

PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



PROGETTO DEFINITIVO ALTERNATIVE AI SITI DI DEPOSITO

(Richieste CTVA del 22/12/2011 Prot. CTVA/2011/4534 e del 16/03/2012 Prot. CTVA/2012/1012)

EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A.

SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A.

COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L.

SACYR S.A.U.

ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD

A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE

IL PROGETTISTA
ATI PRO-GLOBAL
Ing. B. Polifroni n° A1845
Arch. S. Fedele n° 274

IL CONTRAENTE GENERALE
PROJECT MANAGER
(Ing. P.P. Marcheselli)

STRETTO DI MESSINA
Direttore Generale
Ing. G. Fiammenghi

STRETTO DI MESSINA
Amministratore Delegato
Dott. P.Ciucci



Ing. E. Pagani
Ordine Ing. Milano n° 15408

Firmato digitalmente ai sensi dell' "Art.21 del D.Lgs. 82/2005"

CZV0708_F0

<i>Unità Funzionale</i>	COLLEGAMENTI VERSANTE CALABRIA
<i>Tipo di sistema</i>	CANTIERI
<i>Raggruppamento di opere/attività</i>	SITI DI RECUPERO AMBIENTALE E PRODUZIONE INERTI
<i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i>	SITI DI RECUPERO AMBIENTALE
<i>Titolo del documento</i>	CRAS – BIZZOLA - RELAZIONE IDROLOGICA IDRAULICA

CODICE

C G 1 4 0 0 P R I V C C Z C 4 S D 2 3 0 0 0 0 0 1 F 0

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	08/06/2012	EMISSIONE FINALE	A. D'AGOSTINO	F. FEDELE	S. FEDELE

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD23000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

INDICE

INDICE	3
RELAZIONE IDRAULICA.....	5
1 CARATTERISTICHE DELL'OPERA	5
2 STATO DEI LUOGHI	7
3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDRAULICO	7
3.1 Caratteristiche geologiche e di permeabilità del sito.....	7
4 CARATTERISTICHE DELL'AREA ANTE E POST OPERAM.....	11
4.1 Caratteristiche ante operam.....	11
4.2 Caratteristiche post operam.....	11
5 METODI DI CALCOLO	11
5.1 Dati di pioggia	11
5.2 Tempo di corrivazione.....	16
5.3 Descrizione del sistema di regimazione idraulica	18
5.4 Portate di piena.....	19
5.5 Verifiche idrauliche.....	22

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD23000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

RELAZIONE IDRAULICA

La presente relazione è relativa alla verifica di compatibilità idraulica di tutte le opere necessarie a salvaguardare dagli effetti prodotti dalle acque di pioggia, un sito di deposito di materiale inerte, a sua volta proveniente dalle attività di scavo e demolizione strettamente legate alla costruzione del Ponte sullo Stretto di Messina.

Nei paragrafi che seguono, si illustrano, oltre alle caratteristiche delle opere, le metodologie di calcolo adottate e le conseguenti verifiche idrauliche.

1 CARATTERISTICHE DELL'OPERA

Il presente studio riguarda un'area destinata a deposito definitivo di materiale inerte classificato come "terre e rocce da scavo" ai sensi del D. Lgs. 152/2006 proveniente dalle lavorazioni inerenti la costruzione del Ponte sullo Stretto di Messina. Tale area, denominata "C.da Bizzola", zona rurale del comune di Seminara (RC), veniva un tempo utilizzata come cava di argilla e ad oggi versa in stato di abbandono e degrado.

L'area in esame, che si trova alla quota media di 160 metri slm, ha un'estensione pari a circa 20.200 m² ed il deposito in progetto avrà una capacità di circa 240.000 m³ di materiale. L'area interessata dall'intervento ricade catastalmente nel foglio 23 del comune di Seminara (RC) e risulta essere attualmente intestata ai privati che hanno effettuato l'esercizio della cava (da tempo dismessa), ma che successivamente non hanno provveduto al ripristino ambientale degli scavi effettuati.

Il deposito è stato progettato a carattere definitivo a seguito delle valutazioni di fattibilità, svolte sia sotto il profilo tecnico che di idoneità da un punto di vista ambientale, tenuto conto delle esigenze di rispetto delle importanti tutele sotto il profilo delle risorse naturali. La fattibilità ambientale è stata quindi principalmente valutata sulla base dei vincoli, delle relazioni con l'edificato residenziale e delle pressioni rispetto al grado di naturalità e di uso del suolo.

Su un fianco Est della parete di scavo è attualmente presente una profonda incisione: ai soli fini del recupero paesaggistico è stata prevista la riprofilatura di tale versante con materiale proveniente dal posto.

A lavori ultimati, cioè quando le aree precedentemente scavate saranno ricolmate ed il terreno rimodellato all'incirca secondo la conformazione naturale originaria, si sarà ottenuto il duplice obiettivo di restituire una grande superficie all'ambiente naturale e alla collettività per gli usi idonei (agricoltura, pascolo, ecc), e a ricreare quel caratteristico paesaggio che è stato deturpato e

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD23000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

lasciato in abbandono ormai da diversi decenni.



Figura 1.1 – Stato di fatto



Figura 1.2 – Stato di fatto

In base alla cartografia e ai rilievi celerimetrici disponibili, nonché al rilievo celerimetrico di dettaglio appositamente effettuato in questa fase progettuale, unitamente alle informazioni di carattere ambientale desunti da sopralluoghi effettuati e alle informazioni di carattere bibliografico acquisite, anche dedotte dalla consultazione della Carta Geologica d'Italia - scala 1:25.000, ed infine, anche grazie alle indagini geognostiche mirate, effettuate specificatamente per l'occasione (i cui risultati sono allegati agli atti progettuali), è stata chiarita la situazione geologica di superficie, definiti i caratteri geomorfologici dei siti interessati, la vincolistica e le modalità operative degli interventi tecnici da realizzare.

Dal punto di vista generale, il progetto del deposito in esame è articolato come segue:

- Studio delle principali caratteristiche geomorfologiche, idrologiche ed idrogeologiche del sito,

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD23000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

che deve essere adibito a deposito permanente di materiali in esubero derivante da scavi in gallerie, trincee, fondazioni e similari;

- Studio della sistemazione post intervento, mediante regimazione idraulica, opere di stabilizzazione del rilevato, opere di sistemazione e mitigazione ambientale, interventi di ripristino morfologico e vegetazionale;
- Progettazione della viabilità di accesso al deposito in esame.

In base alla cartografia e ai rilievi celerimetrici disponibili, nonché al rilievo celerimetrico di dettaglio appositamente effettuato in questa fase progettuale, unitamente alle informazioni di carattere ambientale desunti da sopralluoghi effettuati e alle informazioni di carattere bibliografico acquisite, anche dedotte dalla consultazione della Carta Geologica d'Italia - scala 1:25.000, ed infine, anche grazie alle indagini geognostiche mirate, effettuate specificatamente per l'occasione (i cui risultati sono allegati agli atti progettuali), è stata chiarita la situazione geologica di superficie, definiti i caratteri geomorfologici dei siti interessati, la vincolistica e le modalità operative degli interventi tecnici da realizzare.

2 STATO DEI LUOGHI

Come evidenziato dalle figure 1.1 e 1.2, le attuali condizioni in cui versa il sito di interesse sono tali da farlo apparire come un'area in completo stato di abbandono, invasa lateralmente da vegetazione, e caratterizzata da un'estensione complessiva di circa 22.600 m².

Allo stato, le acque di pioggia che interessano l'area delimitata dalle scarpate, che di fatto costituisce il bacino imbrifero, tendono ad alimentare l'attuale invaso sia per ruscellamento laterale, sia per caduta diretta. A sistemazione avvenuta si provvederà ad incanalare le acque di pioggia entro opportuni fossi di guardia, i quali avranno il compito di intercettare anche l'aliquota proveniente da monte e di convogliarla, assieme alla quota parte di competenza del deposito, verso un canale naturale denominato Fosso Carra.

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDRAULICO

3.1 Caratteristiche geologiche e di permeabilità del sito

L'area esaminata si trova sul fianco occidentale di un rilievo collinare orientato in direzione NE -

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD23000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

SW, soggetta in passato ad un'intensa attività estrattiva che ha profondamente modificato l'originario assetto morfologico. Nella situazione attuale si riscontra un piazzale subpianeggiante che si estende per circa 2 ettari, tra la strada provinciale per Seminara e il piede della scarpata artificiale che delimita verso monte l'area di scavo. La scarpata ha un'altezza variabile fino a circa 15 m ed un'inclinazione che varia fra 35° e 50° circa; l'assetto geostatico risulta tendenzialmente instabile ed alcuni settori sono oggetto di dissesti franosi, dilavamento ed erosione provocata dal ruscellamento delle acque piovane. Tali fenomeni comportano un lento ma costante arretramento del ciglio della scarpata, che rischia di compromettere la stabilità di due tralicci dell'alta tensione posti sulla sommità del rilievo.



Figura 3-1 – Scarpata con scavo in abbandono

Ai fini dell'analisi della circolazione idrica sotterranea, nell'area interessata sono presenti i seguenti complessi idrogeologici a permeabilità primaria per porosità:

- *Complesso delle argille sabbiose (Pa^{2-3})*

Dalle aree poste a monte del sito interessato si registrano afflussi di acqua piovana di ruscellamento, che contribuiscono alla massima portata che interessa l'intero sito.

In conclusione, il sito indicato per l'ubicazione della discarica di materiale inerte presenta le seguenti caratteristiche:

- La configurazione topografica del territorio deriva dai lavori di scavo per l'estrazione di argilla destinata alla produzione di laterizi.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD23000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

- Il lavori di scavo hanno creato un'ampia superficie pianeggiante delimitata verso monte da una scarpata molto inclinata con altezze variabili fino a circa 15 m.
- La scarpata di scavo appare tendenzialmente instabile ed è soggetta ad arretramento, causato dai dissesti franosi superficiali e dal dilavamento delle acque piovane.

Il quadro che emerge a conclusione di questa fase preliminare di indagine, è quello di un'area a forte degrado antropico causato dai lavori di estrazione dell'argilla, in cui non è stato attuato alcun piano di recupero ambientale.

Dal punto di vista geologico non vi sono fattori che pregiudicano la fattibilità dell'intervento.

A lavori ultimati, con l'abbancamento del materiale inerte verrà nettamente migliorata la stabilità globale dell'area considerata: i parametri geotecnici, per i quali si rimanda all'apposita relazione, confermano che il sito è idoneo alla realizzazione dell'opera e sono stati utilizzati nei calcoli di verifica dell'opera.

La sovrapposizione dell'area in oggetto con le carte di rischio idraulico e rischio frana del Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Calabria, non ha evidenziato interferenze con le aree di attenzione, tantomeno la presenza di vincoli di tipo geomorfologico e di pericolosità idraulica e di esondazione.

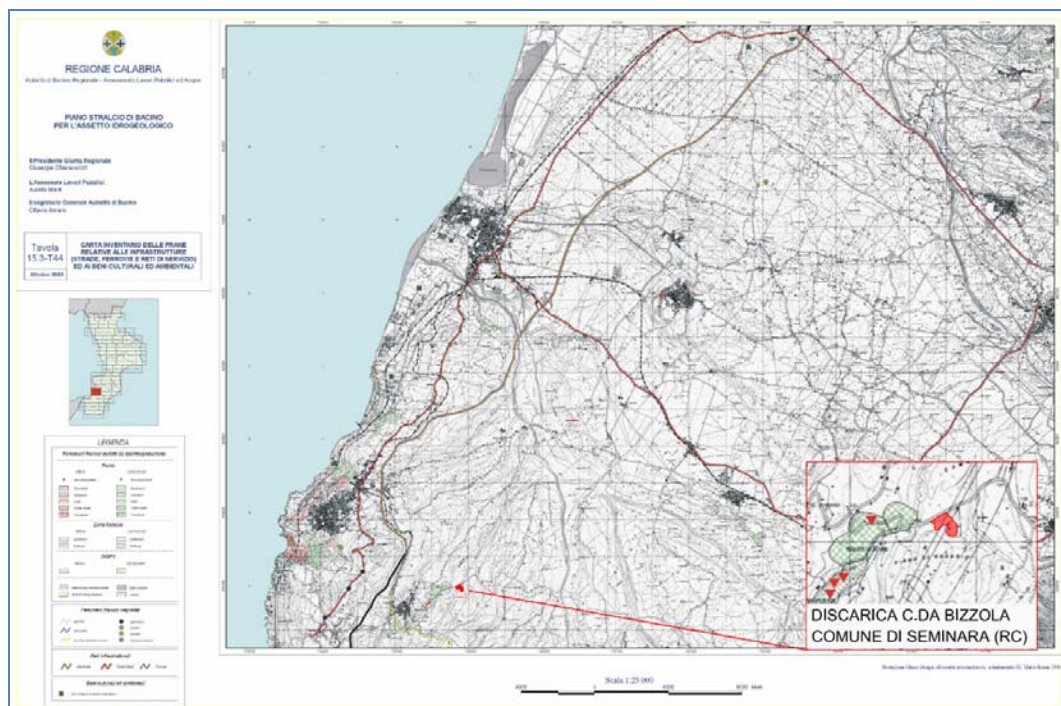


Figura 3.1 - Rischio frana (fonte P.A.I.)

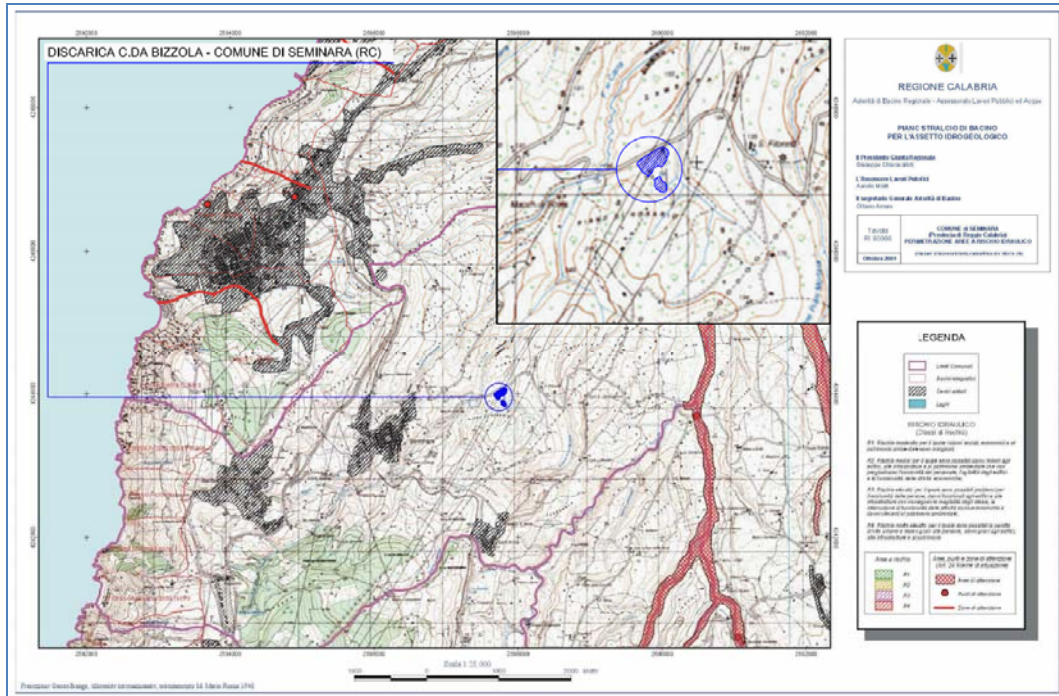


Figura 3.2 - Rischio idraulico (fonte P.A.I.)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD23000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

4 CARATTERISTICHE DELL'AREA ANTE E POST OPERAM

4.1 Caratteristiche ante operam

Il sito d'interesse è rappresentato da un'area in abbandono e degrado in passato utilizzata come cava di estrazione. L'area si presenta quindi con una imponente parete di scavo sub-verticale di altezza massima pari a 18 m, che gradatamente tende a zero nella parte di cava prospiciente la strada di ingresso e che delimita un'ampia area pianeggiante di circa due ettari.

4.2 Caratteristiche post operam

Il sito prescelto andrà a soddisfare la necessità di deposito definitivo di parte del materiale, classificato come "terre e rocce da scavo" ai sensi del D. Lgs. 152/2006, in esubero dalle lavorazioni per la costruzione del Ponte sullo Stretto.

Terminata la fase di stoccaggio dei materiali si procederà alla sistemazione ambientale e paesaggistica del deposito definitivo mirando al ripristino delle destinazioni d'uso, e migliorandone, ove possibile, densità e caratteristiche vegetazionali in relazione al contesto pedoclimatico in cui si inserisce l'area.

Da un punto di vista operativo si procederà a riempire l'area dal basso, disponendo il materiale in modo da formare scarpate di adeguata inclinazione (in base alle caratteristiche dei materiali stoccati) che raccordino i cigli delle pareti attualmente instabili al piano di campagna originario.

5 METODI DI CALCOLO

5.1 Dati di pioggia

Per ottenere la stima della portata di piena, da utilizzare sia a base del calcolo di progetto e verifica delle opere di smaltimento, si è utilizzata una metodologia, basata su un modello afflussi-deflussi, che utilizza dati di pioggia raccolti alle stazioni pluviografiche ritenute quelle maggiormente rappresentative e influenti sull'area in esame, per caratterizzare le curve di probabilità pluviometrica relative a diversi tempi di ritorno.

Dalle altezze di pioggia, depurate delle perdite tramite il metodo del curve number, si determina quindi la portata e la portata specifica tramite l'utilizzo della classica formula razionale.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD23000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

I punti di partenza per tale procedura sono:

- i dati morfologici caratterizzanti la superficie scolante, in termini di quote, area, lunghezza dell'asta
- le formule adottate per il calcolo del tempo di corrivazione.

Per lo studio delle piogge brevi ed intense aventi incidenza sull'area in esame è stata applicata l'analisi statistica diretta sui campioni di pioggia desunti dagli Annali Idrologici del Servizio Idrografico. Le stazioni dotate di pluviografo registratore più vicine all'area d'interesse, tutte afferenti al bacino denominato Petrace, sono risultate quella di Cittanova (RC), Oppido Mamertina (RC), Santa Cristina d'Aspromonte (RC) e Sinopoli (RC). Solo in due casi, riferiti rispettivamente alle osservazioni condotte negli anni 2002 e 2003, sono state utilizzate le osservazioni registrate al pluviografo di Palmi (RC).

Sono state pertanto acquisite le serie storiche delle precipitazioni relative alle durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore registrate al pluviografo.

Tali serie sono costituite dalle osservazioni dal 1935 al 2005, per complessive 67 serie di dati, mancando qualche serie intermedia.

I dati di pioggia disponibili relativi ai massimi annuali di durata caratteristica sono riportati nella tabella seguente.

Anno	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore	Bacino	Stazione
1935	36.5	64.5	82.6	110	151.4	Petrace	Cittanova
1936	44	81	108	147.5	216	Petrace	Oppido M.
1937	24.2	39.8	43.6	60.4	62.6	Petrace	Oppido M.
1938	25.6	30	43	76	118.2	Petrace	Oppido M.
1939	48	59.4	71.4	100.4	125.2	Petrace	Oppido M.
1940	32.4	62	82	83.8	159.6	Petrace	Cittanova
1941	15.4	21	35.2	40.2	52.6	Petrace	Oppido M.
1942	23.8	33.8	60	68	85.8	Petrace	Oppido M.
1943	69.3	94.3	97.6	129.1	132.4	Petrace	Sinopoli
1944	37	83	91.8	107.4	113.4	Petrace	S. Cristina d'Aspr.
1945	38	68	132	192.6	193.8	Petrace	S. Cristina d'Aspr.
1946	36	87	156	284	388	Petrace	S. Cristina d'Aspr.
1947	37	49	54.6	60	75.8	Petrace	Cittanova
1948	47.4	91.2	91.4	91.4	91.4	Petrace	Oppido M.
1949	16.8	40	60	71	128.2	Petrace	Oppido M.
1950	22	54	86	131	167.4	Petrace	S. Cristina d'Aspr.
1951	47	110	220	359.6	637.8	Petrace	S. Cristina d'Aspr.
1952	33	37.4	55.6	92.6	110.8	Petrace	S. Cristina d'Aspr.
1953	48	88	136	174	209	Petrace	S. Cristina d'Aspr.
1954	22	37	55	85	145.6	Petrace	S. Cristina d'Aspr.
1955	30	60	120	169	176	Petrace	S. Cristina d'Aspr.
1956	35	70	113	160	261	Petrace	S. Cristina d'Aspr.
1957	50	81	137	200	247	Petrace	S. Cristina d'Aspr.
1958	29	43	65	89.4	114.8	Petrace	Cittanova
1959	60	135	228	382.8	398.6	Petrace	S. Cristina d'Aspr.
1960	40	54	77.4	84.8	119.6	Petrace	S. Cristina d'Aspr.
1961	23	39	57	86.8	92.2	Petrace	Sinopoli
1962	45	129.8	213.4	249	249.2	Petrace	S. Cristina d'Aspr.
1964	76.4	82.2	90	132	151	Petrace	S. Cristina d'Aspr.
1966	27	40.6	58	68	117	Petrace	S. Cristina d'Aspr.
1967	25	41	53.8	62.2	86.8	Petrace	S. Cristina d'Aspr.
1968	28.2	31.6	52	57.8	108.6	Petrace	S. Cristina d'Aspr.
1969	18	28.2	42	51.4	64	Petrace	Sinopoli
1970	15.4	35	58	94	123	Petrace	S. Cristina d'Aspr.
1971	14.4	33	54	77.6	140.4	Petrace	S. Cristina d'Aspr.
1972	23	42.4	74	123	169	Petrace	Cittanova
1973	34.4	73.4	120.6	222.6	295	Petrace	Cittanova
1974	20.6	28	47.4	71	83.2	Petrace	Sinopoli
1975	25.2	37.4	53.4	65.6	87	Petrace	Cittanova
1977	28	30	31	44.8	66.2	Petrace	Cittanova
1978	11.6	28.8	43.8	69.8	70.6	Petrace	Sinopoli
1980	33.4	78.4	132.8	191.2	199.8	Petrace	S. Cristina d'Aspr.
1981	22	30.4	33.6	34.4	56.6	Petrace	Sinopoli
1982	18.8	36.4	59.4	112	153	Petrace	Cittanova
1983	32.4	75.8	108.2	143.4	171.2	Petrace	S. Cristina d'Aspr.
1984	25.2	47.4	63.2	77.4	124.2	Petrace	Cittanova
1985	14.8	31	51.8	71	97.2	Petrace	Sinopoli
1986	19	29.6	39.2	56	71.8	Petrace	Sinopoli
1987	16.2	36.2	53.2	81.4	97.2	Petrace	Cittanova
1988	47.6	78.4	94.2	113.8	150.3	Petrace	Sinopoli
1989	15.4	25	32.6	45.2	56	Petrace	Cittanova
1990	24	52.6	62.6	75.2	99.2	Petrace	Sinopoli
1991	16.4	37	48.2	58	70	Petrace	Cittanova
1992	19.6	34.6	57.6	100	174	Petrace	S. Cristina d'Aspr.
1993	41.8	79.2	113.8	176.6	254.4	Petrace	S. Cristina d'Aspr.
1994	23	44.2	62.8	97.2	110.4	Petrace	S. Cristina d'Aspr.
1995	22.4	33.8	47.6	71.6	77.4	Petrace	S. Cristina d'Aspr.
1996	97.2	160.6	185.4	226.6	279.2	Petrace	S. Cristina d'Aspr.
1997	31.8	37.8	53.6	67	67.2	Petrace	S. Cristina d'Aspr.
1998	37.6	45.2	45.2	45.2	45.2	Petrace	S. Cristina d'Aspr.
1999	26.4	43.8	75.8	108.4	145.8	Petrace	S. Cristina d'Aspr.
2000	29.2	49	73.2	143.4	258	Petrace	S. Cristina d'Aspr.
2001	33.4	47	68	85.2	111.4	Petrace	S. Cristina d'Aspr.
2002	26.8	38.2	49	49.8	76.6	Petrace	Palmi
2003	28.6	34	38	53.8	64.4	Petrace	Palmi
2004	81.8	168.8	219.6	224.8	237.8	Petrace	S. Cristina d'Aspr.
2005	24.6	34.2	59.4	96.4	156.4	Petrace	Sinopoli

Tabella 5.1.1 - Serie dei massimi annuali delle altezze di pioggia (mm) di durata caratteristica

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD23000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

La regolarizzazione dei dati di pioggia delle stazioni pluviometriche sopra riportate è stata svolta mediante elaborazione statistica con distribuzione di probabilità di Gumbel, espressa dalla legge seguente:

$$P(h) = e^{-e^{-\alpha(h-\beta)}}$$

dove

$$\alpha = 1,283/\sigma$$

$$\beta = M-0,577/\sigma$$

sono i parametri caratteristici della distribuzione valutati con il metodo dei momenti a partire dalla media M e dallo scarto quadratico medio σ del campione. Fissato il tempo di ritorno T dell'evento meteorico, legato alla probabilità di non superamento P dall'espressione

$$P = 1 - \frac{1}{T}$$

si determinano, una volta calcolati i parametri α e β per ciascun campione di durata caratteristica, i corrispondenti quantili h, mediante esplicitazione della relazione precedentemente citata.

Il dettaglio delle elaborazioni statistiche sopra descritte viene riportato negli schemi seguenti.

Elaborazioni statistiche di Gumbel					
	T=1 ora	T=3 ore	T=6 ore	T=12 ore	T=24 ore
$M = \frac{\sum h_i}{N}$	25.51045	45.4597	67.1791	94.94328	124.7776
$\sum X^2$	12258.85	44345.97	121823.8	319913.6	591804.7
$\sigma = \sqrt{\frac{\sum X^2}{N-1}}$	13.62865	25.9212	42.96295	69.62166	94.69286
Media della variabile ridotta	0.554	0.554	0.554	0.554	0.554
Scarto quadratico medio variabile ridotta	1.1913	1.1913	1.1913	1.1913	1.1913
Moda	19.1726	33.40535	47.19969	62.56655	80.74181
Alpha	11.44015	21.75875	36.06392	58.44175	79.487

Tabella 5.1.2 - Valori caratteristici delle elaborazioni statistiche

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD23000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

Precipitazioni regolarizzate						
Tempo di ritorno (anni)	T=1 ora	T=3 ore	T=6 ore	T=12 ore	T=24 ore	Legge di pioggia
20	53.15208	98.03309	154.3166	236.15	316.8337	$h=53.52 \cdot t^{0.5752}$
50	63.81137	118.3067	187.9189	290.6027	390.8952	$h=64.13 \cdot t^{0.5847}$
100	71.799	133.4989	213.0991	331.4073	446.3939	$h=72.09 \cdot t^{0.5898}$
200	79.75749	148.6356	238.1874	372.0631	501.69	$h=80.02 \cdot t^{0.5938}$

Tabella 5.1.3 - Altezze di pioggia in mm per i vari tempi di ritorno e varie durate dell'evento

Per caratterizzare le relative curve di possibilità pluviometrica è stata scelta una relazione del tipo monomia a due parametri:

$$h_{Tr}(t) = a_{Tr} t^n$$

in cui:

- $h_{Tr}(t)$ è l'altezza di pioggia in mm caduta nell'intervallo t con tempo di ritorno Tr ;
- a_{Tr} è l'altezza della pioggia oraria t con tempo di ritorno Tr ;
- n è un esponente numerico.

Nel caso in esame, considerata l'importanza dell'intervento, legata principalmente al fatto che un determinato quantitativo di materiale deve essere messo a dimora, e che pertanto la stabilità del rilevato ottenuto a sistemazione avvenuta deve essere garantita anche nei confronti di fenomeni di ruscellamento superficiale, quindi legati all'entità della portata massima defluente, per la determinazione della portata defluente si è ritenuto plausibile scegliere un tempo di ritorno piuttosto cautelativo, e precisamente pari a 200 anni. Il grafico seguente evidenzia la curva di probabilità pluviometrica, corrispondente al tempo di ritorno scelto a base della stima della portata.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD23000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

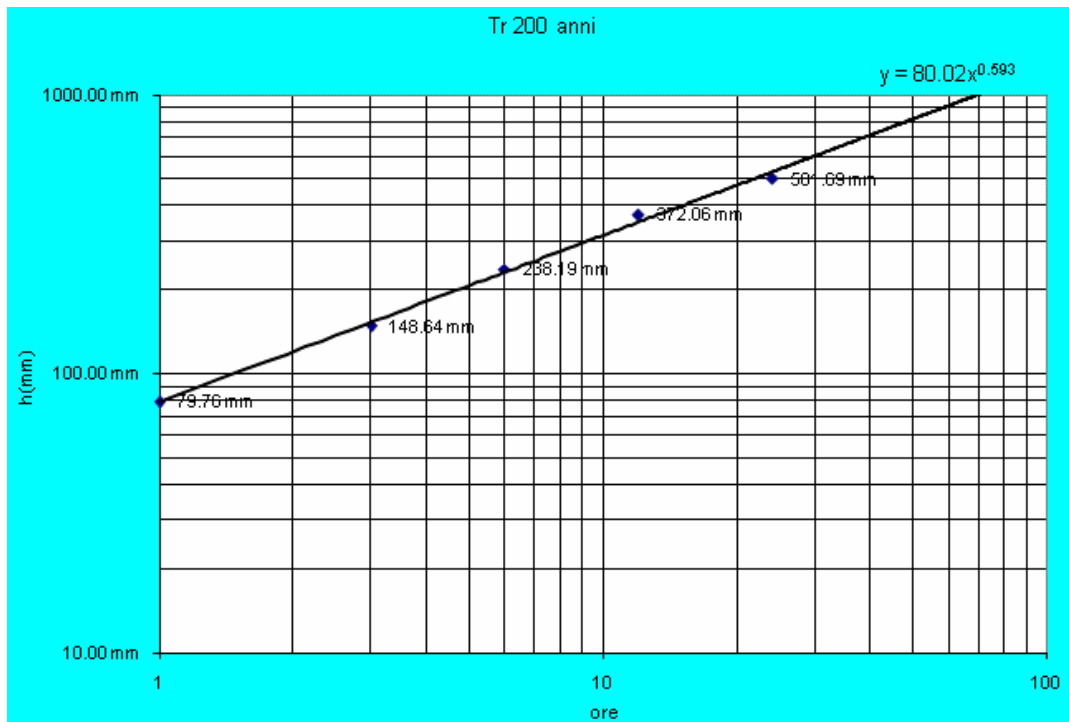


Figura 5.1.4 - Curva di possibilità pluviometrica con T_r 200 anni

5.2 Tempo di corrivazione

Il calcolo del tempo di corrivazione, t_c , si rende necessario in quanto con esso si individua la durata dell'evento di precipitazione critico per la superficie scolante. La sua stima può essere effettuata utilizzando una delle diverse formulazioni empiriche o semi-empiriche che ne correlano il valore a caratteri morfologici del bacino idrografico. La scelta della formula per il calcolo del tempo di corrivazione è uno dei momenti critici dello studio idrologico. Infatti, questo parametro è di tipo soggettivo e quindi la sua definizione è legata all'esperienza del progettista, che potrà avvalersi anche di quanto presente in letteratura o raccomandato dall'Autorità di Bacino, tenendo presente che una sottostima del tempo di corrivazione tenderà a fornire delle portate di maggior valore e viceversa.

Nell'ambito del presente studio, si è fatto l'uso della formulazione empirica, ritenuta la più adatta al caso specifico, vale a dire la formulazione di Giandotti, la cui espressione è di seguito riportata:

$$T_c = [(4 \cdot \sqrt{A}) + (1,5 \cdot L)] / (0,8 \cdot \sqrt{H_m})$$

I simboli sopra riportati assumono i seguenti significati:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD23000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

- A = superficie bacino (kmq)
- L = lunghezza asta principale (km)
- Hm = altitudine media bacino (m)

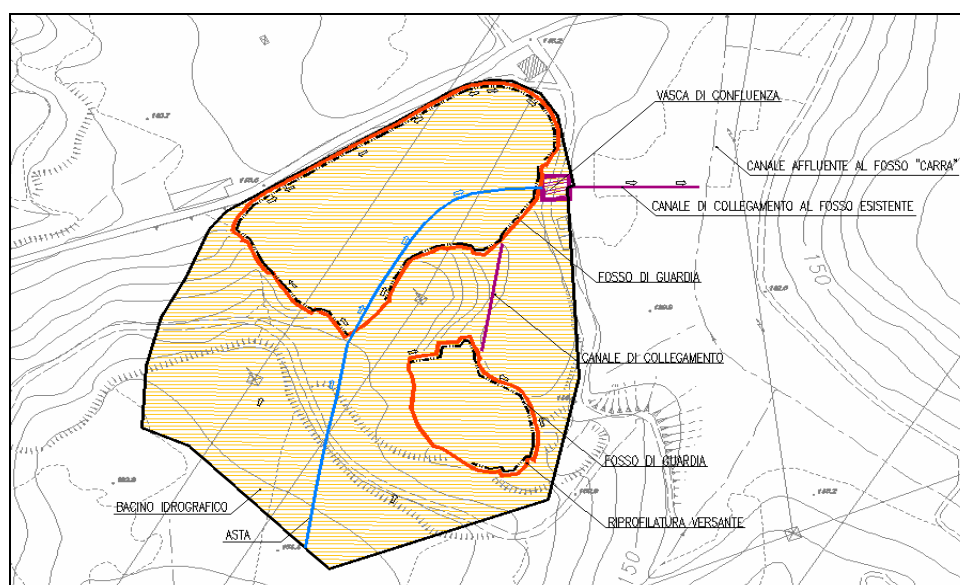


Figura 5.2.1 - Corografia del bacino idrografico

Per poter stimare il tempo di corrivazione, sono stati ricavati gli elementi morfologici caratterizzanti il bacino idrografico, mediante l'ausilio di sistemi di analisi spaziale di dati georiferiti. Si è tenuto conto della conformazione che il deposito assumerà a sistemazione avvenuta, caratterizzata da un riempimento con materiale inerte sistemato a degradare da monte verso valle, stabilizzato grazie alla configurazione finale con scarpate inclinate e banche orizzontali, nonché della porzione di superficie posta a monte che contribuisce in maniera sostanziale alla portata di piena. Ciò ha portato ad individuare un'area di competenza del bacino di complessivi 0,055 km² di estensione, le cui caratteristiche morfologiche sono riassunte nella tabella seguente:

Bacino Adim.	A Km ²	H _{MAX} m	H _{MIN} m	L km
Discarica	0,055	180,00	150,00	0,300

Tabella 5.2.1 - Caratteristiche morfologiche del bacino idrografico

Dalla applicazione della formula di Giandotti citata, il tempo di corrivazione caratteristico per l'area in oggetto è risultato pari a:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD23000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

Superficie	Tc
(Adim)	(ore)
Discarica	0,45

Tabella 5.2.2 – Valore calcolato per il tempo di corrivazione

5.3 Descrizione del sistema di regimazione idraulica

Come desumibile dall'allegata Planimetria di Progetto, il sistema di regimazione idraulica è costituito da tutta una serie di elementi, in parte prefabbricati e in parte realizzati in opera, che insieme contribuiscono a convogliare le acque meteoriche, che interessano il deposito, dai punti più alti in quota sino al fosso Carra, consentendone il transito attraverso un canale esistente che sarà sottoposto ad un intervento di rivestimento.

Nell'illustrazione dettagliata di tale sistema di regimazione, non si terrà conto di un impianto di trattamento della porzione di portata meteorica che si infiltra negli strati inferiori, necessario per la natura degli inerti messi a dimora, di cui si dirà in seguito. Pertanto, gli elementi che costituiscono il sistema di regimazione idraulica sono elencati come segue:

- canalette prefabbricate in cls, disposte lungo le banche orizzontali che si ottengono a sistemazione avvenuta e precisamente ai piedi delle scarpate, atte a raccogliere le acque di ruscellamento che interessano le scarpate stesse;
- fossi di guardia in c.a. disposti lungo il perimetro del deposito, i quali intercettano le acque meteoriche provenienti sia dalle citate canalette prefabbricate disposte lungo le banche orizzontali, sia quelle provenienti dalla porzione di bacino imbrifero esterno al deposito;
- pozzetti di confluenza in c.a., atti a raccogliere le acque ad essi convogliate dai fossi di guardia;
- condotte interrato in PVC, attraverso le quali le acque meteoriche giungono al canale esistente, inteso come ricettore;
- un canale esistente da rivestire con l'ausilio di materassi tipo RENO, al quale giungerà la portata complessiva costituita dai contributi dell'impianto di regimazione descritto e dell'impianto di trattamento, quest'ultima per mezzo di un tratto di condotta interrato in PVC.

Ciascuno degli elementi or'anzi descritti, è stato oggetto di una verifica dedicata, avente quale obiettivo quello di determinarne il massimo grado di riempimento e di stabilire, quindi, se le

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD23000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

dimensioni delle sezioni trasversali, scelte in fase di progetto, consentano o no di smaltire l'intera portata di pioggia con un sufficiente grado di sicurezza. A tal proposito, per ciascun elemento considerato, è stata determinata un'aliquota dell'intera portata di pioggia, calcolata in funzione della porzione di bacino imbrifero cui è riferito. In particolare:

- le canalette di raccolta disposte lungo le banche orizzontali, sono state considerate sollecitate da una portata corrispondente alla porzione di bacino imbrifero rappresentata esclusivamente dalla superficie delle scarpate, in quanto le parti orizzontali rappresentate dalle stesse banche e dai piazzali di maggiore estensione superficiale, sono identificate nelle superfici scolanti che alimentano la portata di infiltrazione da inviare all'impianto di trattamento;
- i fossi di guardia laterali sono stati considerati sollecitati dalle portate di competenza della porzione di bacino di monte e delle canalette prefabbricate;
- le condotte interrata sono state considerate alimentate dalle portate di competenza dei fossi di guardia; il canale di recapito è stato verificato per la portata complessiva.

Considerata la varietà degli elementi da verificare, al fine di ottenere una stima più dettagliata delle singole portate, si è ritenuto opportuno determinare il tempo di corrivazione per le singole superfici scolanti, considerate come contributi all'intero bacino imbrifero, e successivamente sono state determinate le singole portate adottando la metodologia meglio descritta nel successivo paragrafo.

5.4 Portate di piena

Note le caratteristiche di sottobacini, contributo del bacino imbrifero complessivo, e i parametri delle curve di possibilità pluviometrica per fissato tempo di ritorno, per la determinazione della portata di piena si è ritenuto opportuno utilizzare il metodo semiempirico noto come Metodo razionale, basato su un semplice bilancio idrologico.

Con tale metodo si assume:

$$Q = 0,278*(C*Hc*A)/Tc$$

dove i simboli sopra riportati assumono i seguenti significati:

- C = coefficiente di deflusso
- Hc = altezza critica di pioggia per evento di durata Tc
- A = superficie del bacino
- Tc = tempo di corrivazione

La scelta del tempo di ritorno, a base del calcolo della portata di piena, è stata dettata dalla necessità di dimensionare adeguatamente le opere di protezione e di smaltimento idraulico per

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD23000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012	

come già descritto nell'apposito paragrafo. Al fine di ottenere valori tali da dimensionare in maniera cautelativa le opere citate, è stato scelto quale tempo di ritorno quello corrispondente a 200 anni. Quanto al coefficiente di deflusso, la sua scelta dipende essenzialmente dalle perdite che si devono tenere in conto nella trasformazione afflussi - deflussi. Le perdite idrologiche dipendono da molteplici fattori, quali:

- l'intercettazione, l'evaporazione e l'evapotraspirazione determinate dalla vegetazione;
- la ritenzione nelle depressioni superficiali;
- l'infiltrazione nelle superfici permeabili.

L'infiltrazione sulle aree permeabili o semipermeabili dei bacini è senz'altro il fenomeno quantitativamente più ragguardevole, mentre meno significativa, ma non sempre trascurabile, potendo raggiungere in alcuni casi l'entità di alcuni millimetri di pioggia, è la perdita che avviene sul bacino per l'immagazzinamento nelle depressioni superficiali del terreno, dalle quali l'acqua viene successivamente sottratta per evaporazione o infiltrazione.

Le perdite dovute all'intercettazione, all'evaporazione e all'evapotraspirazione risultano modeste nell'ambito dei singoli eventi di piena. Esse assumono invece maggiore importanza quando vengano considerati dei periodi di notevole durata comprendenti anche numerosi eventi di pioggia poco rilevanti. Ne consegue che in genere tali perdite non vengano considerate nell'ambito dei modelli di piena, mentre è opportuno che vengano tenute in conto quando si faccia riferimento a modelli completi.

Nel caso in esame, vista la natura delle superfici scolanti, considerato che, nelle condizioni di regime in cui lo stato del materiale posto a dimora si trova in completa saturazione l'intera superficie del bacino possa essere considerata praticamente impermeabile e che solo una minima parte delle acque di pioggia che la interessano subiranno processi di trasformazione, è apparso ragionevole assegnare al coefficiente di afflusso un valore pari a 0,82.

Dunque, al fine di ottenere la portata che sollecita ciascun elemento facente parte del sistema di regimazione idraulica, si è reso necessario definire le caratteristiche morfologiche di ciascuna delle sotto - superfici scolanti indagate. È opportuno precisare che la stima delle portate è stata eseguita nelle condizioni di maggiore sicurezza, cioè assegnando alle singole superfici scolanti appartenenti al medesimo gruppo le caratteristiche morfologiche che comportano i valori più elevati. A titolo di esempio, tra le superfici scolanti appartenenti al gruppo delle scarpate del materiale di deposito, è stata considerata quella di maggiore entità e che comporta il percorso più lungo che la particella liquida deve compiere sino a raggiungere la sezione di chiusura; i successivi valori di portata ottenuti sono stati assegnati a ciascuna superficie appartenente al gruppo. Le caratteristiche

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD23000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

morfologiche delle superfici scolanti sono riportate nella tabella seguente:

Sup. scolante Adim.	A Km ²	H _{MAX} m	H _{MIN} m	L km
Scarpate	0,0011	164,00	157,00	0,106
Area di competenza fossi	0,0145	184,00	143,00	0,274

Tabella 5.4.1 - Caratteristiche morfologiche delle sotto - superfici scolanti

Relativamente al fosso di guardia idraulicamente più sollecitato, la superficie scolante complessiva è data dalla somma dell'area di competenza e del contributo di n. 3 aree di competenza delle scarpate.

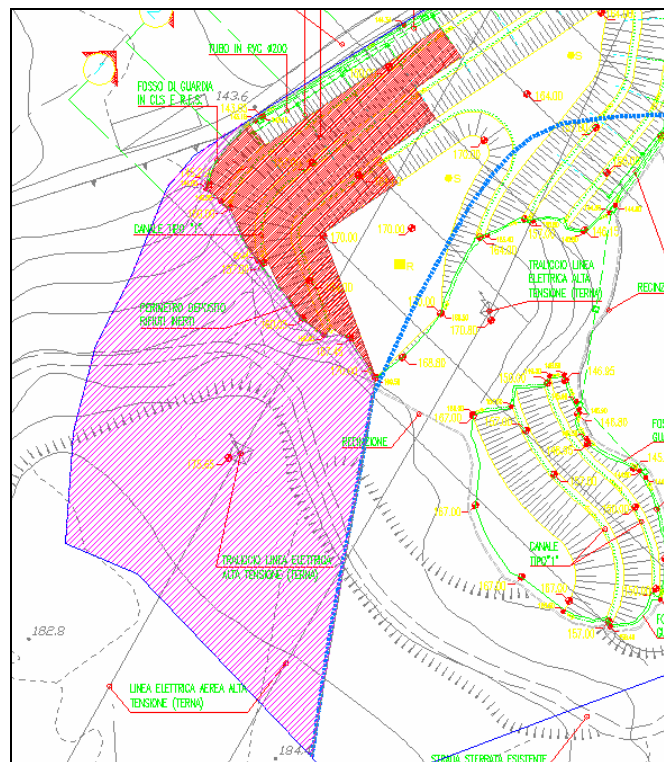


Figura 5.4.2 - Corografia delle sotto - superfici scolanti

Dall'applicazione della formula di Giandotti, si è ottenuto il tempo di corrivazione caratteristico di ciascuna delle sotto - superfici scolanti indagate, e riportato nella tabella seguente:

Superficie	T _c
(Adim)	(ore)
Scarpate	0,21
Area di competenza fossi	0,26

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD23000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

Tabella 5.4.3 – Valore calcolato per il tempo di corrivazione

Noti tutti i parametri necessari per il calcolo della portata di piena, applicando il metodo razionale per ciascuna delle superfici indagate, sono stati ottenuti i valori riportati nella tabella seguente:

Superficie	Q
(Adim)	(m ³ /s)
Scarpate	0,038
Area di competenza fossi	0,571

Tabella 5.4.4 – Valore calcolato per la portata di piena relativa alle sotto - superfici dove per i fossi di guardia è stato aggiunto anche il contributo delle scarpate pari a tre volte la portata di loro competenza.

La portata complessiva è stata invece dedotta con riferimento alla superficie totale del bacino imbrifero, e relativa al tempo di corrivazione precedentemente calcolato:

Superficie	Q
(Adim)	(m ³ /s)
Bacino complessivo	1,39

Tabella 5.4.5 – Valore calcolato per la portata di piena relativa all'intero bacino imbrifero

Di tale portata, si è supposto che, all'innescarsi dell'evento meteorico e fino al raggiungimento delle condizioni di saturazione, la percentuale di competenza della superficie del deposito raggiunga il substrato impermeabilizzato per essere indotta in un impianto di trattamento in continuo per poi essere smaltita entro il canale naturale, mentre la rimanente percentuale, rappresentata dall'aliquota di portata di dilavamento e ruscellamento superficiale, venga intercettata e allontanata dai fossi di guardia. Sulla base delle dimensioni del sedime del materiale depositato, la portata infiltrata, con sufficiente approssimazione è stata stimata pari a 0,60 m³/s, ossia 600 l/s. Per quanto attiene al dimensionamento e alle caratteristiche funzionali dell'impianto di trattamento in continuo, nonché alla determinazione della portata di infiltrazione, si rimanda all'elaborato CZV0707 - *Relazione tecnica generale*.

5.5 Verifiche idrauliche

Le opere idrauliche oggetto di verifica sono rappresentate da canali a sezione costante. Nella pratica, le metodologie di verifica che solitamente si adottano in tali casi, sono riconducibili alle

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD23000001	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Rev</i></td> <td style="text-align: center;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">08/06/2012</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	08/06/2012
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	08/06/2012						

formule caratteristiche del moto uniforme. A tal proposito, per tutti i casi in esame, si è adottata la nota formula proposta da Chezy:

$$v = \sqrt{(r * i)}$$

Con la valutazione del coefficiente χ proposta da Strickler:

$$\chi = K \times r^{1/6}$$

I simboli sopra riportati assumono i seguenti significati:

- v = velocità della corrente (m/sec)
- $r = A/C$ = raggio idraulico (m)
- A = sezione liquida (mq)
- C = contorno bagnato (m)
- i = pendenza canale
- K = coefficiente adimensionale

Il coefficiente K viene desunto dalle note tabelle, secondo Gauckler - Strickler.

Ciascuna delle opere facenti parte dell'intero sistema di regimazione idraulica, è stata verificata in funzione della portata ad essa relativa, per come specificato nel paragrafo precedente. Per una migliore comprensione, si riporta una tabella riassuntiva nella quale è riportato, per ciascuna opera, il valore della portata corrispondente.

Opera idraulica	Q
(Adim)	(m ³ /s)
Canalette prefabbricate	0,038
Fossi di guardia perimetrali	0,571
Condotta interrata in uscita dall'impianto di trattamento	0,600
Condotta interrata	1,39
Canale di recapito da rivestire	1,39

Tabella 5.5.1 – Tabella riassuntiva delle portate

Come si evince dalla tabella riportata, le opere idrauliche maggiormente sollecitate sono le opere di recapito finale, cioè quelle che ricevono i contributi di tutti gli elementi disposti a monte. Per ogni opera indagata, definite le caratteristiche geometriche delle sezioni trasversali, imposta la pendenza del fondo per come desunto dalla lettura delle quote altimetriche riportate nella Planimetria di Progetto, e scelto il coefficiente di scabrezza relativo al materiale da costruzione, sono state condotte le verifiche idrauliche le quali hanno fornito, come valori di output, il grado di riempimento della sezione e il valore della velocità della corrente. I risultati sono stati confrontati con i limiti imposti al fine di considerare le verifiche soddisfacenti, cioè con un grado di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD23000001	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 08/06/2012

riempimento non superiore al 70% e una velocità della corrente non superiore a 5,00 - 6,00 m/s. Con particolare riferimento ai fossi di guardia perimetrali, nelle verifiche idrauliche si è tenuto conto della pendenza media che si registra lungo i tratti rettilinei, desunta dalla Planimetria di Progetto, non tenendo in considerazione i salti di quota di monte.

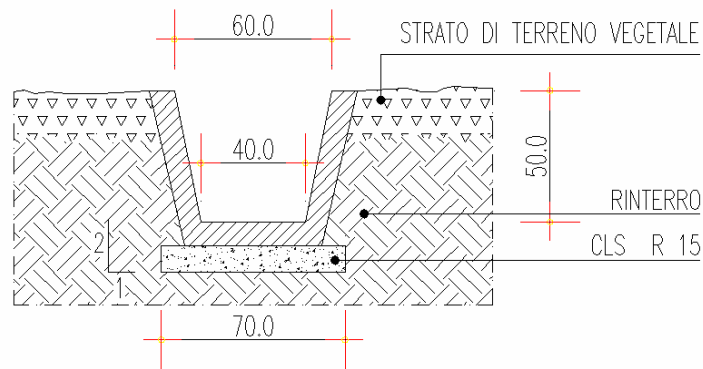


Figura 5.5.2 – Sezione tipo delle canalette prefabbricate

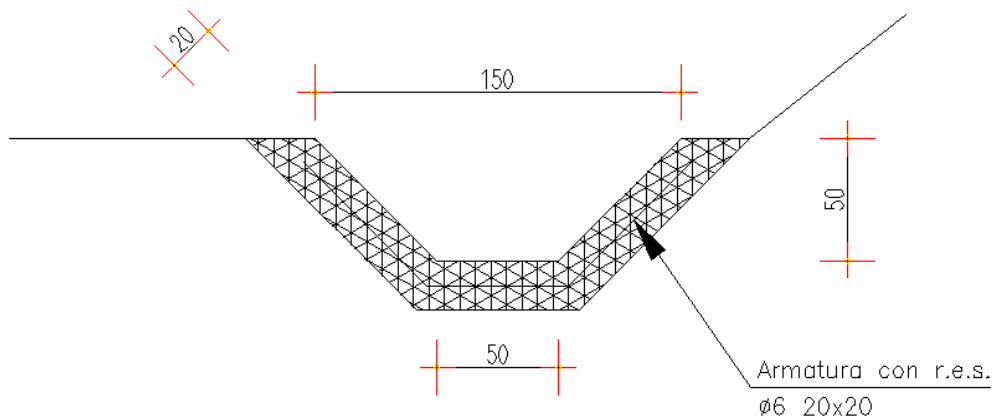


Figura 5.5.3 – Sezione tipo dei fossi di guardia

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CG1400PRIVCCZC4SD23000001	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">08/06/2012</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	08/06/2012
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	08/06/2012						

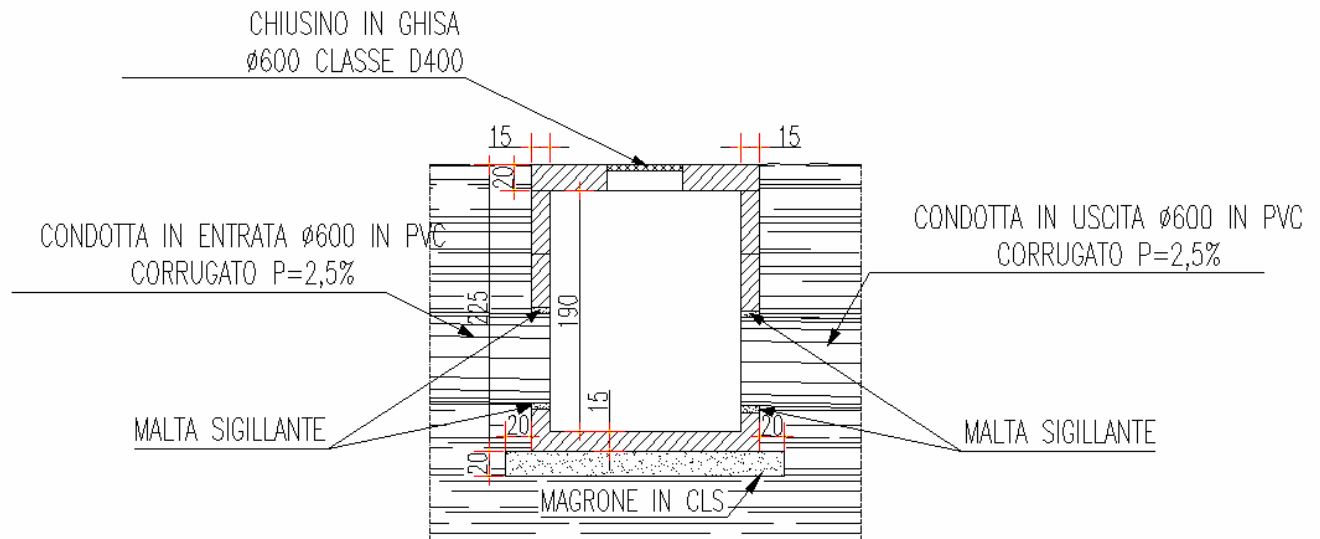


Figura 5.5.4 – Particolare pozzetto di confluenza e condotta

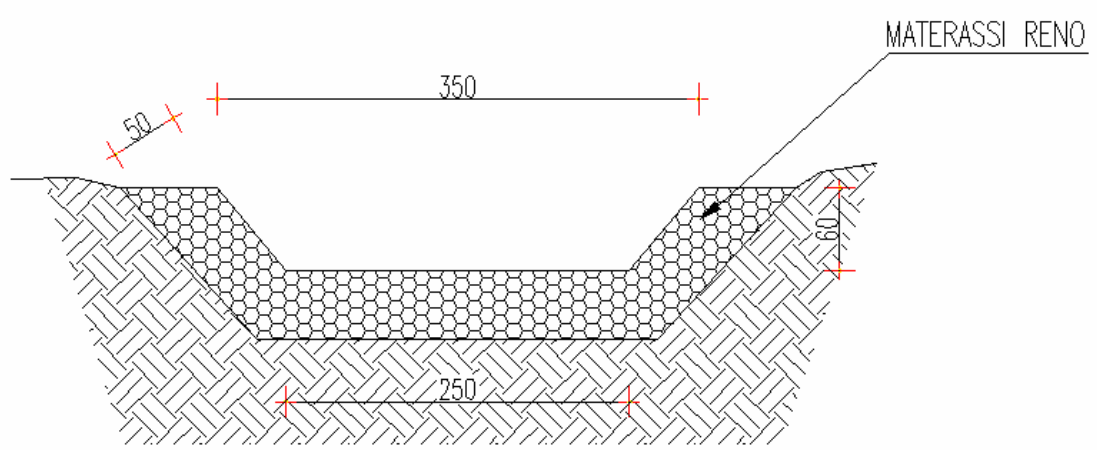


Figura 5.5.5– Sezione tipo canale di recapito

Dati della sezione

H=	50	cm	(Altezza sezione)
b=	40	cm	(Base minore sezione)
B=	60	cm	(Base maggiore)
<i>Angolo</i>	11.31567	gradi	
<i>Area=</i>	0.25	mq	
Pendenza	0.5	%	
K	60	Coefficiente di scabrezza di Gauckler - Strickler	
Portata di progetto	0.038	mc/sec	

H defl (cm)	Contorno bagnato	Area deflusso (mq)	Raggio idraulico	Portata (mc/sec)	Velocità (m/sec)
2.5	45.10	0.010	0.022	0.003419	0.33764
5	50.20	0.021	0.041	0.010314	0.50313
7.5	55.30	0.031	0.056	0.019395	0.62313
10	60.40	0.042	0.070	0.030134	0.71747
12.5	65.50	0.053	0.081	0.042236	0.795
15	70.59	0.065	0.091	0.055515	0.86067
17.5	75.69	0.076	0.101	0.069851	0.91754
20	80.79	0.088	0.109	0.085158	0.96766
22.5	85.89	0.100	0.117	0.101378	1.01246
25	90.99	0.113	0.124	0.118468	1.05298
27.5	96.09	0.125	0.130	0.136396	1.09001
30	101.19	0.138	0.136	0.155141	1.12413
32.5	106.29	0.151	0.142	0.174686	1.15582
35	111.39	0.165	0.148	0.195019	1.18544
37.5	116.49	0.178	0.153	0.216132	1.21327
40	121.59	0.192	0.158	0.238019	1.23958
42.5	126.69	0.206	0.163	0.260677	1.26454
45	131.78	0.221	0.167	0.284104	1.28833
47.5	136.88	0.235	0.172	0.308299	1.31108
50	141.98	0.250	0.176	0.333264	1.33292

La portata di progetto defluisce con i seguenti dati

H defl (cm)	Contorno bagnato	Area deflusso (mq)	Raggio idraulico (ml)	Portata (mc/sec)	Velocità (m/sec)
11.67	63.80	0.049	0.077	0.038	0.77067

Deflusso

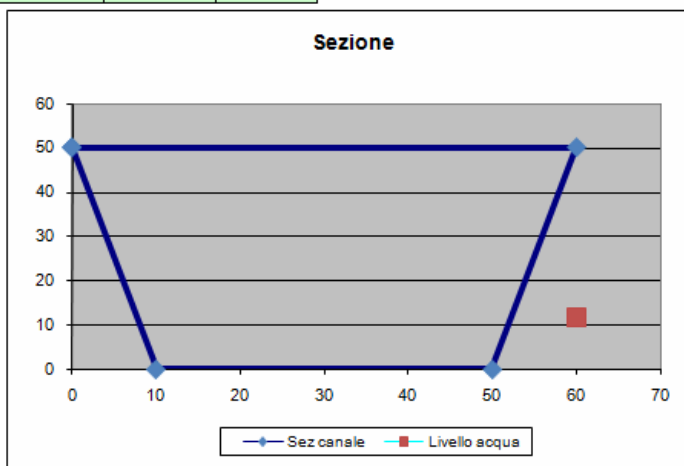


Tabella 5.5.6 – Verifiche idrauliche per le canalette prefabbricate

Dati della sezione

H=	50	cm	(Altezza sezione)
b=	50	cm	(Base minore sezione)
B=	150	cm	(Base maggiore)
Angolo	45.02282	gradi	
Area=	0.50	mq	
Pendenza	2	%	
K	60	Coefficiente di scabrezza di Gauckler - Strickler	
Portata di progetto	0.571	mc/sec	

H defl (cm)	Contorno bagnato	Area deflusso (mq)	Raggio idraulico	Portata (mc/sec)	Velocità (m/sec)
2.5	57.07	0.013	0.023	0.009007	0.6862
5	64.15	0.028	0.043	0.028586	1.03941
7.5	71.22	0.043	0.061	0.056435	1.3085
10	78.30	0.060	0.077	0.091873	1.53102
12.5	85.37	0.078	0.092	0.134657	1.72334
15	92.44	0.098	0.105	0.184738	1.8944
17.5	99.52	0.118	0.119	0.24217	2.04969
20	106.59	0.140	0.131	0.307065	2.19282
22.5	113.66	0.163	0.144	0.379573	2.32631
25	120.74	0.188	0.155	0.459864	2.45196
27.5	127.81	0.213	0.167	0.548124	2.57112
30	134.89	0.240	0.178	0.644548	2.68481
32.5	141.96	0.268	0.189	0.749337	2.79385
35	149.03	0.298	0.200	0.862695	2.89887
37.5	156.11	0.328	0.210	0.98483	3.00036
40	163.18	0.360	0.221	1.11595	3.09876
42.5	170.26	0.393	0.231	1.256262	3.19441
45	177.33	0.428	0.241	1.405976	3.28759
47.5	184.40	0.463	0.251	1.565299	3.37855
50	191.48	0.500	0.261	1.734438	3.4675

La portata di progetto defluisce con i seguenti dati

H defl (cm)	Contorno bagnato	Area deflusso (mq)	Raggio idraulico (m)	Portata (mc/sec)	Velocità (m/sec)
28.09	129.49	0.219	0.169	0.570	2.59861

Deflusso

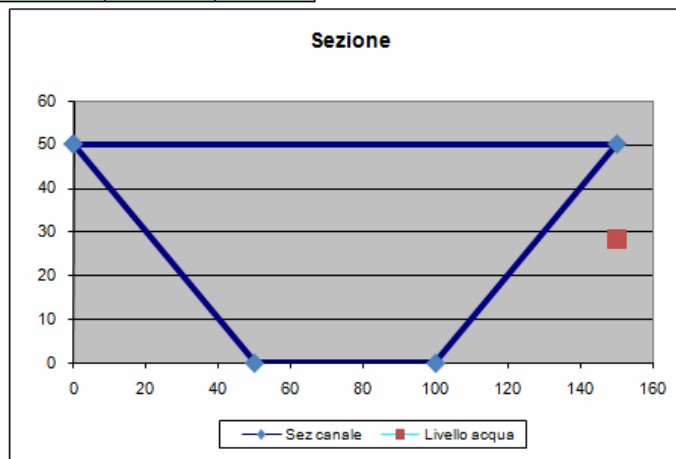


Tabella 5.5.4 – Verifiche idrauliche per i fossi di guardia

Dati condotta: Diametro= **0.6** metri
 Area **0.2827431** mq
 Pendenza canale= **0.01** m/m in % **1**
 Coeff ScabrezzaG.-Strickler= **120**
 Portata di progetto= **0.6** mc/s

% riempimento	gradi	rad.	Area defl.	Cont. Bagn.	R idr.	Portata (mc/s)	H riemp	Veloc m/s
5%	51.68	0.90	0.01	0.27	0.05	0.02	0.030	1.677
10%	73.74	1.29	0.03	0.39	0.07	0.06	0.060	2.100
15%	91.15	1.59	0.04	0.48	0.09	0.10	0.090	2.390
20%	106.26	1.85	0.06	0.56	0.10	0.15	0.120	2.613
25%	120.00	2.09	0.07	0.63	0.11	0.20	0.150	2.797
30%	132.84	2.32	0.08	0.70	0.12	0.25	0.180	2.951
35%	145.08	2.53	0.10	0.76	0.13	0.31	0.210	3.084
40%	156.93	2.74	0.11	0.82	0.14	0.36	0.240	3.199
45%	168.52	2.94	0.13	0.88	0.14	0.42	0.270	3.300
50%	180.00	3.14	0.14	0.94	0.15	0.48	0.300	3.388
55%	191.48	3.34	0.16	1.00	0.16	0.54	0.330	3.464
60%	203.07	3.54	0.17	1.06	0.16	0.60	0.360	3.530
65%	214.92	3.75	0.18	1.13	0.16	0.66	0.390	3.585
70%	227.16	3.96	0.20	1.19	0.17	0.72	0.420	3.630
75%	240.00	4.19	0.21	1.26	0.17	0.78	0.450	3.664
80%	253.74	4.43	0.23	1.33	0.17	0.83	0.480	3.686
85%	268.85	4.69	0.24	1.41	0.17	0.89	0.510	3.693
90%	286.26	5.00	0.25	1.50	0.17	0.94	0.540	3.679
95%	308.32	5.38	0.27	1.61	0.17	0.98	0.570	3.630
100%	360.00	6.28	0.28	1.88	0.15	0.96	0.600	3.388

La portata di progetto defluisce con i seguenti dati

60%	203.27	3.55	0.17	1.06	0.16	0.60	0.361	3.531
------------	---------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	--------------	--------------

Deflusso

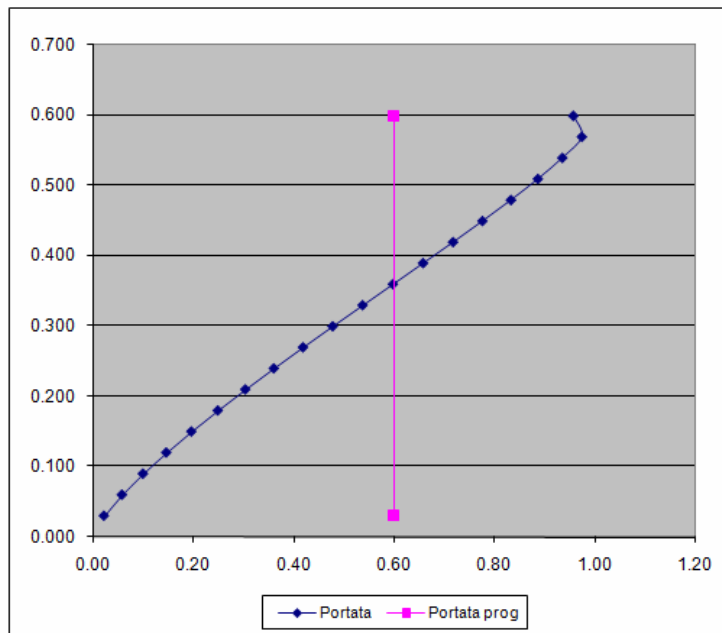
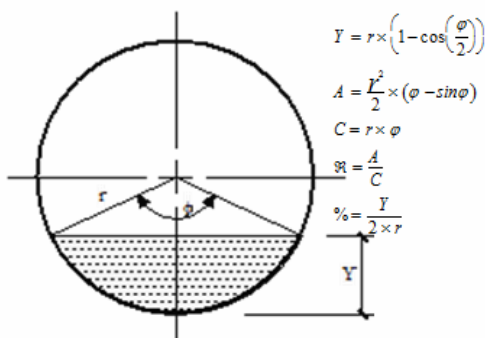


Tabella 5.5.5 – Verifiche idrauliche per la condotta in uscita dall'impianto di trattamento

Dati condotta: Diametro= **0.8** metri
 Area **0.5026544** mq
 Pendenza canale= **0.015** m/m in % **1.5**
 Coeff ScabrezzaG.-Strickler= **120**
 Portata di progetto= **1.39** mc/s

% riempimento	gradi	rad.	Area defl.	Cont. Bagn.	R idr.	Portata (mc/s)	H riemp	Veloc m/s
5%	51.68	0.90	0.03	0.36	0.07	0.06	0.040	2.488
10%	73.74	1.29	0.05	0.51	0.10	0.16	0.080	3.116
15%	91.15	1.59	0.08	0.64	0.12	0.27	0.120	3.546
20%	106.26	1.85	0.10	0.74	0.14	0.39	0.160	3.878
25%	120.00	2.09	0.13	0.84	0.15	0.52	0.200	4.149
30%	132.84	2.32	0.15	0.93	0.16	0.66	0.240	4.378
35%	145.08	2.53	0.18	1.01	0.17	0.80	0.280	4.575
40%	156.93	2.74	0.20	1.10	0.18	0.95	0.320	4.746
45%	168.52	2.94	0.23	1.18	0.19	1.11	0.360	4.896
50%	180.00	3.14	0.25	1.26	0.20	1.26	0.400	5.026
55%	191.48	3.34	0.28	1.34	0.21	1.42	0.440	5.140
60%	203.07	3.54	0.30	1.42	0.21	1.58	0.480	5.237
65%	214.92	3.75	0.33	1.50	0.22	1.74	0.520	5.320
70%	227.16	3.96	0.35	1.59	0.22	1.90	0.560	5.386
75%	240.00	4.19	0.38	1.68	0.22	2.05	0.600	5.437
80%	253.74	4.43	0.40	1.77	0.23	2.20	0.640	5.469
85%	268.85	4.69	0.43	1.88	0.23	2.34	0.680	5.479
90%	286.26	5.00	0.45	2.00	0.23	2.47	0.720	5.459
95%	308.32	5.38	0.48	2.15	0.22	2.57	0.760	5.386
100%	360.00	6.28	0.50	2.51	0.20	2.53	0.800	5.026

La portata di progetto defluisce con i seguenti dati

54%	189.24	3.30	0.27	1.32	0.21	1.39	0.432	5.119
------------	---------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	--------------	--------------

Deflusso

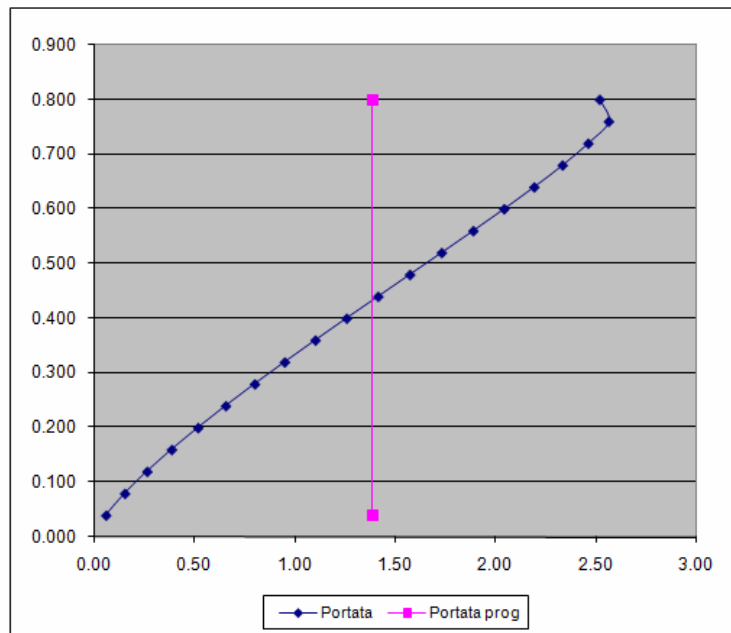
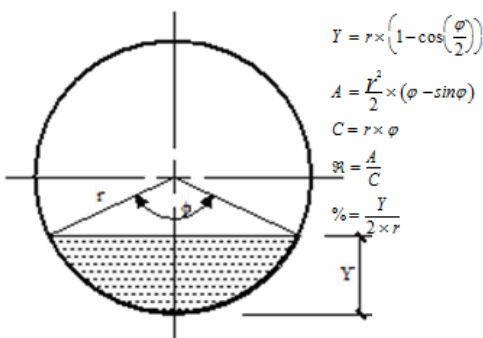


Tabella 5.5.6 – Verifiche idrauliche per la condotta interrata

Dati della sezione

H=	60	cm	(Altezza sezione)
b=	250	cm	(Base minore sezione)
B=	350	cm	(Base maggiore)
Angolo	39.82576	gradi	
Area=	1.80	mq	
Pendenza	0.4	%	
K	40	Coefficiente di scabrezza di Gauckler - Strickler	
Portata di progetto	1.39	mc/sec	

H defl (cm)	Contorno bagnato	Area deflusso (mq)	Raggio idraulico	Portata (mc/sec)	Velocità (m/sec)
3	257.81	0.076	0.029	0.018247	0.24089
6	265.63	0.153	0.058	0.057731	0.37732
9	273.44	0.232	0.085	0.113127	0.48813
12	281.25	0.312	0.111	0.182238	0.58408
15	289.06	0.394	0.136	0.263727	0.66976
18	296.88	0.477	0.161	0.356671	0.74771
21	304.69	0.562	0.184	0.46039	0.81953
24	312.50	0.648	0.207	0.574363	0.88632
27	320.31	0.736	0.230	0.698179	0.94888
30	328.13	0.825	0.251	0.831509	1.00782
33	335.94	0.916	0.273	0.974085	1.06363
36	343.75	1.008	0.293	1.125687	1.11667
39	351.56	1.102	0.313	1.286133	1.16726
42	359.38	1.197	0.333	1.455274	1.21566
45	367.19	1.294	0.352	1.632986	1.26209
48	375.00	1.392	0.371	1.819165	1.30674
51	382.81	1.492	0.390	2.013728	1.34977
54	390.63	1.593	0.408	2.216604	1.39131
57	398.44	1.696	0.426	2.427737	1.4315
60	406.25	1.800	0.443	2.647084	1.47043

La portata di progetto defluisce con i seguenti dati

H defl (cm)	Contorno bagnato	Area deflusso (mq)	idraulico (ml)	Portata (mc/sec)	Velocità (m/sec)
40.86	356.41	1.161	0.326	1.390	1.19752

Deflusso

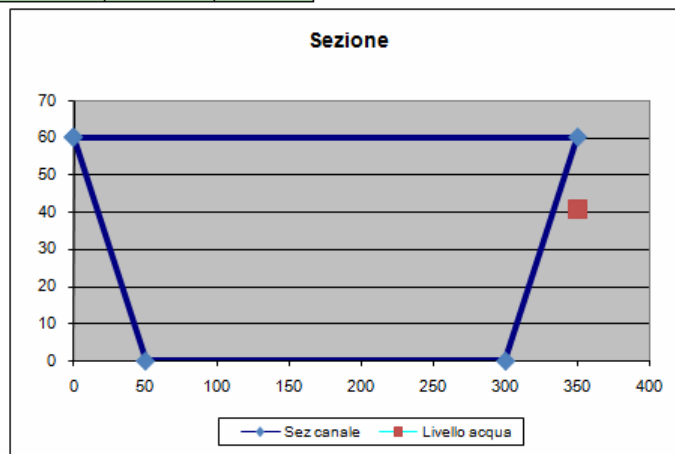


Tabella 5.5.7 – Verifiche idrauliche per il canale di recapito