REGIONE LIGURIA
Provincia di LA SPEZIA
Comune di La Spezia

LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE E REALIZZAZIONE IMPIANTO CON RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE IN LOC. SATURNIA - COMUNE DELLA SPEZIA (SP)

CIG:601404963B - CUP C48I14000040005

PROGETTO DEFINITIVO

Capogruppo Mandataria:

IG INGEGNERIA GEOTECNICA srl
Ricerca progettazione e consulenza nel campo dell'ambiente, della geologia e dell'ingegneria civile
C.so Montevecchio, 50 - 10129 Torino
Tel. (011) 5611811/fax (011) 5620568
e-mail: ig@ingegneriageotecnica.com
ISO 9001:2008
ISO 14001:2004

Ing. Valter PEISINO

I.G. INGEGNERIA GEOTECNICA S.r.l.
Corso Montevecchio, 50 - 10129 Torino
P. IVA 02325010

Mandanti:

ECOPLAN
SOCIETA' DI INGEGNERIA & ARCHITETTURA AMBIENTALE
Arch. Pier Augusto DONNA BIANCO

P.I. Pietro MARCELLINO - Progettazione Antincendio

Consulenti specialistici:

Desmos
Ingegneria Ambiente Energia
Ing. Stefano VEGGI
Ing. Manlio PACITTI

Responsabile Unico del Procedimento:

ACAM Ambiente S.p.A. - Ing. Marco FANTON

Titolo elaborato

Relazione Idraulica acque meteoriche

n° elaborato
R.06

Scala -

Stato		Data	Annotazioni	Redatto	Verificato	Approvato
Emissione	0	11/ 2015	EMISSIONE		Ing. Veggi	Ing. Peisino
Revisioni	1	12/ 2015	Revisione per adeguamento richieste ACAM Ambiente S.p.A.		Ing. Veggi	Ing. Peisino
	2					

Diritti riservati ex art. 2578 C.C. - Riproduzione e consegna a terzi solo su specifica autorizzazione.

Commessa n° 20830

IG INGEGNERIA GEOTECNICA

REGIONE LIGURIA
Provincia di LA SPEZIA
Comune di La Spezia

LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE E REALIZZAZIONE IMPIANTO CON RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE IN LOC. SATURNIA - COMUNE DELLA SPEZIA

Relazione Idrologico - Idraulica

Torino, dicembre 2015

Emesso Ing. Giordano		Verificato Ing. Pepe	Approvato Ing. Peisino
n°	Data	revisionato	Motivo della revisione
0	**11/2015**		Emissione
1	**12/2015**		Adeguamento richieste ACAM Ambiente S.p.a.

I N D I C E

1 Premessa 3

2 Inquadramento territoriale 3

3 Inquadramento pluviometrico dell'area 4

4 Piogge di progetto 6

4.1 Regolarizzazione delle serie campionarie 7

4.2 Stima dei parametri della legge di pioggia 8

4.3 LSPP di progetto 9

5 Idrologia di bacino 12

6 Sistema di regimazione delle acque meteoriche 13

7 Portate di progetto 15

8 Verifiche Idrauliche 17

8.1 Recapito delle portate convogliate dal sistema di regimazione a servizio della discarica 19

ALLEGATI

A-1 Regolarizzaizone delle serie storiche delle misure di precipitazione massima annua in corrispondenza delle durate caratteristiche - Caso tipo della Stazione di La Spezia.

A-2 Tabella di calcolo per la stima delle portate di piena e contestuale verifica delle sezioni idrauliche dei collettori.

1 PREMESSA

La presente nota contempla le verifiche idrauliche delle reti fognarie finalizzate alla regimazione delle acque meteoriche afferenti all'area della discarica.

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area su cui sorge la discarica risulta ubicata in Località Saturnia, in Comune di La Spezia.

Figura 1 – Corografia a larga scala



Il sito sorge sulla dorsale litoranea che si sviluppa lungo la costa del Golfo de La Spezia, tra l'omonima città e Lerici. Si sviluppa ad est del Monte Montada, a monte della Frazione Bersaglio, ad una quota media di circa 100 m s.l.m

3 INQUADRAMENTO PLUVIOMETRICO DELL'AREA

Per caratterizzare il sito dal punto di vista pluviometrico sono stati indagati numero, ubicazione e disponibilità di dati delle stazioni di misura attive sul territorio.
Sono state individuate le stazioni di cui alla tabella 1, per le quali sono disponibili serie storiche significative di misure per durate comprese tra 5 minuti e 24 ore.

Tab. 1 – Stazioni di misura

Stazione	Servizio Idrografico							
	Strumento	**Quota suolo** (m slm)	**Inizio serie**	**Fine serie**	**Strumento**	**Quota suolo** (m slm)	**Inizio serie**	**Fine serie**
La Spezia	P	5*	1877	1931	Pr		1932	1988 fine pubbl.dati
Portovenere					Pr	20	1934	
Portovenere Comune								
Rocchetta (già Tarossola)					Pr	426	1935	-
Monte Rocchetta								
Sarzana	P	26	1895	1932	Pr	26	1933	1992
Marinella di Sarzana					Pr	10	1937	2005
* (quota pluv. 40 m slm)								

Stazione	ARPAL			
	Strumento	**Quota suolo** (m slm)	**Inizio serie**	**Fine serie**
La Spezia	Pe	5	2004	attivo
Portovenere				
Portovenere Comune	Pe	40	2004	attivo
Rocchetta (già Tarossola)	Pr	426	2003	attivo
Monte Rocchetta	Pe	412	2001	attivo
Sarzana	Pe	26	1994	attivo
Marinella di Sarzana	Pe	2	2006	attivo

Le stazioni principali di La Spezia, Portovenere, Rocchetta e Sarzana sono annoverate negli elenchi dell'ex Servizio Idrografico Nazionale. A seguito del trasferimento di competenze tra Stato e Regioni, le stazioni sono oggi gestite da Arpa

Liguria che, a partire dal 2001, ha ampliato la rete di misura con la messa in servizio delle centraline di Monte Rocchetta e Marinella di Sarzana.
Con riferimento alla figura 2 nel seguito riportata, si osserva come il sito in oggetto sia baricentrico rispetto alle stazioni di misura individuate.
Per tale ragione si ritiene che le caratteristiche pluviometriche dell'area siano ben rappresentate dalla serie di misure registrate e che i parametri della pioggia di progetto possano essere stimati come media dei valori puntuali.

Figura 2 – Stazioni di misura considerate



Nella successiva tabella 2 è riportata la consistenza delle serie storiche delle misure disponibili per ognuna delle stazioni pluviometriche considerate.

Tab. 2 – Consistenza dei dati delle stazioni pluviometriche

Stazioni	Anni (non continuativi)		5'	10'	15'	20'	25'	30'	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
La Spezia	***1935***	***2009***	9	28	21	28	7	30	52	52	52	52	52
Portovenere	***1968***	***2009***	12	17	20	18	10	17	22	22	22	22	22
Rocchetta	***1935***	***2009***	12	33	35	34	7	30	64	64	64	64	64
Monte Rocchetta	***2003***	***2009***	7	7	7	7	3	7	7	7	7	7	7
Sarzana	***1935***	***2009***	18	41	33	33	14	37	66	66	66	66	66
Marinella di Sarzana	***2003***	***2009***	2	7	7	7	-	7	7	7	7	7	7

4 PIOGGE DI PROGETTO

I valori della precipitazione di progetto sono stati calcolati sulla base della legge di pioggia stimata a partire delle Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica (LSPP) puntuali.
Le LSPP sono state ricavate, per ogni stazione, attraverso l'analisi statistica delle serie storiche delle precipitazioni massime per le durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore.
Poiché l'area in esame ha estensione molto contenuta, è plausibile che i tempi di corrivazione dei bacini scolanti abbiano durate inferiori all'ora. L'analisi statistica, con le modalità descritte nel seguito, è stata quindi estesa anche ai dati di pioggia relativi alle durate inferiori all'ora, in modo tale da coprire un arco temporale sufficientemente esteso a tutti i casi possibili.

Per tempi di pioggia superiori a 1 ora la consistenza dei dati può ritenersi soddisfacente per una regolarizzazione con significato statistico. Per le durate inferiori all'ora, invece, solo alcune stazioni presentano serie sufficientemente lunghe ed inoltre solo per alcune durate. Pertanto, per il calcolo delle LSPP per $t_p < 1$ ora si farà riferimento alla condizione di primo caso critico, ritenuta più cautelativa.

In questa sede si è fatto riferimento ad una curva di pioggia monomia a due parametri del tipo

$$h = a \cdot t^n$$

in cui:

- h = altezza di pioggia (mm)
- a = pioggia oraria (mm/h)
- t = tempo di pioggia (ore)
- n = esponente della curva (-);

E' noto, però, come le leggi a due parametri non siano in grado di rappresentare in modo soddisfacente le relazioni intensità-durata per tutto l'arco temporale delle durate. Si è quindi fatto riferimento a due curve distinte, l'una per l'intervallo di durata 1-24 ore, l'altra per le durate inferiori a 1ora. In quest'ultimo caso, inoltre, come anticipato, a causa della scarsa consistenza delle serie disponibili, l'estrapolazione della regolarizzazione verso le basse durate è stata eseguita considerando i valori di primo caso critico.

4.1 Regolarizzazione delle serie campionarie

Per la regolarizzazione delle serie campionarie ci si basa sull'analisi delle curve di frequenza (CDF) costruite per le serie storiche dei massimi annuali delle piogge di durata 1, 3, 6, 12, 24 ore, adattando a ciascuna di esse, attraverso la stima dei parametri, un predefinito modello probabilistico.
Per il caso di studio in esame si è fatto riferimento al modello GEV (General Extreme Value), tenuto conto di quanto indicato nel seguito.

- Il grado di adattamento del modello in oggetto ai campioni delle misure disponibili è stato confrontato con altri modelli tipicamente utilizzati in campo idrologico, ossia la legge Normale, la Lognormale e la legge del Valore Massimo del I° Tipo (Extreme Value – EV1). Dal confronto tra le funzioni di probabilità cumulata e le curve di frequenza campionarie è emerso come solo la Lognormale e la GEV presentano, in ogni caso, un buon adattamento ai dati, mentre i risultati del test del χ^2 confermano come il modello EV1 non si praticamente mai applicabile.

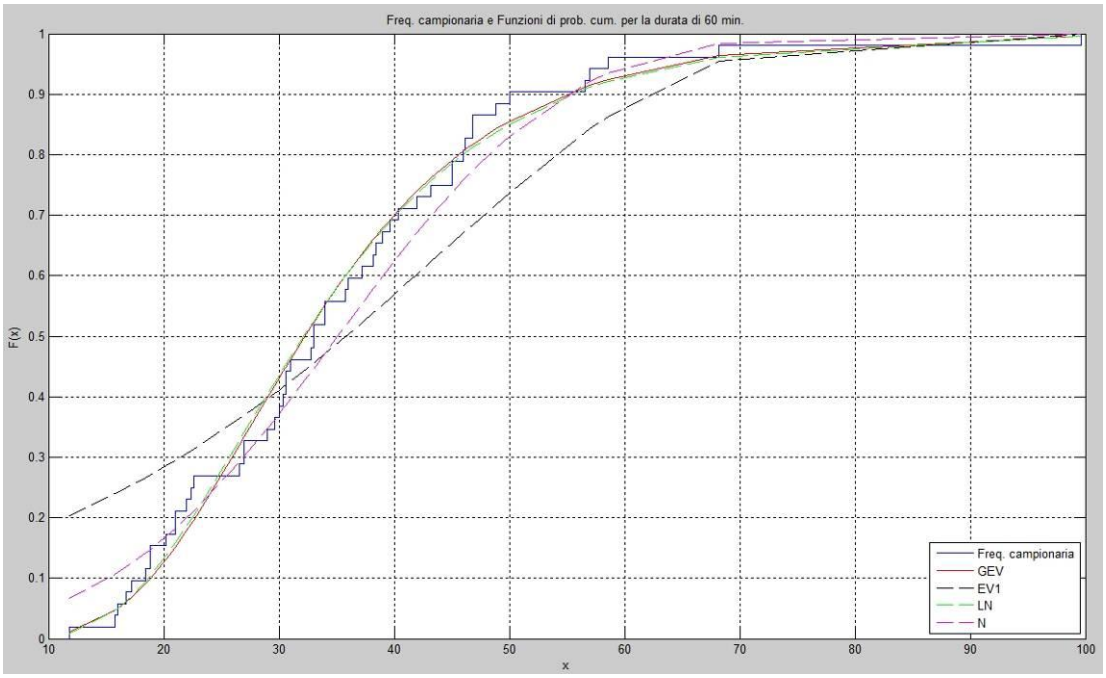
- La scelta è ricaduta sul modello GEV per conformità allo studio del 2013 a cura di ARPAL – Centro Funzionale Meteoidrologico di Protezione Civile relativo all' *"Atlante Climatico della Liguria"* in cui, per la ricostruzione del quadro conoscitivo aggiornato della climatologia delle precipitazioni, sono stati regolarizzati, con il modello GEV, i dati pluviometrici delle stazioni più significative presenti sul territorio ligure.

4.2 Stima dei parametri della legge di pioggia

Per ogni durata di 1, 3, 6, 12 e 24 ore sono state calcolate le altezze di pioggia di assegnato tempo di ritorno con il modello probabilistico adottato.
Le serie così ottenute sono state regolarizzate con la curva di pioggia monomia a due parametri attraverso regressione lineare sulle coppie di valori ln(t) - ln(h).
Per le durate inferiori all'ora, invece, la regressione lineare è stata effettuata sulle coppie ln(t) - ln(h) di primo caso critico, ragion per cui il parametro "n" per $t_p < 1$ è comune a tutte le curve di assegnato tempo di ritorno.

Nel seguito, a titolo di esempio, si riportano i risultati dell'analisi effettuata in questa sede relativa alla serie dei massimi annuali registrati alla stazione pluviometrica di La Spezia per la durata di 60 min..

Figura 3 – Stazione di La Spezia
Confronto della CDF campionaria con diverse funzioni di probabilità cumulata



4.3 LSPP di progetto

In tabella 3 sono riportati i parametri delle LSPP puntuali delle stazioni analizzate ed in tabella 4 i valori medi di progetto per il sito in esame.

Tab. 3 – Parametri delle LSPP puntuali

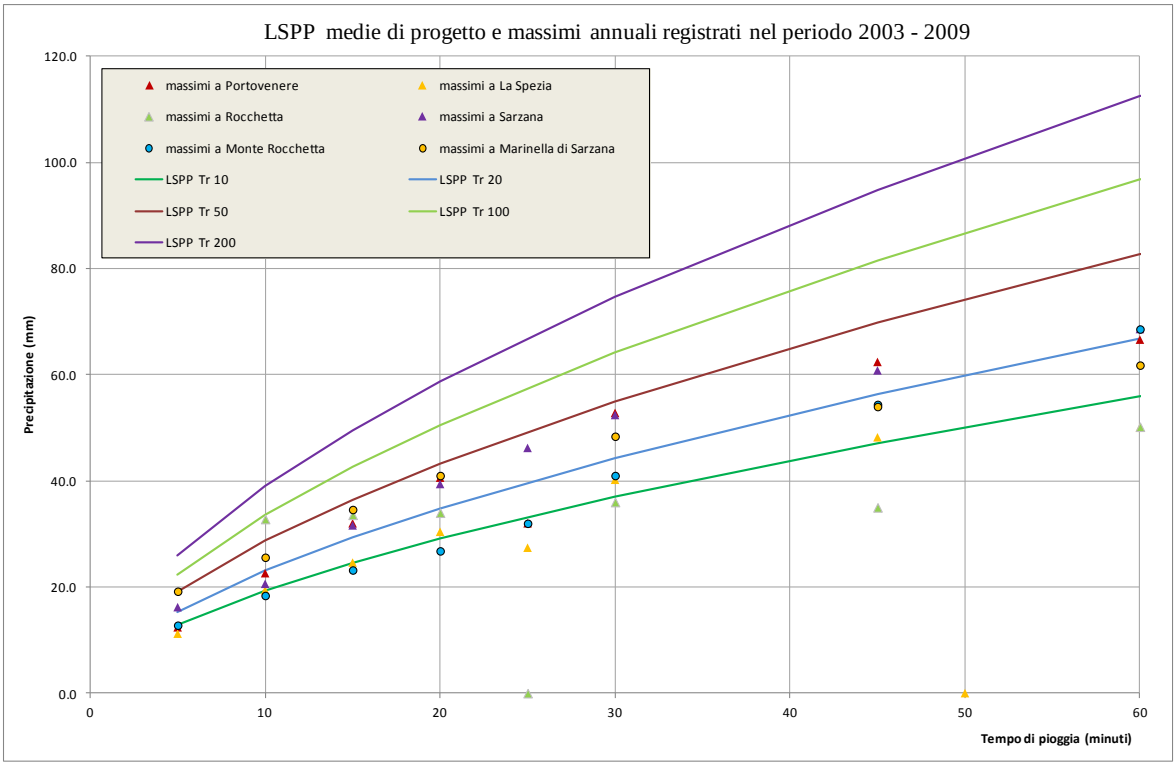
Stazioni	Modello Probabilistico	Tr *(anni)*	a *(mm)*	n	
				t_p < 1 h	t_p > 1 h
La Spezia	GEV	10	56.46	0.674	0.268
		20	66.34	0.674	0.251
		50	79.97	0.674	0.229
		100	90.86	0.674	0.213
		200	102.32	0.674	0.197
Portovenere	GEV	10	49.20	0.497	0.295
		20	61.15	0.497	0.281
		50	80.65	0.497	0.261
		100	98.95	0.497	0.245
		200	121.08	0.497	0.228
Rocchetta	GEV	10	53.16	0.542	0.418
		20	60.53	0.542	0.406
		50	70.16	0.542	0.391
		100	77.44	0.542	0.379
		200	84.75	0.542	0.369
Sarzana	GEV	10	64.83	0.655	0.260
		20	78.83	0.655	0.247
		50	100.41	0.655	0.230
		100	119.64	0.655	0.217
		200	141.87	0.655	0.203

Tab. 4 – Parametri delle LSPP di progetto

Stazioni	**Tr** ***(anni)***	**a** ***(mm)***	**n**	
			$t_p < 1$ h	$t_p > 1$ h
Curve medie di progetto	10	55.91	0.592	0.310
	20	66.71	0.592	0.296
	50	82.80	0.592	0.278
	100	96.72	0.592	0.263
	200	112.51	0.592	0.249

Per la scelta della curva di riferimento da impiegare nel dimensionamento delle opere idrauliche si è proceduto al confronto, di cui alla figura 4, tra la serie delle curve di assegnato tempo di ritorno e la serie dei massimi annuali registrati nel periodo 2003-2009 nelle stazioni storiche considerate, comprensive di quelle di Monte Rocchetta e Marinella di Sarzana entrate in servizio nell'ultimo decennio e gestite da ARPAL.

Figura 4 – LSPP di progetto e massimi annuali nel periodo 2003-2009



Si può osservare che l'insieme dei massimi registrati risulta compreso tra la curva Tr10 e quella Tr50 ed è mediato, in pratica, dalla curva Tr20.
Si consideri ancora che la stima delle curve di possibilità pluviometrica può essere effettuata tenendo conto che i rapporti tra le altezze di pioggia di eventi brevi e quelle di durata oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località (Bell, 1969). In assenza di serie storiche significative di dati di pioggia inferiori all'ora, la stima del valore di "n" per t < 1 ora può essere fatta facendo riferimento ai rapporti di riduzione proposti da Goswami (1973). Applicando tali coefficienti alla pioggia oraria per Tr=20 anni (66.71 mm), si evince come tale procedura porterebbe a considerare una curva di pioggia più critica della ventennale stimata a partire dalle serie delle registrazioni pluviometriche.
Pertanto, tutto ciò premesso, si ritiene più cautelativo assumere, per le verifiche delle opere idrualiche in progetto, la LSPP per Tr = 50 anni di cui alla tabella 5.

Tab. 5 – LSPP di riferimento

Tr (anni)	a (mm)	n t_p < 1 h	n t_p > 1 h
50	**82.80**	**0.592**	**0.278**

5 IDROLOGIA DI BACINO

In merito ai fenomeni fisici fondamentali che determinano la formazione dei deflussi superficiali si osserva quanto segue.

- Intercettazione ed evaporazione: la pioggia totale intercettata è somma di una piccola quantità trattenuta dalle foglie e da una quantità che evapora nell'atmosfera proporzionale alla durata della pioggia, alla temperatura e all'umidità dell'aria. La perdita per intercettazione ed evaporazione è quindi concentrata all'inizio dell'evento meteorico ed è tanto più significativa quanto più l'altezza di precipitazione è piccola. Quindi, nel caso di eventi meteorici brevi ed intensi, tale componente tende ad assumere un ruolo marginale tanto da potersi considerare del tutto trascurabile.

- Evapotraspirazione: è la componente direttamente sottratta dalle piante dai primi strati di terreno nei quali è avvenuta l'infiltrazione. Tale fenomeno, che influenza il bilancio idrologico di bacino alla scala annua, è del tutto irrilevante per eventi meteorici brevi ed intensi come quelli a cui si fa riferimento per la stima dei picchi di piena nelle reti di scolo artificiali. Ciò perché le tempistiche con cui il fenomeno dell'evapotraspirazione rende nuovamente idoneo il terreno ad assorbire maggiori quantità d'acqua non sono confrontabili con le durate e le intensità tipiche degli eventi considerati in questa sede.

- Ritenzione delle depressioni superficiali: le perdite relative a questo fenomeno sono concentrate nella prima parte dell'evento. Divengono trascurabili, in ambito tipicamente urbano, nel momento in cui si considera l'evento meteorico inserito nel contesto più ampio di un periodo piovoso. In tal caso, infatti, le probabilità che le capacità di accumulo superficiale siano già esaurite al sopraggiungere dell'evento critico sono molto alte. E' però evidente che l'entità di tali perdite dipende strettamente dal tipo e dallo stato di copertura del bacino, e nel caso in esame la presenza prevalente di copertura vegetale comporta una ritenzione variabile da 3-4 mm [Pecher, 1970] a 8-10 mm [Pfeiff, 1971].

6 SISTEMA DI REGIMAZIONE DELLE ACQUE METEORICHE

Le acque di pioggia interferenti con il sito in esame vengono suddivise in tre gruppi distinti:

1 - precipitazioni direttamente ricadenti sulla copertura della discarica;
2 - precipitazioni ricadenti sulla viabilità principale a servizio della discarica;
3 - acque di ruscellamento, afferenti alla discarica, generate dai pendii e dai versanti naturali esterni all'area di stoccaggio.

E' necessario predisporre tre sistemi di raccolta indipendenti in quanto le acque del gruppo 1 e 3, prima dello scarico nel recettore finale, devono confluire in una o più sezioni di controllo ben definite in corrispondenza delle quali sia sempre possibile effettuare prelievi per valutare la qualità dell'acqua.
Le acque del gruppo 2 devono essere invece intercettate ed allontanate prima che possano raggiungere il sito. In questo modo si provvede a contenere, nel lungo periodo, il contributo che possono dare, per infiltrazione, alla formazione di percolato.

Lo schema di raccolta risulta, perciò, così costituito.

Acque del gruppo 1 ricadenti direttamente nel sito di stoccaggio:

1.1 sono intercettate, ad ogni banca, da fossi rivestiti a sezione trapezia;
1.2 i fossi convogliano le acque lungo pozzetti di confluenza che recapitano nelle discese la cui funzione è quella di trasferire i deflussi nei canali di raccolta ubicati alla base del cumulo;
1.3 le discese sono realizzate con tubazioni in PVC, la cui flessibilità dovrebbe dare maggiori garanzie di tenuta nei confronti dei naturali assestamenti del cumulo nel tempo. Tale soluzione è stata ritenuta più idonea delle canalette ad embrice per i seguenti motivi: la ridotta sezione utile al deflusso avrebbe richiesto la realizzazione di molte più discese; tali canalette risultano più sensibili ai fenomeni di assestamento essendo realizzate da un insieme di singoli e corti elementi sovrapposti;
1.4 lungo il perimetro di base del cumulo si sviluppa un canale continuo in cls, a sezione rettangolare, demandato alla raccolta delle acque provenienti dalle discese. I canali provvedono a trasferire i deflussi al recapito finale ubicato alla base dell'argine.

Acque del gruppo 2 ricadenti sulla viabilità principale e sui piazzali per le quali è richiesto un trattamento preventivo delle acque di prima pioggia:

2.1 sono raccolte, lungo la strada, da canalette rivestite del tipo alla francese, mentre per i piazzali è prevista l'installazione di caditoie con griglia;
2.2 lungo le canalette, a passo costante non superiore ai 20 m, aperture chiuse da griglie consentono lo scarico dei deflussi nella sottostante fognatura bianca dedicata;
2.3 la fognatura recapita le acque in sezioni prestabilite in cui un pozzetto di by-pass consente di convogliare le acque di prima pioggia ai realtivi impianti e di recapitare le acque di seconda pioggia direttamente nei canali di raccolta;
2.4 è prevista l'installazione di due impianti per l'accumulo dei volumi di prima pioggia ed il successivo trattamento con moduli preposti alla separazione degli idrocarburi e dei materiale pesanti (sabbie, ecc).

Acque del gruppo 3 generate dai pendii e dai versanti naturali esterni all'area di stoccaggio e ad essa afferenti:

3.1 alla base dei versanti che circondano il sito di deposito è prevista la realizzazione di canali di gronda in cls, a sezione rettangolare, che consentano l'intercettazione in maniera continua dei ruscellamenti lungo i pendii naturali prima che questi ultimi interferiscano con l'impronta del sito di deposito;
3.2 i canali di gronda trasferiscono i deflussi direttamente al recapito finale ubicato alla base dell'argine di chiusura della discarica.

7 PORTATE DI PROGETTO

Le portate di piena al colmo vengono stimate con il metodo cinematico lineare che consente di calcolare la portata massima al colmo quando l'intero bacino è interessato da una pioggia di intensità costante t_P di durata uguale al tempo di corrivazione del bacino t_C.

Nota la curva di possibilità climatica, assumendo come caso critico l'evento per cui risulti soddisfatta la relazione $t_P = t_C$, risulta univocamente determinata l'altezza della pioggia di progetto.

Il volume di pioggia è calcolato con la relazione

$$V_a = C_R \cdot S \cdot h$$

in cui C_R, il coefficiente di ragguaglio della pioggia all'area è pari all'unità (l'estensione dei bacini è contenuta e l'effetto di attenuazione delle piogge al cresecere delle superfici è nullo); h è l'altezza di pioggia di assegnata durata e S è la superficie dell'area scolante.

Il volume defluito è calcolato secondo la relazione

$$V_d = k \cdot V_a$$

in cui k è il coefficiente di deflusso.

Nell'ipotesi che l'idrogramma di piena sia di forma triangolare simmetrica con tempo di salita $t = t_P = t_C$, la portata al colmo sarà data dalla relazione:

$$Q_p = \frac{V_d}{t_{C,T}}$$

I fattori che intervengono a determinare la relazione tra la portata al colmo e l'intensità media di pioggia, come la natura dei terreni e la loro copertura vegetale, la capacità di accumulo del bacino e l'effetto di laminazione del reticolo, la dimensione del bacino e l'acclività dei versanti, sono rappresentati, nel loro insieme, dal coefficiente di deflusso k.

Nel presente studio, con riferimento alle indicazioni riportate nella letteratura tecnica, si sono considerati i seguenti valori di k:

- $k = 0.9$ per le superfici pavimentate e per le superfici permeabili della copertura della discarica. In mertito alla copertura, infatti, con l'adozione di un valore alto del coefficiente di deflusso si tiene conto della forte acclività delle scarpate e delle operazioni di compattazione che, nelle fasi di formazione dei rilevati, riducono la permeabilità dei terreni.

- $k = 0.5$ per i versanti esterni alla discarica e ad essa afferenti. Si assume il valore tipico del limite superiore perché i versanti naturali sono costituiti, in prevalenza, da roccia che, seppur fratturata, presenta bassi valori di permeabilità.

Il tempo di concentrazione t_c è dato dalla somma dei due contributi $t_c = t_a + t_r$ in cui:

- t_a è il tempo di accesso alla rete relativo al sottobacino drenato dall'opera all'estremità di monte del percorso idraulicamente più lungo; il valore normalmente assunto nella progettazione è sempre compreso entro l'intervallo di 5 min. e 15 min. Nel caso in esame si è posto $t_a = 5\,\text{min}.$, valore più adatto ad aree di minore estensione e di maggiore pendenza.

- $t_r = \dfrac{L}{v_u}$ è il tempo di rete stimato di volta in volta attraverso il rapporto tra la lunghezza del percorso idraulicamente più lungo e la velocità media di moto uniforme che assume la portata di piena nelle singole canalizzazioni.

Il processo per il calcolo della portata risulta iterativo sul termine delle velocità dovendo risultare uguli la velocità media che figura nella relazione per il calcolo del tempo di rete e la velocità media di deflusso relativa allo speco del collettore.

8 VERIFICHE IDRAULICHE

Le verifiche idrauliche sono finalizzate alla stima delle capacità di smaltimento delle opere inserite a progetto in relazione ai materiali, alle geometrie ed alle pendenze disponibili.
In allegato sono riportati i risultati ottenuti con lo schema di raccolta descritto al capitolo 6 il cui layout è riportato nella tavola D_08_02 ed aventi le caratteristiche indicate nelle successive tabelle

Fossi rivestiti lungo le banche della copertura

Tab. 6

Sezione trap. b x B x H *(cm)*	Rivestimento	Scabrezza k_s *($m^{1/3}/s$)*	Pendenza min. $i_{min.}$ *(%)*
30 x 90 x 30	cls	60	0.5
50 x 150 x 50	cls	60	0.5
60 x 180 x 60	cls	60	0.5

Canali di raccolta e di gronda

Tab. 7

Sezione rett. b x H *(cm)*	Rivestimento	Scabrezza k_s *($m^{1/3}/s$)*	Pendenza min. $i_{min.}$ (%)
30 x 30	cls	70	1.0
40 x 40	cls	70	1.0
50 x 50	cls	70	1.0
60 x 60	cls	70	1.0
70 x 70	cls	70	1.0
100 x 100	cls o massi cementati	70	1.0

Tubazioni interrate

Tab. 8

Materiale	Sezione De	Sezione ϕ	Scabrezza k_s $(m^{1/3}/s)$	Pendenza min. $i_{min.}$ (%)
PVC SN8	315		80	1.0
PVC SN8	400		80	1.0
PVC SN8	500		80	1.0
PVC SN8	630		80	1.0
C.A.		1000	75	1.0

Le sezioni impiegate sono tali da garantire sempre un franco idraulico di sicurezza variabile a seconda del tipo di opera.

Nel specifico, per i rami terminali dei collettori principali si è verificato che:

- le tubazioni di grande diametro avessero riempimenti dell'ordine del 60%;

- i canali a cielo aperto avessero franchi minim variabili dell'ordine dei 15 cm per le sezioni fino alla 60x60 e di 50 cm per le sezioni da 100x100 cm. Per queste ultime, che caratterizzano le opere P246, P247, P160 e P161 è prevista la posa su una livelletta discontinua "a salti", soluzione che consente di contenere la velocità della corrente, nel tratto a forte pendenza ubicato lungo l'argine, tramite dissipazione di energia a mezzo di risalti idraulici in successione. Il franco elevato è quindi indispensabile per garantire che il suddetto fenomeno rimanga contenuto entro il canale di deflusso.

8.1 Recapito delle portate convogliate dal sistema di regimazione a servizio della discarica

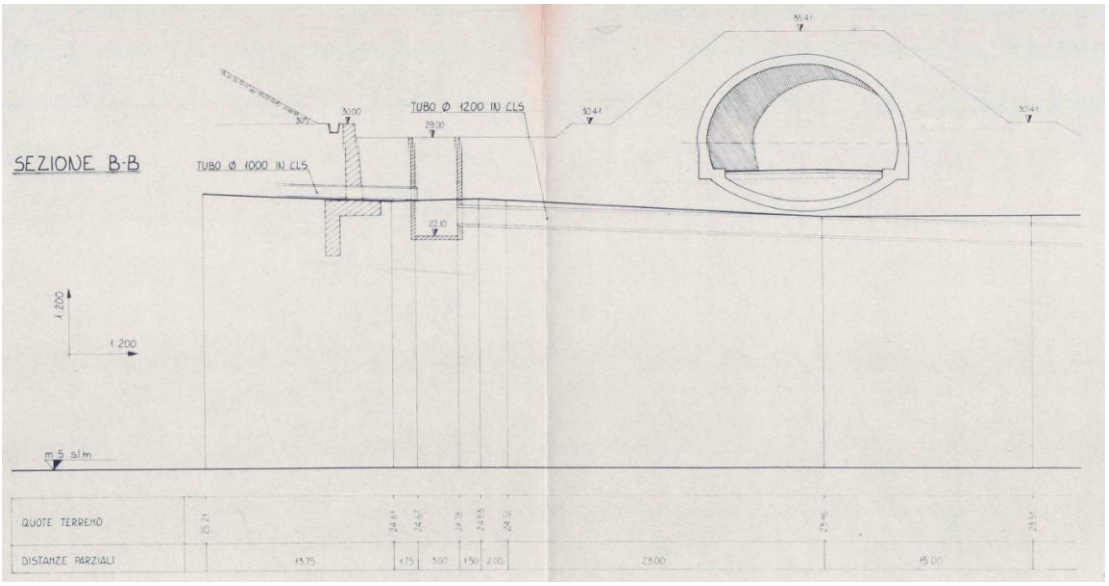
La sezione di chisura dell'intero sistema di raccolta e convogliamento delle acque meteoriche interferenti con il sito di deposito in esame coincide con la sezione di imbocco del collettore esistente a valle dell'argine di contenimento (fig. 5)

Figura 5 – Vista dell'imbocco del collettore di scarico esistente



Si tratta di una tubazione in C.A. avente diametro $\phi = 1200$ mm realizzata all'epoca della costruzione della galleria artificiale a tre corsie per il collegamento stradale tra il porto di La spezia e la S.S. 331 (tratto Stagnoni – Muggiano) di cui al Progetto Esecutivo delle opere di completamento risalente al 1994 (fig. 6).

Figura 6 – Stralcio del S.A.L. n. 3 ed ultimo relativo ai lavori relativi al "Collegamento asse per il porto della Spezia – S.S. N. 331 – Opere di Completamento III Lotto Stralcio"



La portata di piena, calcolata alla sezione di chiusura in oggetto sulla base della curva di pioggia utilizzata in questa sede, è pari a:

$$\mathbf{Q_{max,Tr50} = 3.0\ m^3/s}.$$

Assumendo una pendenza minima della tubazione dell'1.0 % si calcola, in condizioni di moto uniforme, un grado di riempimento medio del 74% che, assumendo il passaggio dallo stato critico, sale all'84% in corrispondenza della sezione d'imbocco (Tab. 9).

Tab. 9 – Deflusso in moto uniforme in una tubazione in C.A. ϕ 1200

y	Riemp.	b	B	A	v	Q	Q_c	Fr	$v^2/2g$
(m)	*(%)*	*(m)*	*(m)*	*(m^2)*	*(m/s)*	*(m^3/s)*	*(m^3/s)*	*(-)*	*(m)*
0.88	**74**	1.056	2.479	0.894	3.80	**3.398**	2.577	1.319	0.736
1.00	**84**	0.884	2.777	1.012	3.83	**3.875**	3.394	1.142	0.747

La tubazione può quindi ritenersi idraulicamente compatibile con la portata di piena di progetto, tenuto conto che per tubazioni di grande diametro sono accettabili riempimenti medi dell'ordine del 75%.

Le potenzialità residue di convogliamento per portate superiori sono, invece, da considerarsi praticamente nulle.

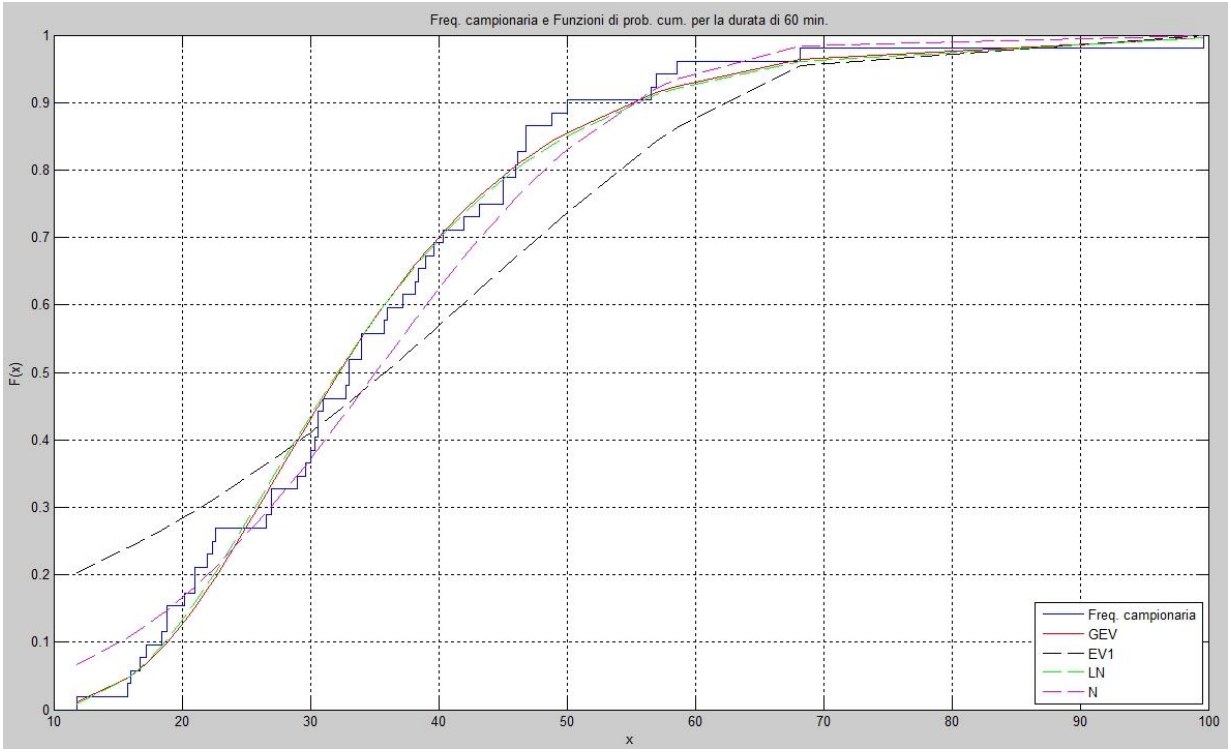
Nello specifico, tenuto conto dei gradi di riempimento calcolati, per scongiurare l'eventualità che si instaurino condizioni di moto in pressione nelle sezioni iniziali della tubazione è comunque opportuna l'installazione di una tubazione De160 in testa al tubo che garantisca la corretta aerazione della vena fluida anche in condizioni di franco idraulico limitato.

ALLEGATI

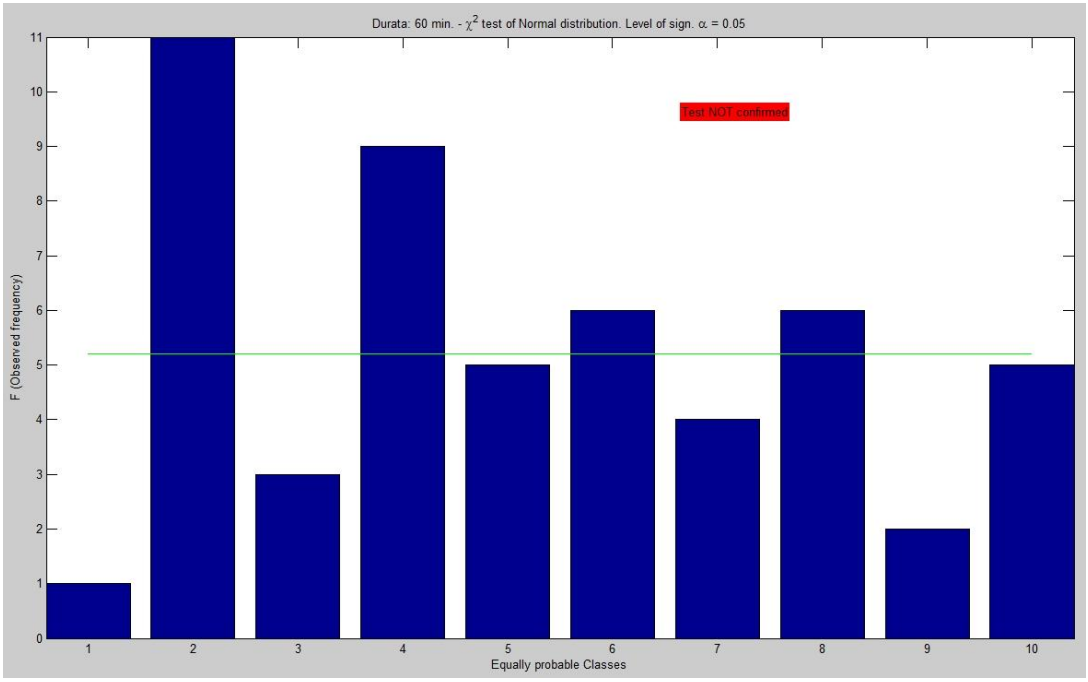
A-1

REGOLARIZZAIZONE DELLE SERIE STORICHE DELLE MISURE DI PRECIPITAZIONE MASSIMA ANNUA IN CORRISPONDENZA DELLE DURATE CARATTERISTICHE CASO TIPO - STAZIONE DI LA SPEZIA

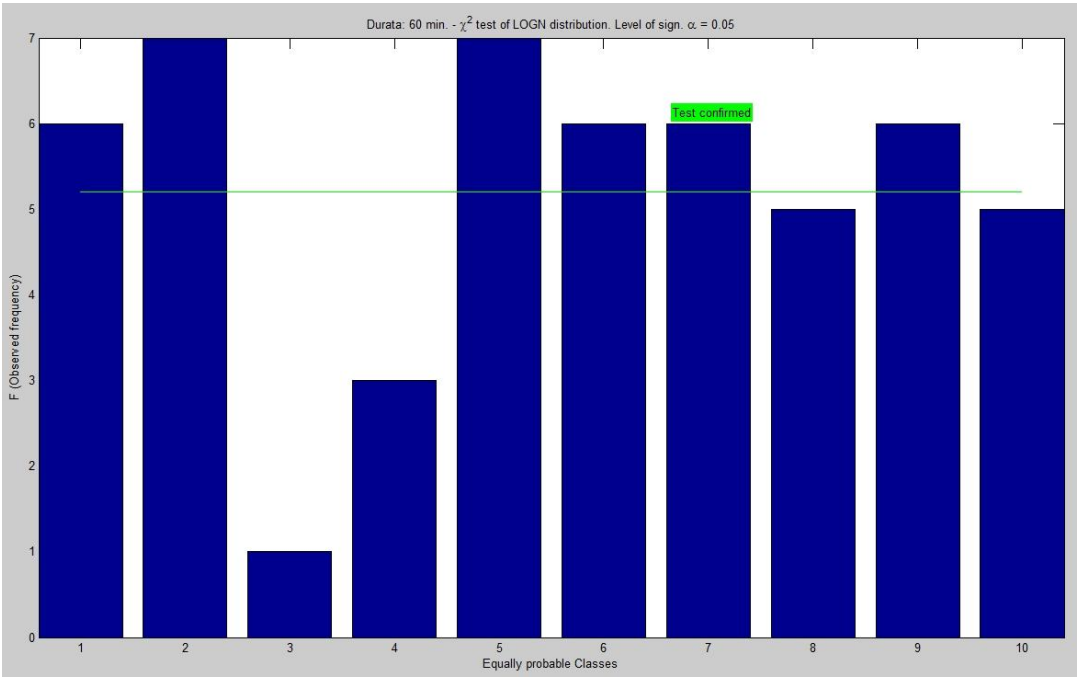
Confronto della CDF campionaria con diverse funzioni di probabilità cumulata



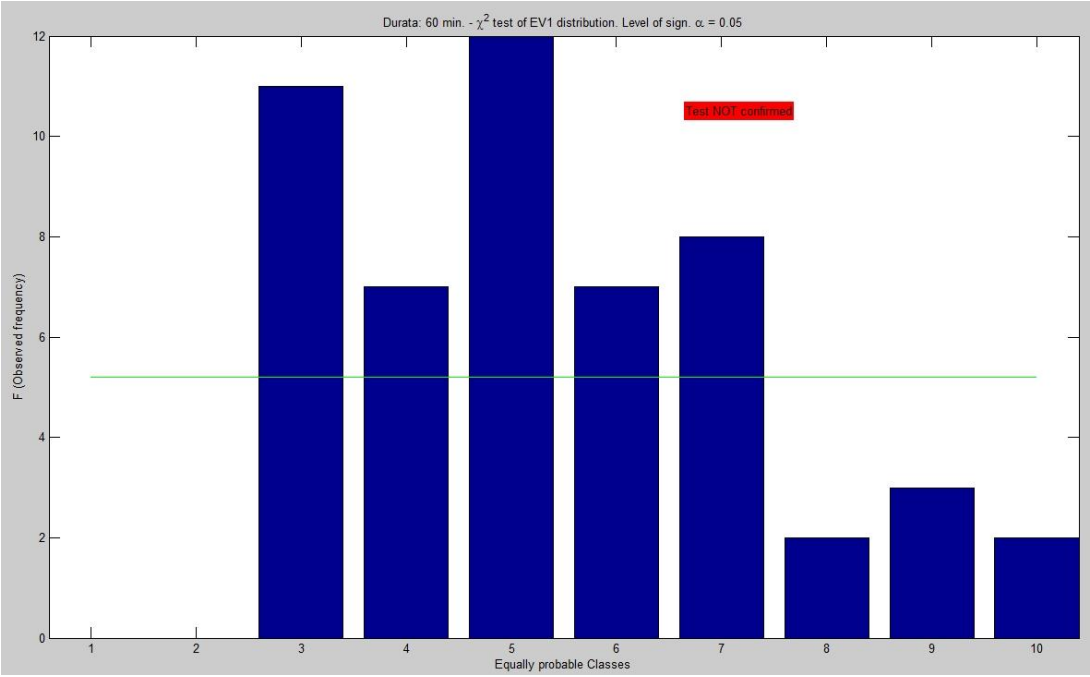
Test del "chi quadrato" per la distribuzione Normale



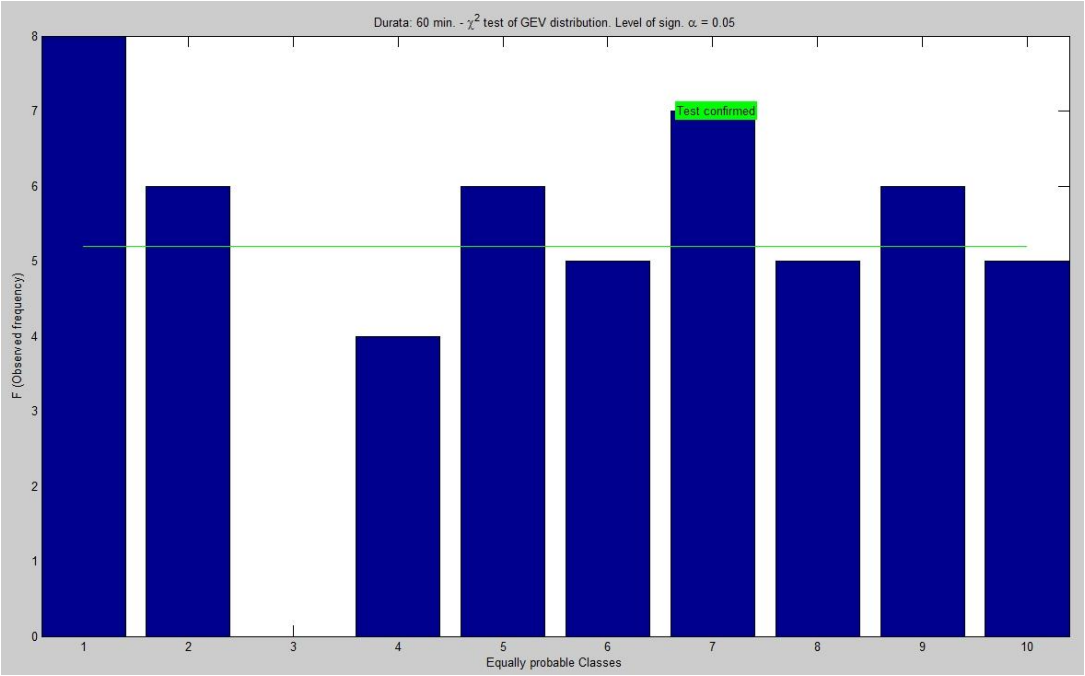
Test del "chi quadrato" per la distribuzione Log Normale



Test del "chi quadrato" per la distribuzione EV1

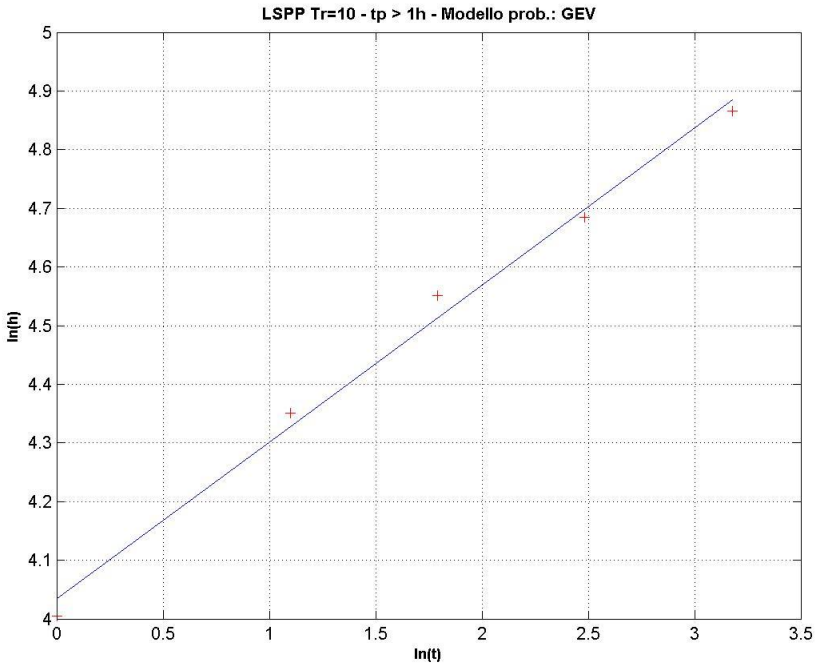


Test del "chi quadrato" per la distribuzione GEV



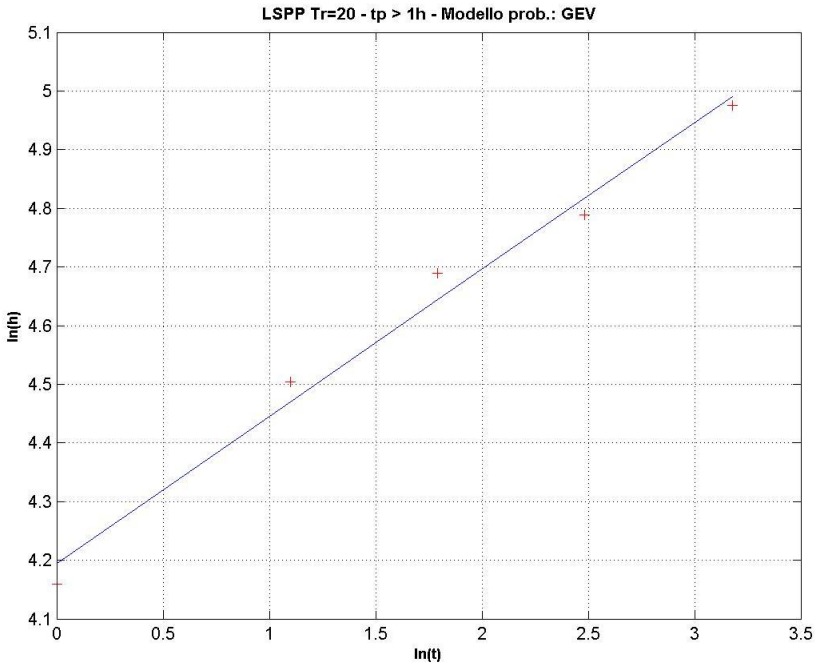
Regresione lineare sulle coppie ln(t) - ln(h) per t_p > 1 h

Tr = 10 anni



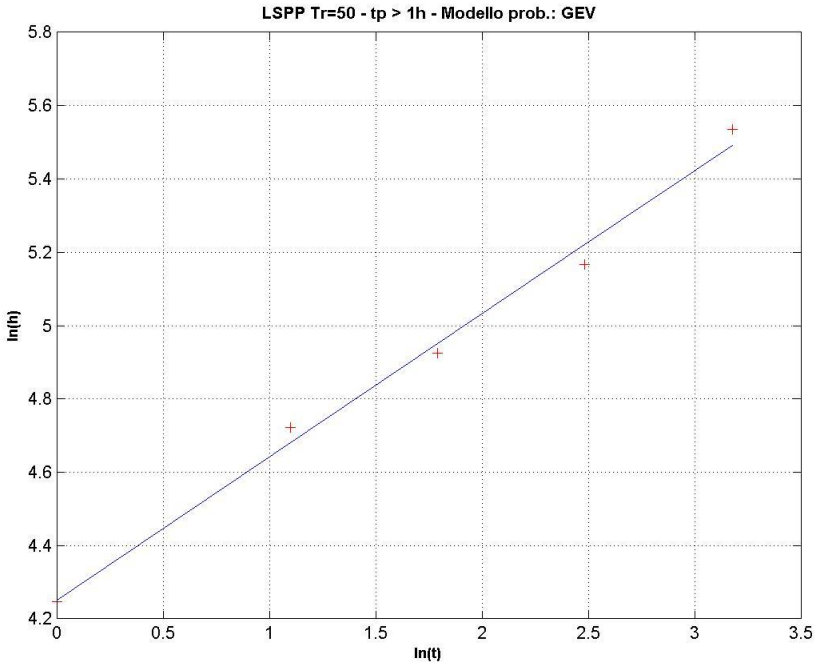
Regresione lineare sulle coppie ln(t) - ln(h) per t_p > 1 h

Tr = 20 anni



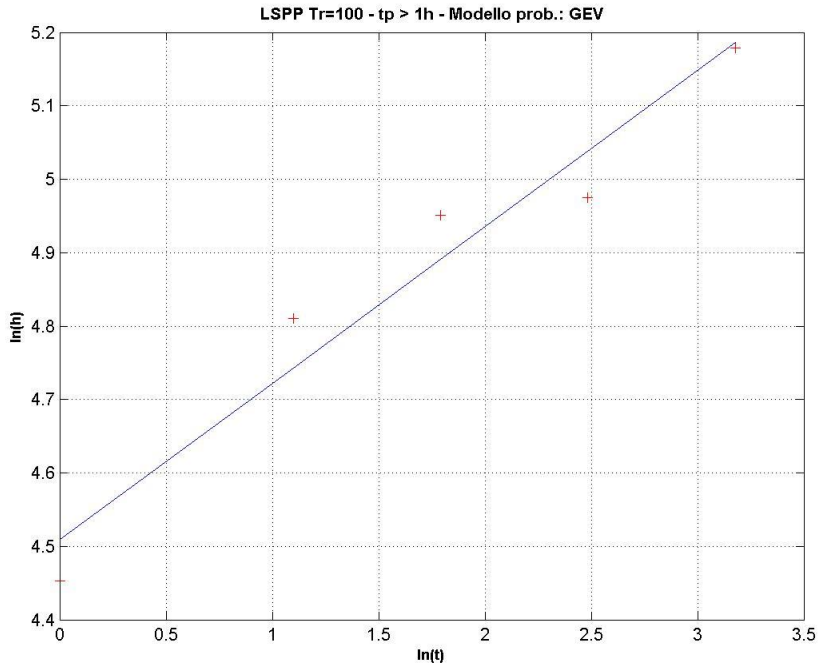
Regresione lineare sulle coppie ln(t) - ln(h) per t_p > 1 h

Tr = 50 anni



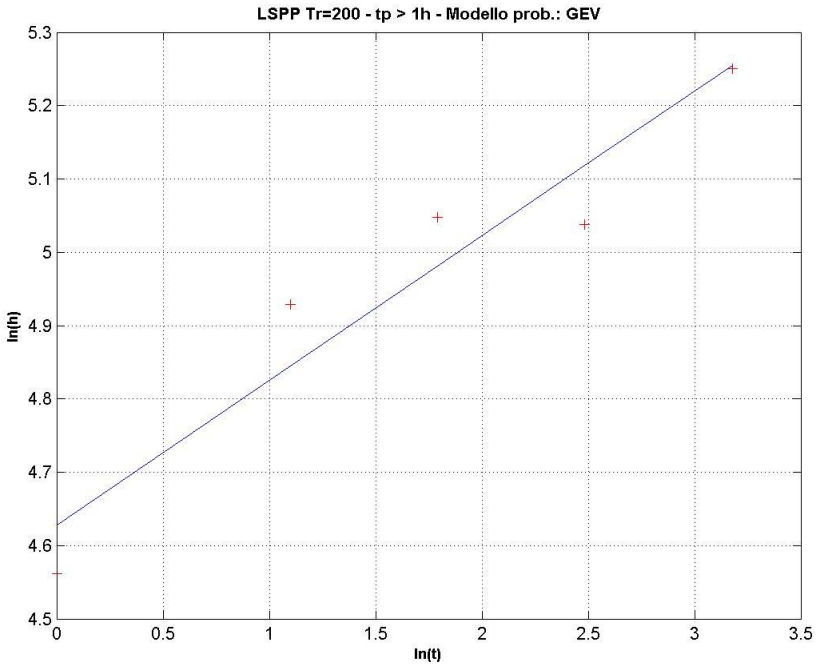
Regresione lineare sulle coppie ln(t) - ln(h) per t_p > 1 h

Tr = 100 anni

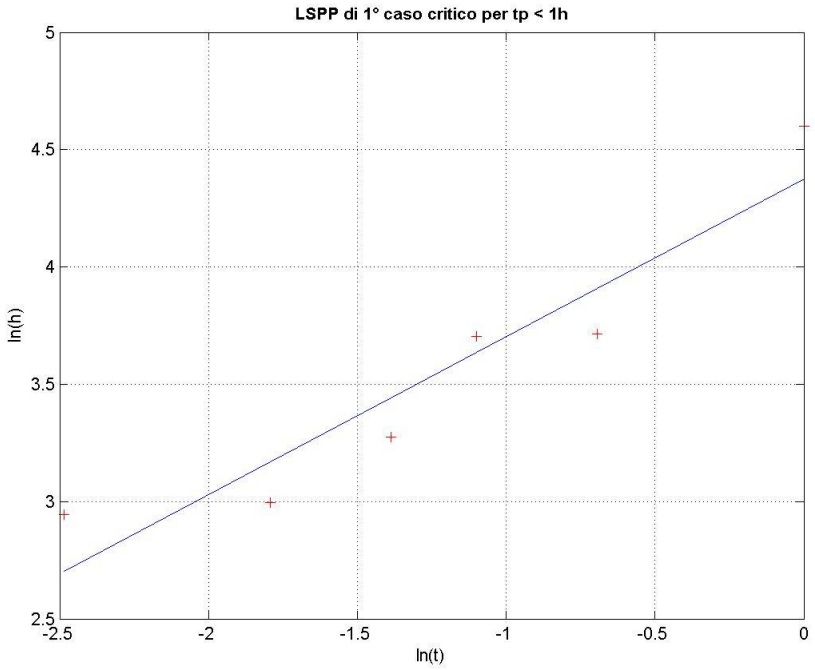


Regresione lineare sulle coppie ln(t) - ln(h) per t_p > 1 h

Tr = 200 anni



Regresione lineare sulle coppie ln(t) - ln(h) di 1° caso critico per t_p < 1 h



A-2

TABELLA DI CALCOLO PER LA STIMA DELLE PORTATE DI PIENA E CONTESTUALE VERIFICA DELLE SEZIONI IDRAULICHE DEI COLLETTORI.

Opera		Caratteristiche aree scolanti											Volumi e portate di progetto					Verifica in moto uniforme - Canaletta trapezia							Verifica in moto uniforme - Canaletta rettangolare															Verifica in moto uniforme - Sezione circolare						
Opera	L_{opera}	Prg.	$S_{IMP.}$	$S_{PERM.}$	$t_{accesso}$	v	$L_{percorso}$	t = L/v	ta + t	ta + t	h	$A_{piattaf.}$	V_p	k_d	V_d	Q_P	Q_P	i_{min}	$k_{Str.}$	A	v	y_{max}	Ωtot	A/Ωtot	y	L	i	b	B [SX]	B [DX]	B	A	v	Q	Qc	Fr	$v^2/2g$	ϑ	Franco	ΔQ	i_{min}	$k_{Str.}$	A	v	D	Ωtot	Ω
	(m)	(m)	(m^2)	(m^2)	(min)	(m/s)	(m)	(min)	(min)	(ore)	(mm)	(m^2)	(m^3)	(-)	(m^3)	(m^3/s)	(l/s)	(-)	($m^{1/3}$/s)	(m^2)	(m/s)	(mm)	(m^2)	(-)	(m)	(m)	(m/km)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m^2)	(m/s)	(m^3/s)	(m^3/s)	(-)	(m)	(m)	(m)	(m^3/s)	(-)	($m^{1/3}$/s)	(m^2)	(m/s)	(mm)	(m2)	(-)
P100	75	-	0	365	5.0	0.86	**75**	1.45	6.45	0.1075	22.21	**365**	8.11	0.90	7.30	**0.019**	18.9	0.010	60	0.0219	0.86	**300**	0.0707	31.0%																							
P101	0	-	0	0	5.0	1.00	**0**	0.00	5.00	0.0833	19.11	**0**	0.00	0.90	0.00	**0.000**	0.0	0.005	60	0.0000	0.01	**500**	0.1963	0.0%																							
P102	0		0	0	5.0	1.00	**0**	0.00	5.00	0.0833	19.11	**0**	0.00	0.90	0.00	**0.000**	0.0																									0.010	80	0.0000	0.01	**400**	0.1257	0.0%
P103	72	-	0	3422	5.0	1.16	**112**	1.61	6.61	0.1102	22.54	**3422**	77.12	0.90	69.41	**0.175**	175.0	0.005	60	0.1510	1.16	**600**	0.2827	53.4%																							
P104	14			0	5.0	1.16	**126**	1.81	6.81	0.1135	22.94	**3422**	78.50	0.90	70.65	**0.173**	172.8																									0.010	80	0.0909	1.90	**500**	0.1963	46.3%
P105	**67**	-	0	436	5.0	1.72	**193**	1.87	6.87	0.1146	23.06	**4223**	97.38	0.90	87.64	**0.213**	212.5								0.31	**0.40**	10	0.400	0.309	0.309	1.019	0.124	1.72	**0.213**	0.216	0.985	0.150	0.121	0.09	**0.000**						
P106	0	-	0	0	5.0	1.00	**0**	0.00	5.00	0.0833	19.11	**0**	0.00	0.90	0.00	**0.000**	0.0	0.005	60	0.0000	0.01	**500**	0.1963	0.0%																							
P107	0		0	0	5.0	1.00	**0**	0.00	5.00	####	19.11	**0**	0.00	0.90	0.00	**0.000**	0.0																									###	80	####	0.01	**400**	####	0.0%
P108	65	-	0	3257	5.0	1.15	**105**	1.53	6.53	0.1088	22.37	**3257**	72.85	0.90	65.56	**0.167**	167.4	0.005	60	0.1461	1.15	**600**	0.2827	51.7%																							
P109	15		0	0	5.0	1.90	**120**	1.05	6.05	0.1009	21.39	**3257**	69.67	0.90	62.70	**0.173**	172.7																									0.010	80	0.0908	1.90	**500**	0.1963	46.3%
P110	**91**	-	0	1193	5.0	2.03	**284**	2.33	7.33	0.1221	23.95	**8673**	207.71	0.90	186.94	**0.425**	425.1								0.42	**0.50**	10	0.500	0.418	0.418	1.337	0.209	2.03	**0.425**	0.424	1.003	0.211	0.156	0.08	**0.000**						
P111a	100	-	0	1339	5.0	0.91	**100**	1.82	6.82	0.1137	22.96	**1339**	30.75	0.90	27.67	**0.068**	67.6	0.005	60	0.0740	0.91	**400**	0.1257	58.9%																							
P111	**6**	-	0	0	5.0	1.61	**290**	3.00	8.00	0.1333	25.21	**10012**	252.45	0.90	227.20	**0.474**	473.5								0.49	**0.60**	5	0.600	0.489	0.489	1.579	0.294	1.61	**0.474**	0.643	0.736	0.133	0.186	0.11	**0.000**						
P121	**20**	-	120	0	5.0	0.84	**20**	0.40	5.40	0.0899	19.99	**120**	2.40	0.90	2.16	**0.007**	6.7																									0.010	80	0.0079	0.84	**300**	0.0707	11.2%
P122	**20**	-	120	0	5.0	1.00	**40**	0.67	5.67	0.0945	20.58	**240**	4.94	0.90	4.45	**0.013**	13.1																									0.010	80	0.0131	1.00	**300**	0.0707	18.5%
P123	**20**	-	120	0	5.0	1.10	**60**	0.91	5.91	0.0985	21.09	**360**	7.59	0.90	6.83	**0.019**	19.3																									0.010	80	0.0175	1.10	**300**	0.0707	24.8%
P124	**20**	-	120	0	5.0	1.18	**80**	1.13	6.13	0.1022	21.56	**480**	10.35	0.90	9.31	**0.025**	25.3																									0.010	80	0.0215	1.18	**300**	0.0707	30.4%
P125	**20**	-	120	0	5.0	1.24	**100**	1.34	6.34	0.1057	22.00	**600**	13.20	0.90	11.88	**0.031**	31.2																									0.010	80	0.0252	1.24	**300**	0.0707	35.6%
P126	**20**	-	120	0	5.0	1.29	**120**	1.55	6.55	0.1091	22.41	**720**	16.13	0.90	14.52	**0.037**	37.0																									0.010	80	0.0286	1.29	**300**	0.0707	40.4%
P127	**20**	-	120	0	5.0	1.34	**140**	1.74	6.74	0.1124	22.80	**840**	19.15	0.90	17.23	**0.043**	42.6																									0.010	80	0.0318	1.34	**300**	0.0707	45.0%
P128	**20**	-	120	0	5.0	1.38	**160**	1.93	6.93	0.1155	23.17	**960**	22.24	0.90	20.02	**0.048**	48.1																									0.010	80	0.0348	1.38	**300**	0.0707	49.3%
P129	**20**	-	120	0	5.0	1.42	**180**	2.11	7.11	0.1186	23.53	**1080**	25.41	0.90	22.87	**0.054**	53.6																									0.010	80	0.0378	1.42	**300**	0.0707	53.4%
P130	**20**	-	120	0	5.0	1.45	**200**	2.29	7.29	0.1216	23.88	**1200**	28.66	0.90	25.79	**0.059**	58.9																									0.010	80	0.0406	1.45	**400**	0.1257	32.3%
P131	**20**	-	120	0	5.0	1.48	**220**	2.47	7.47	0.1245	24.22	**1320**	31.97	0.90	28.77	**0.064**	64.2																									0.010	80	0.0432	1.48	**400**	0.1257	34.4%
P132	**20**	-	120	0	5.0	1.51	**240**	2.64	7.64	0.1274	24.55	**1440**	35.35	0.90	31.81	**0.069**	69.4																									0.010	80	0.0458	1.51	**400**	0.1257	36.5%
P133	**20**	-	120	0	5.0	1.54	**260**	2.81	7.81	0.1302	24.87	**1560**	38.79	0.90	34.92	**0.074**	74.5																									0.010	80	0.0483	1.54	**400**	0.1257	38.5%
P134	**20**	-	120	0	5.0	1.57	**280**	2.98	7.98	0.1330	25.18	**1680**	42.30	0.90	38.07	**0.080**	79.5																									0.010	80	0.0508	1.57	**400**	0.1257	40.4%
P135	**31**	-	0	0	5.0	1.56	**311**	3.32	8.32	0.1387	25.82	**1680**	43.37	0.90	39.03	**0.078**	78.2																									0.010	80	0.0501	1.56	**400**	0.1257	39.9%
P112	**75**	-	0	469	5.0	2.21	**386**	2.91	7.91	0.1318	25.05	**12161**	304.63	0.90	274.16	**0.578**	577.8								0.44	**0.60**	10	0.600	0.435	0.435	1.471	0.261	2.21	**0.578**	0.540	1.070	0.249	0.178	0.16	**0.000**						
P113	70	-	0	1497	5.0	0.95	**70**	1.23	6.23	0.1038	21.76	**1497**	32.58	0.90	29.32	**0.078**	78.4	0.005	60	0.0827	0.95	**500**	0.1963	42.1%																							
P114	**45**	-	0	65	5.0	2.26	**431**	3.18	8.18	0.1363	25.54	**13723**	350.54	0.90	315.49	**0.643**	643.2								0.47	**0.60**	10	0.600	0.474	0.474	1.548	0.284	2.26	**0.644**	0.614	1.049	0.261	0.184	0.13	**0.000**						
P115	0	-	0	0	5.0	1.00	**0**	0.00	5.00	0.0833	19.11	**0**	0.00	0.90	0.00	**0.000**	0.0	0.005	60	0.0000	0.00	**500**	0.1963	0.0%																							
P116	0		0	0	5.0	1.00	**0**	0.00	5.00	0.0833	19.11	**0**	0.00	0.90	0.00	**0.000**	0.0																									0.010	80	0.0000	0.01	**400**	0.1257	0.0%
P117	130	-	0	4666	5.0	1.24	**170**	2.29	7.29	0.1214	23.87	**4666**	111.36	0.90	100.22	**0.229**	229.3	0.005	60	0.1850	1.24	**600**	0.2827	65.4%																							
P118	36		0	0	5.0	2.06	**206**	1.67	6.67	0.1111	22.65	**4666**	105.68	0.90	95.11	**0.238**	237.8																									0.010	80	0.1154	2.06	**500**	0.1963	58.8%
P119	**86**	-	0	950	5.0	2.46	**517**	3.50	8.50	0.1416	26.13	**19339**	505.40	0.90	454.86	**0.892**	892.1								0.52	**0.70**	10	0.700	0.518	0.518	1.735	0.362	2.46	**0.893**	0.816	1.093	0.309	0.209	0.18	**0.000**						
P120	12			19339	5.0	2.74	**529**	3.22	8.22	0.1369	25.62	**19339**	495.48	0.90	445.94	**0.905**	904.5																									0.010	75	0.3300	2.74	**1000**	0.7854	42.0%

Opera		*Caratteristiche aree scolanti*											*Volumi e portate di progetto*				
Opera	L_{opera}	Prg.	$S_{IMP.}$	$S_{PERM.}$	$t_{accesso}$	v	$L_{percorso}$	t = L/v	ta + t	ta + t	h	$A_{piattaf.}$	V_p	k_d	V_d	Q_P	Q_P
	(m)	*(m)*	*(m^2)*	*(m^2)*	*(min)*	*(m/s)*	*(m)*	*(min)*	*(min)*	*(ore)*	*(mm)*	*(m^2)*	*(m^3)*	*(-)*	*(m^3)*	*(m^3/s)*	*(l/s)*
P200	108	-	0	1587	5.0	0.95	**108**	1.89	6.89	0.1148	23.09	**1587**	36.65	0.90	32.98	**0.080**	79.8
P201	55	-	0	1169	5.0	0.89	**55**	1.03	6.03	0.1004	21.34	**1169**	24.94	0.90	22.45	**0.062**	62.1
P202	20	-	0	0	5.0	1.82	**128**	1.17	6.17	0.1029	21.64	**2756**	59.64	0.90	53.68	**0.145**	144.9
P203	45	-	0	1038	5.0	0.87	**45**	0.86	5.86	0.0977	20.99	**1038**	21.79	0.90	19.61	**0.056**	55.8
P204	94	-	0	0	5.0	1.00	**0**	0.00	5.00	0.0833	19.11	**0**	0.00	0.90	0.00	**0.000**	0.0
P205	18	-	0	0	5.0	1.97	**146**	1.24	6.24	0.1039	21.77	**3794**	82.60	0.90	74.34	**0.199**	198.7
P206c	**39**	-	0	1282	5.0	1.00	**39**	0.65	5.65	0.0941	20.54	**1282**	26.33	0.90	23.70	**0.070**	69.9
P206b	**89**	-	0	1725	5.0	0.98	**89**	1.52	6.52	0.1086	22.35	**1725**	38.55	0.90	34.69	**0.089**	88.7
P206a	**6**	-	0	0	5.0	1.26	**45**	0.60	5.60	0.0933	20.43	**3007**	61.42	0.90	55.28	**0.165**	164.6
P206	**97**	-	0	2128	5.0	1.40	**142**	1.69	6.69	0.1116	22.70	**5135**	116.59	0.90	104.93	**0.261**	261.2
P207	**43**	-	0	834	5.0	1.62	**189**	1.94	6.94	0.1157	23.19	**9763**	226.41	0.90	203.77	**0.489**	489.4
P208	77	-	0	1394	5.0	0.93	**77**	1.38	6.38	0.1064	22.07	**1394**	30.77	0.90	27.69	**0.072**	72.3
P209	**56**	-	0	907	5.0	1.72	**245**	2.38	7.38	0.1230	24.04	**12064**	290.06	0.90	261.05	**0.590**	589.7
P210	55	-	0	1327	5.0	0.92	**55**	0.99	5.99	0.0999	21.27	**1327**	28.22	0.90	25.40	**0.071**	70.6
P211	**30**	-	0	385	5.0	1.76	**275**	2.60	7.60	0.1267	24.47	**13776**	337.13	0.90	303.42	**0.665**	665.2
P212	126	-	0	2128	5.0	1.02	**126**	2.05	7.05	0.1176	23.42	**2128**	49.83	0.90	44.85	**0.106**	106.0
P213	23	-	0	462	5.0	0.72	**23**	0.54	5.54	0.0923	20.30	**462**	9.38	0.90	8.44	**0.025**	25.4
P214	41	-	0	0	5.0	1.78	**167**	1.56	6.56	0.1094	22.44	**2590**	58.12	0.90	52.31	**0.133**	132.8
P215	74	-	0	2094	5.0	1.02	**114**	1.86	6.86	0.1144	23.04	**2094**	48.24	0.90	43.41	**0.105**	105.5
P216	0	-	0	0	5.0	1.00	**167**	2.78	7.78	0.1297	24.81	**0**	0.00	0.90	0.00	**0.000**	0.0
P217	75	-	0	3633	5.0	1.18	**115**	1.63	6.63	0.1105	22.57	**3633**	82.01	0.90	73.81	**0.186**	185.5
P218	27	-	0	0	5.0	2.39	**194**	1.35	6.35	0.1059	22.01	**8317**	183.06	0.90	164.75	**0.432**	432.3
P219	72	-	0	1485	5.0	0.95	**72**	1.27	6.27	0.1045	21.84	**1485**	32.43	0.90	29.19	**0.078**	77.6
P220	20	-	0	0	5.0	2.49	**214**	1.43	6.43	0.1072	22.18	**9802**	217.37	0.90	195.63	**0.507**	506.8
P221	40	-	0	578	5.0	0.75	**40**	0.89	5.89	0.0981	21.05	**578**	12.16	0.90	10.95	**0.031**	31.0
P222	**40**	-	0	597	5.0	1.63	**254**	2.59	7.59	0.1265	24.45	**10420**	254.82	0.90	229.34	**0.503**	503.4
P223	**22**	-	0	0	5.0	2.81	**276**	1.63	6.63	0.1106	22.58	**24196**	546.45	0.90	491.80	**1.235**	1235.4

	Verifica in moto uniforme - Canaletta trapezia							*Verifica in moto uniforme - Canaletta rettangolare*																				*Verifica in moto uniforme - Sezione circolare*						
	i_{min}	$k_{Str.}$	A	v	y_{max}	ΩtotA/ΩtotA		y	L	i	b	B [SX]	B [DX]	B	A	v	Q	Qc	Fr	$v^2/2g$	ℜ	Franco	ΔQ		i_{min}	$k_{Str.}$	A	v	D	ΩtotA	Ω
	(-)	*($m^{1/3}$/s)*	*(m^2)*	*(m/s)*	*(mm)*	*(m^2)*	*(-)*	*(m)*	*(m)*	*(m/km)*	*(m)*	*(m)*	*(m)*	*(m)*	*(m^2)*	*(m/s)*	*(m^3/s)*	*(m^3/s)*	*(-)*	*(m)*	*(m)*	*(m)*	*(m^3/s)*		*(-)*	*($m^{1/3}$/s)*	*(m^2)*	*(m/s)*	*(mm)*	*(m2)*	*(-)*
P200	0.005	60	0.0838	0.95	**500**	0.1963	42.7%																									
P201	0.005	60	0.0694	0.89	**400**	0.1257	55.3%																									
P202																									0.010	80	0.0796	1.82	**500**	0.1963	40.6%
P203	0.005	60	0.0641	0.87	**500**	0.1963	32.6%																									
P204	0.005	60	0.0000	0.00	**500**	0.1963	0.0%																									
P205																									0.010	80	0.1009	1.97	**500**	0.1963	51.4%
P206c								0.23	**0.30**	5	0.300	0.233	0.233	0.765	0.070	1.00	**0.070**	0.105	0.664	0.051	0.091	0.07	**0.000**								
P206b	0.005	60	0.0907	0.98	**500**	0.1963	46.2%																									
P206a								0.26	**0.50**	5	0.500	0.262	0.262	1.024	0.131	1.26	**0.165**	0.210	0.784	0.080	0.128	0.24	**0.000**								
P206								0.37	**0.50**	5	0.500	0.374	0.374	1.248	0.187	1.40	**0.261**	0.358	0.729	0.099	0.150	0.13	**0.000**								
P207								0.50	**0.60**	5	0.600	0.503	0.503	1.606	0.302	1.62	**0.490**	0.671	0.731	0.134	0.188	0.10	**-0.001**								
P208	0.005	60	0.0778	0.93	**400**	0.1257	61.9%																									
P209								0.49	**0.70**	5	0.700	0.491	0.491	1.682	0.344	1.72	**0.590**	0.755	0.782	0.150	0.204	0.21	**-0.001**								
P210	0.005	60	0.0765	0.92	**400**	0.1257	60.9%																									
P211								0.54	**0.70**	5	0.700	0.539	0.539	1.779	0.378	1.76	**0.665**	0.869	0.766	0.158	0.212	0.16	**0.000**								
P212	0.005	60	0.1037	1.02	**500**	0.1963	52.8%																									
P213	0.005	60	0.0355	0.72	**300**	0.0707	50.3%																									
P214																									0.010	80	0.0746	1.78	**500**	0.1963	38.0%
P215	0.005	60	0.1033	1.02	**500**	0.1963	52.6%																									
P216																									0.010	80	0.0000	#####	500	0.1963	0.0%
P217	0.005	60	0.1578	1.18	**600**	0.2827	55.8%																									
P218																									0.010	80	0.1807	2.39	**600**	0.2827	63.9%
P219	0.005	60	0.0821	0.95	**500**	0.1963	41.8%																									
P220																									0.010	80	0.2036	2.49	**600**	0.2827	72.0%
P221	0.005	60	0.0412	0.75	**500**	0.1963	21.0%																									
P222								0.51	**0.60**	5	0.600	0.514	0.514	1.628	0.308	1.63	**0.504**	0.693	0.727	0.136	0.189	0.09	**0.000**								
P223																									0.010	70	0.4391	2.81	**1000**	0.7854	55.9%

Opera		*Caratteristiche aree scolanti*										*Volumi e portate di progetto*				
Opera	L_{opera}	Prg.	$S_{IMP.}$	$S_{PERM.}$	$t_{accesso}$	v	$L_{percorso}$	t = L/v	ta + t	ta + t	h	$A_{piattaf.}$	V_p	k_d	V_d	Q_P	Q_P
	(m)	*(m)*	*(m^2)*	*(m^2)*	*(min)*	*(m/s)*	*(m)*	*(min)*	*(min)*	*(ore)*	*(mm)*	*(m^2)*	*(m^3)*	*(-)*	*(m^3)*	*(m^3/s)*	*(l/s)*
P224	**21**	-	2200	0	5.0	1.00	**21**	0.35	5.35	0.0892	19.89	**2200**	43.76	0.50	21.88	**0.068**	68.2
P225	**146**	-	5324	0	5.0	1.33	**167**	2.09	7.09	0.1182	23.50	**7524**	176.78	0.50	88.39	**0.208**	207.6
P226	**26**	-	1375	0	5.0	1.37	**193**	2.34	7.34	0.1223	23.97	**8899**	213.33	0.50	106.67	**0.242**	242.2
P227	**117**	-	4927	0	5.0	1.52	**310**	3.40	8.40	0.1401	25.96	**13826**	358.95	0.50	179.48	**0.356**	356.0
P228	**20**	-	120	0	5.0	0.84	**20**	0.40	5.40	0.0899	19.99	**120**	2.40	0.90	2.16	**0.007**	6.7
P229	**20**	-	120	0	5.0	1.00	**40**	0.67	5.67	0.0945	20.58	**240**	4.94	0.90	4.45	**0.013**	13.1
P230	**20**	-	120	0	5.0	1.10	**60**	0.91	5.91	0.0985	21.09	**360**	7.59	0.90	6.83	**0.019**	19.3
P231	**20**	-	120	0	5.0	1.18	**80**	1.13	6.13	0.1022	21.56	**480**	10.35	0.90	9.31	**0.025**	25.3
P232	**20**	-	120	0	5.0	1.24	**100**	1.34	6.34	0.1057	22.00	**600**	13.20	0.90	11.88	**0.031**	31.2
P233	**20**	-	120	0	5.0	1.29	**120**	1.55	6.55	0.1091	22.41	**720**	16.13	0.90	14.52	**0.037**	37.0
P234	**20**	-	120	0	5.0	1.34	**140**	1.74	6.74	0.1124	22.80	**840**	19.15	0.90	17.23	**0.043**	42.6
P235	**20**	-	120	0	5.0	1.38	**160**	1.93	6.93	0.1155	23.17	**960**	22.24	0.90	20.02	**0.048**	48.1
P236	**20**	-	120	0	5.0	1.42	**180**	2.11	7.11	0.1186	23.53	**1080**	25.41	0.90	22.87	**0.054**	53.6
P237	**20**	-	120	0	5.0	1.45	**200**	2.29	7.29	0.1216	23.88	**1200**	28.66	0.90	25.79	**0.059**	58.9
P238	**20**	-	120	0	5.0	1.48	**220**	2.47	7.47	0.1245	24.22	**1320**	31.97	0.90	28.77	**0.064**	64.2
P239	**20**	-	120	0	5.0	1.51	**240**	2.64	7.64	0.1274	24.55	**1440**	35.35	0.90	31.81	**0.069**	69.4
P240	**20**	-	120	0	5.0	1.54	**260**	2.81	7.81	0.1302	24.87	**1560**	38.79	0.90	34.92	**0.074**	74.5
P241	**20**	-	120	0	5.0	1.57	**280**	2.98	7.98	0.1330	25.18	**1680**	42.30	0.90	38.07	**0.080**	79.5
P242	**20**	-	120	0	5.0	1.59	**300**	3.14	8.14	0.1357	25.49	**1800**	45.88	0.90	41.29	**0.084**	84.5
P243	**20**	-	120	0	5.0	1.61	**320**	3.31	8.31	0.1384	25.79	**1920**	49.51	0.90	44.56	**0.089**	89.4
P244	**10**	-	505	0	5.0	2.92	**330**	1.88	6.88	0.1147	23.08	**40447**	933.34	0.76	707.73	**1.714**	1714.1
P245	30	-	0	886	5.0	0.84	**30**	0.59	5.59	0.0932	20.42	**886**	18.09	0.90	16.28	**0.049**	48.5
P246	**22**	-	505	0	5.0	2.94	**352**	1.99	6.99	0.1166	23.30	**41333**	962.98	0.77	739.01	**1.761**	1761.0
P247	**15**	-	0	0	5.0	3.24	**367**	1.89	6.89	0.1148	23.09	**41333**	954.18	0.77	732.26	**1.772**	1772.3

	Verifica in moto uniforme - Canaletta trapezia						
	i_{min}	$k_{Str.}$	A	v	y_{max}	Ωtot	A/Ωtot
	(-)	*($m^{1/3}$/s)*	*(m^2)*	*(m/s)*	*(mm)*	*(m^2)*	*(-)*
P244							
P245	0.005	60	0.0577	0.84	**400**	0.1257	45.9%
P246							
P247							

	Verifica in moto uniforme - Canaletta rettangolare																
	y	L	i	b	B [SX]	B [DX]	B	A	v	Q	Qc	Fr	v^2/2g	$\mathfrak{R}$	Franco	ΔQ
	(m)	*(m)*	*(m/km)*	*(m)*	*(m)*	*(m)*	*(m)*	*(m^2)*	*(m/s)*	*(m^3/s)*	*(m^3/s)*	*(-)*	*(m)*	*(m)*	*(m)*	*(m^3/s)*
P244	0.59	**1.00**	10	1.000	0.586	0.586	2.173	0.586	2.92	**1.714**	1.406	1.219	0.436	0.270	0.41	**0.000**
P245																
P246	0.60	**1.00**	10	1.000	0.599	0.599	2.197	0.599	2.94	**1.761**	1.450	1.214	0.441	0.272	0.40	**0.000**
P247																

	Verifica in moto uniforme - Sezione circolare						
	i_{min}	$k_{Str.}$	A	v	D	Ωtot	Ω
	(-)	*($m^{1/3}$/s)*	*(m^2)*	*(m/s)*	*(mm)*	*(m2)*	*(-)*
P224							
P225							
P226							
P227							
P228	0.010	80	0.0079	0.84	**300**	0.0707	11.2%
P229	0.010	80	0.0131	1.00	**300**	0.0707	18.5%
P230	0.010	80	0.0175	1.10	**300**	0.0707	24.8%
P231	0.010	80	0.0215	1.18	**300**	0.0707	30.4%
P232	0.010	80	0.0252	1.24	**300**	0.0707	35.6%
P233	0.010	80	0.0286	1.29	**300**	0.0707	40.4%
P234	0.010	80	0.0318	1.34	**300**	0.0707	45.0%
P235	0.010	80	0.0348	1.38	**300**	0.0707	49.3%
P236	0.010	80	0.0378	1.42	**400**	0.1257	30.0%
P237	0.010	80	0.0406	1.45	**400**	0.1257	32.3%
P238	0.010	80	0.0432	1.48	**400**	0.1257	34.4%
P239	0.010	80	0.0458	1.51	**400**	0.1257	36.5%
P240	0.010	80	0.0483	1.54	**400**	0.1257	38.5%
P241	0.010	80	0.0508	1.57	**400**	0.1257	40.4%
P242	0.010	80	0.0531	1.59	**400**	0.1257	42.3%
P243	0.010	80	0.0554	1.61	**400**	0.1257	44.1%
P244							
P245							
P246							
P247	0.010	75	0.5465	3.24	**1000**	0.7854	69.6%

Opera		*Caratteristiche aree scolanti*											*Volumi e portate di progetto*				
Opera	L_{opera}	Prg.	$S_{IMP.}$	$S_{PERM.}$	$t_{accesso}$	v	$L_{percorso}$	t = L/v	ta + t	ta + t	h	$A_{piattaf.}$	V_p	k_d	V_d	Q_P	Q_P
	(m)	*(m)*	*(m^2)*	*(m^2)*	*(min)*	*(m/s)*	*(m)*	*(min)*	*(min)*	*(ore)*	*(mm)*	*(m^2)*	*(m^3)*	*(-)*	*(m^3)*	*(m^3/s)*	*(l/s)*
P138	**20**	-	140	0	5.0	0.88	**20**	0.38	5.38	0.0897	19.96	**140**	2.79	0.90	2.51	**0.008**	7.8
P139	**20**	-	140	0	5.0	1.04	**40**	0.64	5.64	0.0940	20.53	**280**	5.75	0.90	5.17	**0.015**	15.3
P140	**20**	-	140	0	5.0	1.14	**60**	0.87	5.87	0.0979	21.02	**420**	8.83	0.90	7.95	**0.023**	22.5
P141	**20**	-	140	0	5.0	1.22	**80**	1.09	6.09	0.1015	21.47	**560**	12.02	0.90	10.82	**0.030**	29.6
P142	**20**	-	140	0	5.0	1.29	**100**	1.29	6.29	0.1049	21.89	**700**	15.32	0.90	13.79	**0.037**	36.5
P143	**20**	-	140	0	5.0	1.35	**120**	1.49	6.49	0.1081	22.28	**840**	18.72	0.90	16.85	**0.043**	43.3
P144	**20**	-	140	0	5.0	1.39	**140**	1.67	6.67	0.1112	22.66	**980**	22.21	0.90	19.99	**0.050**	49.9
P145	**31**	-	217	0	5.0	1.46	**171**	1.95	6.95	0.1159	23.22	**1197**	27.79	0.90	25.01	**0.060**	60.0
P146	**20**	-	250	0	5.0	0.78	**18**	0.38	5.38	0.0897	19.97	**250**	4.99	0.90	4.49	**0.014**	13.9
P147	**17**	-	250	0	5.0	0.92	**35**	0.63	5.63	0.0938	20.50	**500**	10.25	0.90	9.23	**0.027**	27.3
P148	**19**	-	80	0	5.0	1.23	**190**	2.57	7.57	0.1262	24.41	**1777**	43.38	0.90	39.04	**0.086**	85.9
P149	**17**	-	137	0	5.0	1.25	**207**	2.76	7.76	0.1293	24.76	**1914**	47.40	0.90	42.66	**0.092**	91.7
P150	**32**	-	511	0	5.0	0.93	**32**	0.57	5.57	0.0929	20.38	**511**	10.41	0.90	9.37	**0.028**	28.0
P151	**13**	-	470	0	5.0	1.39	**220**	2.64	7.64	0.1273	24.54	**2895**	71.04	0.90	63.94	**0.140**	139.5
P152	**23**	-	600	0	5.0	0.97	**23**	0.39	5.39	0.0899	19.99	**600**	11.99	0.90	10.79	**0.033**	33.3
P153	**19**	-	300	0	5.0	1.42	**239**	2.80	7.80	0.1300	24.85	**3195**	79.39	0.90	71.45	**0.153**	152.6
P154	**30**	-	0	0	5.0	1.42	**269**	3.17	8.17	0.1361	25.53	**3195**	81.57	0.90	73.42	**0.150**	149.8
P155	**55**	-	0	6415	5.0	1.70	**55**	0.54	5.54	0.0923	20.30	**6415**	130.23	0.50	65.11	**0.196**	196.0
P156	**90**	-	0	4528	5.0	2.08	**359**	2.88	7.88	0.1313	25.00	**14138**	353.40	0.59	208.64	**0.441**	441.3
P157	**52**	-	0	4823	5.0	2.20	**411**	3.12	8.12	0.1353	25.43	**18961**	482.26	0.57	273.63	**0.562**	562.0
P158	**66**	-	0	2717	5.0	2.24	**477**	3.54	8.54	0.1424	26.21	**21678**	568.26	0.56	317.63	**0.620**	619.8
P159	**13**	-	0	0	5.0	2.24	**490**	3.64	8.64	0.1440	26.39	**21678**	572.18	0.56	319.82	**0.617**	616.8
P160	**20**	-	1752	0	5.0	2.88	**510**	2.96	7.96	0.1326	25.14	**42769**	1075.06	0.71	764.10	**1.601**	1600.9
P161	19	-	0	239	5.0	0.61	**19**	0.52	5.52	0.0920	20.27	**239**	4.84	0.90	4.36	**0.013**	13.2
P162	**16**	-	0	2166	5.0	2.90	**526**	3.02	8.02	0.1337	25.26	**45174**	1140.97	0.70	800.55	**1.664**	1663.7
P300	**100**	-	704	0	5.0	3.82	**626**	2.73	7.73	0.1289	24.72	**87211**	2156.08	0.73	1576.51	**3.397**	3397.2

Verifica in moto uniforme - Canaletta trapezia							
i_{min}	$k_{Str.}$	A	v	y_{max}	Ωtot	A/Ωtot	
(-)	*($m^{1/3}$/s)*	*(m^2)*	*(m/s)*	*(mm)*	*(m^2)*	*(-)*	
0.005	60	0.0217	0.61	**300**	0.0707	30.7%	

Verifica in moto uniforme - Canaletta rettangolare															
y	L	i	b	B [SX]	B [DX]	B	A	v	Q	Qc	Fr	v^2/2g	$\mathfrak{R}$	Franco	ΔQ
(m)	*(m)*	*(m/km)*	*(m)*	*(m)*	*(m)*	*(m)*	*(m^2)*	*(m/s)*	*(m^3/s)*	*(m^3/s)*	*(-)*	*(m)*	*(m)*	*(m)*	*(m^3/s)*
0.23	**0.50**	10	0.500	0.231	0.231	0.962	0.115	1.70	**0.197**	0.174	1.132	0.148	0.120	0.27	**-0.001**
0.35	**0.60**	10	0.600	0.351	0.351	1.301	0.210	2.08	**0.437**	0.390	1.120	0.220	0.162	0.25	**0.004**
0.43	**0.60**	10	0.600	0.426	0.426	1.452	0.256	2.20	**0.562**	0.522	1.076	0.246	0.176	0.17	**0.000**
0.46	**0.60**	10	0.600	0.460	0.460	1.520	0.276	2.24	**0.620**	0.587	1.057	0.257	0.182	0.14	**0.000**
0.46	**0.60**	10	0.600	0.458	0.458	1.517	0.275	2.24	**0.617**	0.583	1.058	0.256	0.181	0.14	**0.000**
0.56	**1.00**	10	1.000	0.557	0.557	2.113	0.557	2.88	**1.601**	1.301	1.231	0.422	0.263	0.44	**0.000**
0.57	**1.00**	10	1.000	0.573	0.573	2.146	0.573	2.90	**1.664**	1.359	1.224	0.429	0.267	0.43	**0.000**

Verifica in moto uniforme - Sezione circolare							
i_{min}	$k_{Str.}$ ($m^{1/3}$/s)	A	v	D	Ωtot	Ω	
(-)		*(m^2)*	*(m/s)*	*(mm)*	*(m2)*	*(-)*	
0.010	80	0.0089	0.88	**300**	0.0707	12.6%	
0.010	80	0.0147	1.04	**300**	0.0707	20.8%	
0.010	80	0.0197	1.14	**300**	0.0707	27.9%	
0.010	80	0.0242	1.22	**300**	0.0707	34.2%	
0.010	80	0.0283	1.29	**300**	0.0707	40.1%	
0.010	80	0.0322	1.35	**300**	0.0707	45.5%	
0.010	80	0.0358	1.39	**300**	0.0707	50.6%	
0.010	80	0.0411	1.46	**400**	0.1257	32.7%	
0.005	80	0.0178	0.78	**300**	0.0707	25.2%	
0.005	80	0.0295	0.92	**300**	0.0707	41.8%	
0.005	80	0.0698	1.23	**400**	0.1257	55.5%	
0.005	80	0.0732	1.25	**500**	0.1963	37.3%	
0.005	80	0.0301	0.93	**300**	0.0707	42.6%	
0.005	80	0.1004	1.39	**500**	0.1963	51.1%	
0.005	80	0.0343	0.97	**300**	0.0707	48.5%	
0.005	80	0.1074	1.42	**500**	0.1963	54.7%	
0.005	80	0.1059	1.42	**500**	0.1963	53.9%	
0.010	75	0.8903	3.82	**1200**	1.1310	78.7%	