto più fedele alla realtà del fenomeno quanto più piccolo è l'intervallo scelto come passo di lettura. L'intervallo dovrebbe essere tale da cogliere le variazioni di intensità più significative.

La curva cumulata della precipitazione pone in evidenza le fasi caratterizzate da diverse intensità di pioggia e può essere di determinante importanza nella comprensione della dinamica dei fenomeni di piena e dei dissesti.

Un pluviogramma (detto anche ietogramma) può essere letto in due maniere:

- ad intervalli di tempo con origine fissa (per esempio, di ora in ora, in modo da avere i valori di pioggia tra le ore 0 ed 1, 1 e 2, 2 e 3, e così via);
- ad intervallo di tempo costante, ma con origine variabile (per esempio, scelto l'intervallo di un'ora, si esplora il pluviogramma alla ricerca di 60 minuti consecutivi di precipitazione). Il metodo si presta alla ricerca dei valori massimi di pioggia di assegnata durata ed è applicato negli Annali Idrologici del Servizio Idrografico Italiano per ricavare i massimi annuali di 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

La relazione fra altezze di precipitazione e loro durata può essere rappresentata tramite una curva che fornisce, per un assegnato valore del tempo di ritorno  $T$ , la relazione fra la durata della pioggia  $t$  e la relativa altezza di precipitazione  $h$ . Tale relazione prende il nome linea segnalatrice di probabilità pluviometrica (LSPP). In pratica non ci si limita mai ad una curva sola, ma si considera un fascio di curve, ciascuna delle quali corrisponde ad un valore diverso del tempo di ritorno. Diverse formule, piuttosto simili, sono utilizzate per descrivere questa relazione. In questa sede verrà utilizzata una legge di potenza del tipo:

$$h(T) = a(T) d^{n(T)}$$

dove  $a$  ed  $n$  sono coefficienti che dipendono dal tempo di ritorno. La linea segnalatrice viene ricavata in genere tramite una regressione lineare fra i valori di pioggia  $T$ -ennali di durata assegnata e le durate stesse adottando una trasformata logaritmica.

In sostanza ci si affida ad un'indagine probabilistica che consenta di trovare una relazione del tipo sopra riportato collegata ad una assegnata probabilità di superamento: si vuole quindi trovare l'altezza di pioggia  $h$ , relativa ad una certa durata  $t$ , che abbia probabilità piuttosto bassa di essere uguagliata o superata durante il periodo di un anno.

La determinazione delle LSPP, è stata effettuata ipotizzando che i massimi annuali dell'altezza di precipitazione di una prefissata durata siano distribuiti secondo la legge di Gumbel, molto impiegata per regolarizzare serie empiriche di valori estremi.

Secondo tale modello la probabilità  $P$  di non superamento di un generico valore dell'altezza di pioggia  $h$ , di assegnata durata  $d$ , si esprime con:

$$P(h) = \exp(\exp(-\alpha(h-u)))$$

dove:

P è la probabilità di non superamento dell'altezza di pioggia h;

$\alpha(\theta)$  e  $u(\theta)$  sono i due parametri della distribuzione, da stimare in base alle osservazioni. Questi ultimi vengono generalmente stimati con il criterio dei momenti attraverso le seguenti espressioni:

$$\alpha = \frac{1,283}{\sigma(h)}$$

$$u = \mu(h) - 0,45\sigma(h)$$

essendo  $\mu$  e  $\sigma$  rispettivamente la media e la deviazione standard della popolazione di dati considerata.

Introducendo il legame esistente fra tempo di ritorno e probabilità di non superamento:

$$T_R = \frac{1}{1-P(h)}$$

la legge di Gumbel può essere scritta come:

$$h(\theta, T_R) = u(\theta) - \frac{1}{\alpha(\theta)} \operatorname{Ln} \left[ \operatorname{Ln} \left( \frac{T_R}{T_R - 1} \right) \right]$$

## 2.2 Definizione delle LSPP per assegnato tempo di ritorno

Per l'acquisizione dei dati relativi alle precipitazioni di breve durata e forte intensità si è fatto riferimento agli Annali pubblicati dal Servizio Idrografico Mareografico Nazionale sui quali (Parte I, tabella III) sono reperibili i massimi annuali delle precipitazioni della durata di 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

Sono stati quindi analizzati i massimi annuali di precipitazione per durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore. Attraverso le analisi statistiche, condotte con le modalità sopra descritte, sono stati

determinati i valori di  $a$  ed  $n$  delle curve di possibilità climatica per ciascun valore del tempo di ritorno.

Il P.TC.P. della Provincia di Bergamo individua 33 stazioni pluviografiche, 25 delle quali sono state utilizzate per il tracciamento delle linee iso- $a$  e iso- $n$  rappresentative dei due parametri  $a$ ,  $n$  che possono ben rappresentare il regime delle precipitazioni di cui trattasi.

Le elaborazioni condotte sui dati raccolti sono state finalizzate alla individuazione, per ogni stazione, della relazione statistica che lega l'altezza delle precipitazioni  $h$  alla durata  $d$  ed al tempo di ritorno  $T$ , relazione nota in idrologia come curva di possibilità pluviometrica e che solitamente è esprimibile nella forma monomia  $h(T) = a(T)dn(T)$  in cui i parametri  $a$  e  $n$  - funzioni di  $T$  - sono da stimare sulla base delle serie storiche dei massimi annuali delle altezze di precipitazione disponibili per le differenti durate pubblicate negli Annuali: 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

A tal fine si è ipotizzato che per qualunque durata  $d$  i valori di  $h$  seguano la distribuzione di probabilità asintotica di Gumbel, il cui uso è molto diffuso per regolarizzare serie empiriche di valori estremi.

Per il presente lavoro si è fatto riferimento alla stazione pluviometrica installata a San Pellegrino, i cui parametri sono stati desunti dalle elaborazioni svolte dal PTCP della Provincia di Bergamo.

Tali dati rappresentano un buon compromesso disponibile fra l'aggiornamento degli stessi e la corrispondenza del territorio oggetto della simulazione.

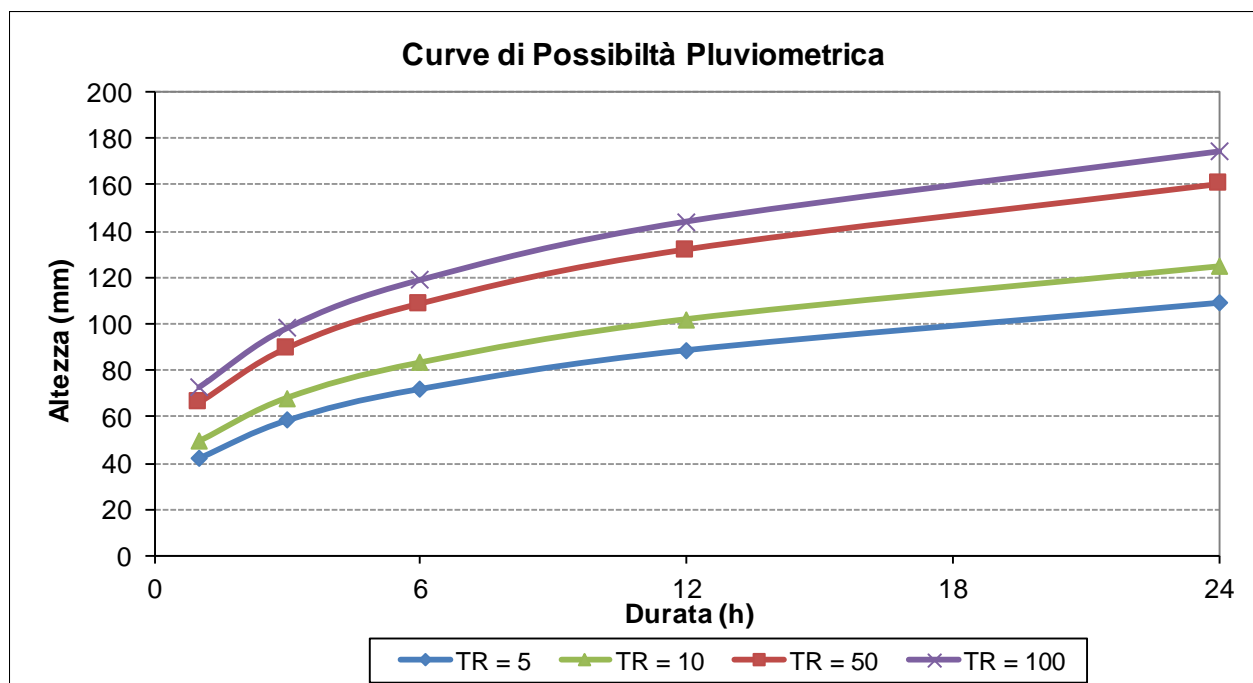
I valori ottenuti sono riportati nella tabella seguente:



Tempo di ritorno [anni]	a (T) [mm/oran]	n (T) [-]
5	42.1	0.3
10	49.5	0.29
50	65.7	0.28
100	72.6	0.275

**Tabella 1** – Staz. San Pellegrino: coefficienti “a” e “n” delle LSPP per assegnato Tr.

Nella figura seguente, vengono invece riportati, per diversi valori del tempo di ritorno, gli andamenti delle curve di possibilità pluviometrica.



**Figura 1** - Treviglio: curve di possibilità pluviometrica

Un importante aspetto, da prendere in considerazione quando si utilizzano le curve di possibilità pluviometrica, è la sottostima dei volumi totali di precipitazione calcolati.

Come si è visto, le curve vengono elaborate a partire dai massimi annui di assegnata durata, ognuno dei quali rappresenta la massima altezza di precipitazione all'interno dell'evento meteorico in cui essa si è verificata.

Tale massima altezza di precipitazione è quindi sempre minore o uguale all'altezza complessiva registrata nell'evento stesso.

Le curve di possibilità pluviometrica forniscono, quindi, le massime altezze di assegnata durata che hanno la probabilità di presentarsi, con prefissato tempo di ritorno, all'interno di eventi di altezza complessiva di precipitazione maggiore o uguale a quella definita dalle curve.

Pertanto le altezze di pioggia fornite dalle curve di possibilità climatica, pur rappresentando i massimi annui di data durata e tempo di ritorno, forniscono in generale una sottostima dell'altezza totale di precipitazione.

## **2.3 Considerazioni sul tempo di ritorno**

Il tempo di ritorno da assumere alla base della progettazione deve essere da un lato sufficientemente elevato da garantire il buon funzionamento della rete idraulica, dall'altro accuratamente ponderato onde consentire un dimensionamento non eccessivamente oneroso.

Si tratta, quindi, di trovare il giusto compromesso tecnico-economico.

La grandezza comunemente presa a riferimento come valore di progetto (per esempio per valutare il grado di protezione dagli allagamenti offerto dalla rete di drenaggio) è il tempo di ritorno  $T$  della portata di dimensionamento.

Tramite tale espressione si indica il numero di anni in cui il superamento del valore assegnato della portata avviene mediamente una volta; alternativamente, il tempo di ritorno rappresenta il numero di anni che in media separa il verificarsi di due eventi di entità eguale o superiore alla soglia assegnata.

Per comprendere l'espressione 'in media', si supponga di suddividere la serie temporale (di durata infinita) in tanti intervalli di durata  $T$  pari al tempo di ritorno; in ciascun intervallo la soglia prefissata può essere superata un numero di volte variabile da zero (la soglia non viene mai superata durante l'intervallo) a  $T$  (la soglia viene superata tutti gli anni). La

definizione indica che, per un evento caratterizzato da un tempo di ritorno pari a T, il numero medio di tali superamenti sarà pari ad uno.

Quando si deve valutare la probabilità di fallanza di un'opera, il concetto di tempo di ritorno viene spesso sostituito da quello di rischio. Si definisce rischio associato ad una certa portata la probabilità che la portata stessa sia superata almeno una volta in un numero prefissato di anni; pertanto il rischio dipende dall'estensione del periodo considerato e dalla portata in esame, ovvero dal suo tempo di ritorno. Se il dimensionamento dell'opera è stato condotto con riferimento alla portata Q(T) di T anni di tempo di ritorno, il rischio  $R_N[Q(T)]$ , ovvero la probabilità che durante N anni di funzionamento l'opera risulti insufficiente una o più volte, è esprimibile come:

$$R_N[Q(T)] = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^N$$

La Tabella 3 fornisce i valori del rischio di insufficienza di un'opera dimensionata sulla base di un valore di portata corrispondente ad un tempo di ritorno di 10 anni.

Anni di vita dell'opera N [anni]	Rischio d'insufficienza RN [%]
5	40,9
10	65,1
25	92,8
50	99,5
100	99,99

**Tabella 2** - Valutazione del rischio d'insufficienza per T = 10 anni

Dalla tabella risulta che il verificarsi di una o più crisi di una rete di drenaggio durante il suo periodo di funzionamento sia un evento molto probabile, quasi certo. Peraltro, ciò corrisponde ad una precisa scelta progettuale in quanto il contenimento del rischio di fallanza della rete comporterebbe la necessità di incrementare sensibilmente il tempo di

ritorno di progetto e, conseguentemente, delle dimensioni fisiche dei manufatti e dei costi per la realizzazione degli stessi.

Discende da ciò che nei calcoli di verifica o dimensionamento occorre preliminarmente stabilire quale rischio d'insufficienza si vuole accettare. In altri termini occorre fissare il valore del tempo di ritorno TR di progetto. La scelta di TR discende da un compromesso tra l'esigenza di contenere la frequenza delle insufficienze idrauliche e la necessità di contenere le dimensioni di collettori e strutture di controllo delle portate, entro limiti economicamente accettabili e compatibili con i vincoli esistenti nel territorio interessato.

In via definitiva si è assunto un valore del tempo di ritorno pari a  $TR = 10$  anni.

### **3 IDRAULICA DI PIATTAFORMA**

---

#### **3.1 Generalità**

Lo studio oggetto del presente paragrafo si occupa dell'analisi idraulica della nuova viabilità in progetto. Lo scopo precipuo è quello di garantire l'idoneità delle infrastrutture e del territorio circostante nei confronti del rischio idraulico; in particolare, l'architettura del sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche è stata ideata al fine di consentire il mantenimento delle condizioni ottimali di viabilità anche in corrispondenza dei cosiddetti eventi estremi, caratterizzati da precipitazioni di breve durata ed elevata intensità.

A tal fine il sistema di drenaggio adottato deve consentire la raccolta delle acque meteoriche cadute sulla piattaforma stradale ed il loro trasferimento fino ai recapiti individuati, secondo quanto previsto dalle Normative vigenti.

Il recapito finale delle acque meteoriche stradali avverrà nell'alveo fluviale.

#### **3.2 Inquadramento progettuale**

Il tratto stradale in progetto si sviluppa come arteria di collegamento tra la ex strada statale 470 della Valle Brembana (SS 470), ora strada provinciale ex SS 470 della Valle Brembana (SP ex SS 470), ed il nuovo ponte sul fiume Brembo di collegamento all'insediamento San Pellegrino.

Il progetto prevede infatti, per il tramite di una rotatoria stradale, un nuovo collegamento con l'area industriale posta sulla sponda orografica sinistra de Fiume Brembo.

La nuova viabilità, parallela all'estensione della SP 470, avrà una estensione ci di circa 360 m.

Durante la realizzazione del nuovo manufatto stradale onere della parte costruttrice sarà il mantenimento del sedime ferroviario esistente.

#### **3.3 Descrizione del sistema di drenaggio**

L'obiettivo progettuale è la costituzione di una rete di drenaggio in grado di garantire la sicurezza idraulica dell'infrastruttura.

Il progetto prevede per il convogliamento delle acque meteoriche di piattaforma l'utilizzo di tubazioni interrate di diametro variabile in PVC SN8, sub-parallele ai cigli stradali, aventi come recapito finale nel fiume Brembo, previa volanizzazione dei volumi idrici in bacini di accumulo per limitare gli apporti al ricettore finale, al fine di rispettare il principio di invarianza idraulica di cui si parlerà nel prossimo capitolo.

Le tubazioni sono poste a servizio della rete superficiale di raccolta, predisponendo un sistema di attraversamento, che porti le acque raccolte al di sotto della piattaforma stradale tramite caditoie grigliate, posizionate con opportuno interasse.

Il criterio di verifica assunto a riferimento per le tubazioni prevede un grado di riempimento massimo pari al 75%.

La raccolta delle acque di piattaforma avviene con modalità differenti a seconda della tipologia delle sezioni stradali:

- In rilevato, lungo i tratti rettilinei la raccolta delle acque avviene per mezzo di caditoie ubicate lungo i lati della strada. Le acque raccolte lungo il lato adiacente alla scarpata della attuale SP exSS470, vengono man-mano convogliate nel lato opposto mediante tubazioni trasversali alla piattaforma stradale.
- In rilevato, lungo i tratti in curva, la raccolta delle acque avviene per mezzo di caditoie ubicate lungo il margine più basso della piattaforma a seconda della pendenza della strada. Anche in questo caso, ove il drenaggio avviene lungo il lato adiacente alla scarpata della attuale SP exSS470, le acque vengono man-mano convogliate nel lato opposto mediante tubazioni trasversali alla piattaforma stradale.

Il progetto prevede inoltre per il convogliamento delle acque meteoriche relative all'area a verde posta a monte della piattaforma l'utilizzo di un fosso di guardia realizzato in cls prefabbricato posto a monte della piattaforma stradale stessa, avente come recapito finale nel fiume Brembo, previa volanizzazione dei volumi idrici in bacini di accumulo per limitare gli apporti al ricettore finale, al fine di rispettare il principio di invarianza idraulica di cui si parlerà nel prossimo capitolo

### 3.4 Verifica del sistema di drenaggio

Si procede, di seguito, a descrivere il modello idraulico di simulazione dei deflussi utilizzato per la verifica dei manufatti adottati.

Il tempo di ritorno assunto a riferimento per i calcoli è pari a 10 anni.

#### 3.4.1 Metodologia

La simulazione della rete di drenaggio stradale è stata condotta con un modello semplificato atto a rappresentare globalmente i fenomeni di infiltrazione e di trasformazione afflussi-deflussi.

Il modello adottato ammette due parametri fondamentali, uno per ciascuno dei due fenomeni citati. Detti parametri hanno un preciso significato fisico e sono basilari per poter raggiungere una rappresentazione abbastanza accettabile del fenomeno delle piene, almeno nel campo dell'idrologia a scala urbana: il coefficiente di deflusso (equivalente al coefficiente di assorbimento orario nella nomenclatura del metodo italiano) e il tempo di corrivazione del bacino.

Il coefficiente di deflusso  $\square$  misura il rapporto tra il volume totale dei deflussi superficiali ed il volume totale degli afflussi meteorici. Nel caso in esame, è stato assunto un coefficiente di deflusso costante  $\square = 1$  per le superfici costituenti la piattaforma stradale.

Il tempo di corrivazione  $\theta_c$  del bacino, riferito alla sezione di calcolo, rappresenta il tempo caratteristico di formazione degli scorrimenti superficiali; esso dà una rappresentazione della rapidità con cui i deflussi netti si concentrano nelle sezioni di chiusura del bacino in esame e dei sottobacini in cui è stato suddiviso, ed è quindi determinante per il calcolo della forma dell'onda di piena ed in particolare del valore di picco della portata (portata al colmo).

La trasformazione afflussi netti-deflussi è stata effettuata attraverso l'applicazione di un modello lineare basato sulla teoria dell'idrogramma unitario istantaneo (IUH).

Fondamentalmente il modello consiste nella trasformazione di un dato evento meteorico in un'onda di piena, ammettendo che, in ogni istante, la pioggia di durata infinitesimale e volume unitario (pioggia impulsiva) si trasformi in un'onda di piena unitaria (IUH), e che

l'onda complessiva prodotta dall'evento meteorico considerato sia l'integrale nel tempo (convoluzione) dell'IUH moltiplicato per i volumi netti istantanei di precipitazione corrispondenti.

La determinazione corretta dell'IUH costituisce un punto chiave del modello poiché esso racchiude in sé le caratteristiche fisiche del bacino che contribuiscono alla formazione delle piene, come per esempio la capacità di invaso del bacino e il tempo di risposta.

Nel presente progetto si è adottato l'IUH derivato dal modello di corrivazione. In questo caso si schematizza il bacino come un insieme di canali lineari caratterizzati da tempi di percorrenza invarianti. L'IUH risultante ha espressione:

$$h(t) = 1/\theta c$$

Dove  $\theta c$  è il tempo di corrivazione dell'intero bacino.

In generale il tempo di corrivazione  $\theta c$  è calcolato come somma del tempo d'ingresso in rete  $t_e$  e del tempo di percorrenza della rete di drenaggio  $t_r$ , valutato come rapporto tra la lunghezza del condotto e la velocità di deflusso negli stessi, compresa nell'intervallo di valori 0.5 e 2 m/s. Nel caso in esame, al fine di mantenere un adeguato margine di sicurezza, è stato assunto nei calcoli un valore del tempo di corrivazione pari a 4 minuti.

Si è adottato, quindi, il metodo a ietogramma costante, dedotto dalla curva segnalatrice di possibilità pluviometrica e basato sull'ipotesi che l'andamento temporale dell'intensità di pioggia sia invariante per tutta la sua durata:

$$i = at^n / t = at^{n-1}$$

Il valore della portata al colmo dell'idrogramma di piena è stato ottenuto applicando la relazione generale del metodo della corrivazione (formula razionale):

$$Q_c = 2.78\phi \cdot iS = 2.78\phi \cdot a v_c^{n-1} S$$

dove:

$Q_c$  è la portata di picco espressa in [l/s],

$\phi$  il coefficiente d'afflusso (assunto sempre pari a 1),

$i$  l'intensità critica di pioggia [mm/ora],

$S$  la superficie del bacino scolante [ha]

"2.78" è il fattore di conversione da [mm ha/h] a [l/s].



Con riferimento alle superfici impermeabili ( $\vartheta = 1$ ) è possibile calcolare il coefficiente udometrico (portata di picco per unità di superficie scolante) per i diversi valori d'interesse del tempo di ritorno; i risultati, ottenuti sulla base dei dati pluviometrici rielaborati, sono riportati nella tabella.

Tempo di ritorno [anni]	Coefficiente udometrico [l/s/ha]
5	779
10	941
50	1283
100	1438

**Tabella 3** - Coefficiente udometrico per assegnato tempo di ritorno

Lo ietogramma di progetto e lo IUH del metodo di corrivazione utilizzati nei calcoli sono stati determinati a partire dalla curva di possibilità pluviometrica corrispondente ad un tempo di ritorno pari a  $TR = 10$  anni, di cui si riporta la formulazione:

$$h = 49.5 d^{0.29}$$

Il coefficiente udometrico di competenza è quindi pari a 941 l/s/ha.

Riguardo alla verifica idraulica dei deflussi nelle sezioni tipo si è proceduto tramite l'analisi in condizioni di moto uniforme, utilizzando la formula di Chèzy:

$$Q = k_s AR^{2/3} i^{1/2}$$

in cui:

Q è la portata di moto uniforme [m<sup>3</sup>/s],

A l'area bagnata [m<sup>2</sup>], R il raggio idraulico [m],

i la pendenza dell'alveo

Ks il coefficiente di scabrezza di Strickler [m<sup>1/3</sup>/s].

Calcolata la portata di deflusso nelle sezioni maggiormente sollecitate, si verifica, tramite la formula di Chèzy, che il riempimento del manufatto di raccolta considerato rispetti i limiti di sicurezza.

### **3.4.2 Tubazioni a servizio delle caditoie stradali**

Sotto i cigli stradali vengono posate tubazioni circolari atte alla raccolta ed al convogliamento delle acque di precipitazione afferenti sulla carreggiata stradale. A seconda della curvatura dell'asse stradale e quindi alla pendenza delle due carreggiate si verificano 2 differenti situazioni:

- Tratta rettilinea: pendenza delle 2 corsie stradali a schiena d'asino → raccolta acque meteoriche su entrambe le corsie;
- Tratta in curva: pendenza delle 2 corsie stradali verso un'unica direzione → raccolta acque meteoriche sotto la corsia più bassa;

pertanto lungo i passaggi da tratta rettilinea a tratta in curva, è prevista la posa di una condotta trasversale all'asse stradale al fine di convogliare le acque su un unico lato della strada.

La bretella stradale presenta un andamento altimetrico variabile: a sud, dal collegamento mediante rotatoria alla Strada Provinciale exSS470 scende con pendenza costante di circa il 4,6% sino alla sezione stradale n°12, continua a scendere con pendenza via-via decrescente sino alla sezione n°17 (punto più basso); risale nuovamente verso nord con pendenza crescente sino alla sezione 24 e prosegue con pendenza costante di circa 5,5% sino alla sezione 34 prima di collegarsi al ponte in progetto di attraversamento del fiume Brembo.

Visto l'andamento altimetrico della carreggiata stradale, vi saranno 2 sistemi di raccolta delle acque meteoriche sotto ciascuna delle 2 rampe che confluiranno in un apposito pozzetto nel punto più basso in corrispondenza della sezione n°17. Le 2 rampe vengono per semplicità denominate: Rampa1 (da sez. n°1 a 17) e Rampa 2 (da sez. n°17 a 38).

**Rampa 1**

La Rampa 1 è stata suddivisa in 4 tratte a differente pendenza e per ciascuna viene indicata la relativa superficie scolante e la massima portata afferente, noto il coefficiente udometrico secondo la formula:  $Q_{\max} = uS$

Tratta [sezioni]	Pendenza [%]	Superf. scolante [mq]	Superf. scolante cumulata [ha]	Portata Qmax [l/s]
da 1 a 12	4.6	1100	0.11	99
da 12 a 14	4	250	0.14	120
da 14 a15	2	230	0.16	139
da 15 a17	0.6	215	0.18	154

La verifica della funzionalità idraulica delle condotte viene eseguita in condizioni di moto uniforme a norma della formula di Chézy. Assunti infatti:

- $K_s = 90 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  (valore cautelativo per condotte in PVC)
- $i$  = variabile con quella stradale

si riporta in tabella, per ciascuna tratta, la sezione minima delle condotte con la relativa altezza di moto uniforme ed il grado di riempimento:

Tratta [sezioni]	Dcondotta [mm]	Tirante idrico $h_0$ [m]	% riempimento condotta
da 1 a 12	250	0.15	60%
da 12 a 14	300	0.155	52%
da 14 a15	300	0.22	73%
da 15 a17	400	0.275	69%

Le condotte presentano un grado di riempimento sempre inferiore al 75% e pertanto risultano verificate.

**Rampa 2**

Come per la Rampa 1, anche per la Rampa 2 si sono calcolate le superfici scolanti e le portate massime afferenti, suddividendo la zona in 5 tratte a differente pendenza. Di seguito si riportano i risultati.

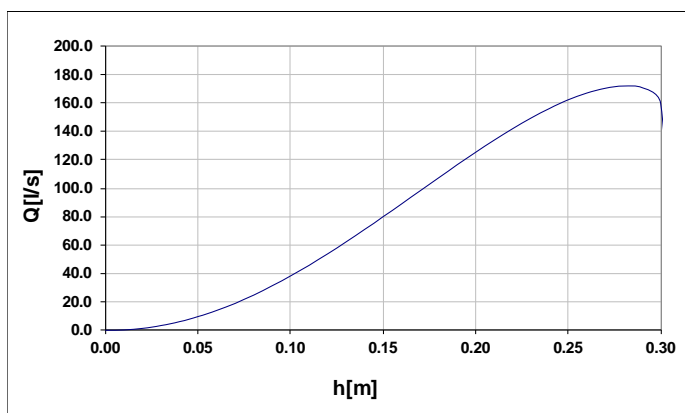
Tratta [sezioni]	Pendenza [%]	Superf. scolante [mq]	Superf. scolante cumulata [ha]	Portata Qmax [l/s]
da 38 a 34	3.2%	240	0.024	22
da 34 a 24	5.5%	855	0.11	98
da 24 a20	4.6%	273	0.14	121
da 20 a19	2.8%	225	0.16	139
da 19 a17	1.1%	237	0.183	157

E la verifica della funzionalità idraulica delle condotte di drenaggio:

Tratta [sezioni]	Dcondotta [mm]	Tirante idrico h0 [m]	% riempimento condotta
da 38 a 34	250	0.07	28%
da 34 a 24	250	0.14	56%
da 24 a20	300	0.15	50%
da 20 a19	300	0.19	64%
da 19 a17	400	0.23	57%

Anche per la Rampa 2 le condotte presentano un grado di riempimento sempre inferiore al 75% e pertanto risultano verificate.

In Figura 3 si riporta a titolo indicativo la scala delle portate di moto uniforme per la condotta DN300mm con pendenza del 2%.



**Figura 2** - Scala di moto uniforme della condotta circolare DN300

Dal pozzetto ubicato nei pressi della sezione stradale n°17 dove conferiscono le 2 linee parte la condotta di scarico finale. Si assume un Diametro Nominale di 500mmi.

La pendenza minima della condotta assunta per i calcoli è pari allo 1%.

La superficie scolante complessiva delle 2 rampe risulta pari a:  $0,18 + 0,183 = 0,363$  ha.

Tenendo conto della corrivazione delle 2 reti, per la condotta di scarico finale si ricava un tempo di corrivazione pari a 5,5 minuti (che tiene conto delle diverse velocità di scorrimento in condotta in funzione delle pendenze variabili e della variazione degli specchi). Pertanto, il coefficiente udometrico si riduce a 750 l/ (s ha).

La massima portata raccolta dalla tubazione può, quindi, essere calcolata come:

$$Q_{\max} = u \cdot S = 750 \cdot 0.363 = 272 \text{ l/s} = 0.272 \text{ m}^3/\text{s}$$

La verifica della funzionalità idraulica è condotta in condizioni di moto uniforme a norma della formula di Chèzy.

Assunti,  $Q = Q_{\max} = 0.272 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $K_s = 90 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  ed  $i = 1\%$ , l'altezza di moto uniforme corrispondente per una condotta DN500 risulta:

$$h_0 = 0.29 \text{ m}$$

cui corrisponde un franco di sicurezza  $(0.50 - 0.29)$  pari a 0.21 m, superiore al valore limite assunto a riferimento (0.125 m). La condotta risulta pertanto verificata.

## 4 INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA DELLE OPERE

---

### 4.1.1 Inquadramento normativo e principi generali

Le soluzioni progettuali adottate sono volte ad assicurare la completa protezione ambientale del territorio con particolare riferimento alla salvaguardia dei recapiti finali.

La raccolta e il controllo delle acque derivanti dalla piattaforma stradale costituiscono una problematica emergente nell'ambito della progettazione stradale. L'allontanamento delle acque piovane dalle infrastrutture stradali è sempre avvenuto essenzialmente attraverso un sistema di tubazioni, canalette e fossi che a loro volta scaricano nei ricettori naturali.

Dalle esperienze condotte negli ultimi anni emerge con certezza che questo metodo di smaltimento può comportare problemi sul piano della tutela della risorsa idrica superficiale e sotterranea.

Negli ultimi anni questo tema è stato trattato in maniera approfondita dalla normativa in materia, a partire dal Testo unico sulle acque (Dlgs 11 maggio 1999, n.152) e le successive correzioni e integrazioni (Dlgs 18 agosto 2000, n.258) nonché le numerose questioni relativamente all'individuazione e perseguimento dell'obiettivo di qualità ambientale e alla modalità di smaltimento delle acque meteoriche di dilavamento e delle acque di prima pioggia, di cui demanda gran parte delle competenze alle Regioni. A tal proposito si fa riferimento al regolamento regionale 24 marzo 2006, n. 4 (Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26) nonché la stessa legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26 (Disciplina dei servizi locali di interesse economico generale. Norme in materia di gestione dei rifiuti, di energia, di utilizzo del sottosuolo e di risorse idriche).

Recentemente la Regione Lombardia ha deliberato il nuovo **Regolamento regionale 23 novembre 2017 - n. 7** recante i criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio) su cui si basa il presente studio.

Tale Regolamento prevede che le portate massime di deflusso meteorico scaricate dalle nuove aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non devono risultare maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione.

#### 4.1.2 Dimensionamento

Dovendo ottemperare al principio di invarianza idraulica e idrologica previsto dal Regolamento regionale 23 novembre 2017 - n. 7 (nel seguito indicato come 'Regolamento'), si è proceduto al dimensionamento di una vasca di laminazione secondo i criteri previsti dalla suddetta normativa.

Si precisa che gli interventi soggetti all'applicazione del Regolamento devono essere considerati nella loro unitarietà e pertanto lo studio andrebbe applicato sulla superficie complessiva dell'opera. Tuttavia, poiché la bretella stradale di collegamento tra la SP exss470 ed il nuovo ponte sul fiume Brembo risulta completamente svincolata dalle opere inerenti lo stabilimento San Pellegrino, in questa sede verrà trattato il dimensionamento relativo alla bretella stradale in progetto ed alla relativa area a verde posta a monte.

Secondo quanto indicato nella seguente Tabella (Art.9 del Regolamento) sono previsti differenti modalità di calcolo, in funzione dell'ambito territoriale e della Classe di intervento.

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	$\leq 0,01$ ha ( $\leq 100$ mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da $> 0,01$ a $\leq 0,1$ ha ( $\leq 1.000$ mq)	$\leq 0,4$	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da $> 0,01$ a $\leq 0,1$ ha ( $\leq 1.000$ mq)	$> 0,4$	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11, comma 2, lettera d)  Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		da $> 0,1$ a $\leq 1$ ha (da $> 1.000$ a $\leq 10.000$ mq)	qualsiasi	
		da $> 1$ a $\leq 10$ ha (da $> 10.000$ a $\leq$ 100.000 mq)	$\leq 0,4$	
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	da $> 1$ a $\leq 10$ ha (da $> 10.000$ a $\leq 100.000$ mq)	$> 0,4$	Procedura dettagliata (vedi articolo 11, comma 2, lettera d)
		$> 10$ ha ( $> 100.000$ mq)	qualsiasi	

L'area scolante impermeabile dell'infrastruttura risulta pari a 0.36 ha. L'area scolante permeabile dell'area a verde risulta pari a 0.50 ha. L'intervento presenta classe di intervento "Impermeabilizzazione potenziale media".

Le opere sono ubicate nel comune di Zogno ed il ricettore finale è il Fiume Brembo, pertanto l'area di intervento ricade in Area C (secondo gli Allegati B e C del Regolamento). Pertanto, il dimensionamento viene svolto rispettando i requisiti minimi previsti all'Art. 12 Comma2.

Poiché l'intervento presenta classe di intervento "Impermeabilizzazione potenziale media" ed è ubicato in area C a bassa criticità, in base all'articolo 9 del regolamento l'invarianza idraulica è da realizzare applicando i requisiti minimi di cui all'articolo 12, comma 2 del regolamento, che in questo caso prevedono l'adozione di un volume di laminazione di 400 m3 per ettaro impermeabile.

A valle dell'invaso di laminazione è prevista la realizzazione di uno scarico delle acque pluviali limitato mediante l'adozione di interventi atti a contenere l'entità delle portate scaricate entro il valore  $U_{lim} = 20 \text{ l/s}$  per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento (portata limite ammissibile per lo scarico nel ricettore per le Aree C a bassa criticità)

Pertanto si ha:

Superficie scolante totale dell'intervento: 0.86 ha;

Superficie scolante impermeabile dell'intervento: 0.36 ha (avendo considerando il sedime stradale completamente impermeabile con coefficiente di deflusso pari a **1**);

Superficie scolante permeabile dell'intervento: 0.50 ha (avendo considerando l'area a verde parzialmente permeabile con coefficiente di deflusso pari a **0.3**);

Superficie scolante dell'intervento:  $0.36 \times 1 + 0.50 \times 0.3 = 0.51 \text{ ha}$ ;

Portata massima scaricata nel ricettore:  **$Q_u = 20 \text{ l/s} \times 0.51 = 10.2 \text{ l/s}$** ;

Invaso di laminazione di volume pari a:  **$W_{lam} = 400 \text{ m}^3 \times 0.51 = 205 \text{ m}^3$** .

Pertanto si prevede la realizzazione di una vasca impermeabile dal volume utile di 205 m3. Tale volume verrà realizzato a valle della confluenza dei 2 sistemi di raccolta delle



acque meteoriche delle 2 rampe stradali e del fosso di guardia delle 2 rampe stradali in prossimità del punto più basso in corrispondenza della sezione n°17.

In funzione delle portate uscenti dall'invaso di laminazione  $Q_u$  (nel rispetto della portata limite ammissibile di cui all'articolo 8 del regolamento) e considerando la vasca impermeabile e quindi nullo il contributo di infiltrazione ( $Q_{inf}$ ), il tempo di svuotamento dopo il termine dell'evento, a partire dal massimo invaso  $W_{lam}$ , è pari a:

$$t_{svuot} = W_{lam} / Q_u = 205 \times 1000 / 10.2 = 20'100 \text{ sec} = 5.6 \text{ ore}$$

quindi minore del limite di 48 ore fissato nell'articolo 11, comma 2, lettera f) del regolamento.

Il manufatto idraulico per la regolazione e restituzione al ricettore della portata di acque meteoriche ammessa al recapito deve essere costituito da un pozzetto a doppia camera, o comunque tale da consentire l'ispezionabilità dello scarico e la misura delle portate scaricate e delle tubazioni di collegamento con il ricettore.

## 5 CRITERI DI MANUTENZIONE E DI GESTIONE DEL SISTEMA

---

### 5.1.1 Generalità

Il servizio di gestione, manutenzione e controllo deve tenere conto sia della complessità tecnica degli impianti sia dell'importanza che l'affidabilità degli stessi ricopre sull'economia e sulla salute del territorio.

La programmazione della manutenzione ordinaria assume, rilevanza strategica nella corretta gestione del sistema di raccolta, trattamento e smaltimento delle acque di piattaforma, la sua organizzazione viene di seguito descritta.

### 5.1.2 Attività di manutenzione ordinaria

#### Canalette longitudinali di raccolta poste a lato della piattaforma stradale

La pulizia attraverso idropulitori con getti in pressione dovrà avvenire con elevata frequenza onde evitare la stagnazione ed il riflusso dell'acqua sul sedime stradale. Interventi straordinari dovranno essere previsti a seguito di eventi meteorici particolarmente intensi al fine di rimuovere il materiale solido depositato che può causare una sensibile riduzione della sezione idraulica utile al deflusso.

#### Camere di raccolta a servizio delle canalette e relative griglie di selezione

Le camere a servizio delle cunette costituiscono un nodo idraulico fondamentale per l'efficienza dell'intero sistema di smaltimento; costituendo una zona preferenziale di accumulo dei materiali solidi trasportati dall'acqua (ad es. fogliame, rifiuti abbandonati dagli Utenti, ecc.). Operazioni sistematiche di pulizia dovranno essere condotte mentre i controlli supplementari in loco dovranno essere previsti a seguito di importanti eventi meteorici.

#### Tubazioni di collettamento

Nelle tubazioni di collettamento avranno luogo fenomeni di sedimentazione delle particelle solide sospese che, a lungo andare, possono innescare un processo di riduzione della

sezione utile al deflusso. Pertanto, saranno necessari controlli periodici seguiti, ove necessario, da operazioni di spurgo eseguite mediante sistemi di lavaggio in pressione.

#### Vasche di raccolta acque meteoriche

Si prevedono interventi periodici di rimozione del materiale sedimentato, in particolare prima dei mesi più caldi in modo da limitare eventuali fenomeni di putrescibilità legati alla degradazione delle sostanze organiche ed azotate. Tale operazione dovrà essere eseguita mediante tubazioni di aspirazione collegate a carri spurgo; il materiale raccolto sarà smaltito secondo le modalità previste dalla vigente normativa sui rifiuti.

#### **5.1.3 Attività di manutenzione straordinaria**

Nel caso si verifichi un fenomeno di sversamento accidentale sulla piattaforma di sostanze tossiche e/o nocive che andranno a interessare la rete di drenaggio stradale e di conseguenza la vasca di laminazione delle portate, dovrà essere inserito nel Piano di Emergenza la disposizione per gli Operatori di chiusura immediata degli organi di intercettazione a monte della vasca stessa onde isolare il presidio di raccolta. Le operazioni di bonifica successive prevederanno lo svuotamento totale dei volumi separati ed intercettati mediante carro spurgo. Successivamente dovranno essere condotte, in relazione alla tipologia di inquinante sversata, operazioni di pulizia interna della vasca e di ripristino del suo funzionamento. Lo smaltimento finale delle sostanze separate avverrà in ottemperanza alla vigente normativa sui rifiuti secondo la classificazione operata.

## **6 BIBLIOGRAFIA**

---

- [1] V. Arnell, H. Melin: "**Rainfall data for the design of sewer detention basins**", Chalmers University of Technology, N.76, Goteborg, Svezia, 1993
- [2] P. Calabrò, G. freni, G. La Loggia, G. Viviani: "**Esperienze e studi sulla qualità delle acque di pioggia**", Atti del Convegno "Acque di prima pioggia: esperienze sul territorio e normativa", Università di Genova, 21 Novembre 2003
- [3] V.T. Chow: "**Handbook of applied hydrology**", McGraw-Hill, New York, 1964
- [4] L. Da Deppo, C. Datei: "**Fognature**", Ed. Cortina, 1997
- [5] L. Da Deppo, C. Datei: "**Le opere idrauliche nelle costruzioni stradali**", Ed. Bios, 1994
- [6] M.J. Hall: "**Urban hydrology**", Elsevier applied sciences publishers, 1984
- [7] U. Maione, A. Brath: "**La difesa idraulica del territorio**", Ed. Bios, 1996
- [8] U. Maione, A. Brath: "**La difesa idraulica dei territori fortemente antropizzati**", Ed. Bios, 1997
- [9] A. Paoletti: "**Acque di prima pioggia: caratterizzazione e possibilità di controllo**", Atti del Convegno "Acque di prima pioggia: esperienze sul territorio e normativa", Università di Genova, 21 Novembre 2003
- [10] A. Paoletti in AA.VV.: "**Sistemi di fognatura - Manuale di progettazione**", Hoepli, 1997
- [11] E. Piga, M. Salis, G. Passoni: "**Analisi statistica delle piogge intense di breve e brevissima durata nell'area metropolitana di Milano**", CittàStudi, 1990
- [12] A. Sole, E. Trulli, I. M. Mancini: "**Valutazione dei carichi inquinanti associati alle acque di drenaggio urbano**", Atti del Convegno "Acque di prima pioggia: esperienze sul territorio e normativa", Università di Genova, 21 Novembre 2003
-