

Regione autonoma della Sardegna
(Provincia di Nuoro)



Comune di Macomer

CONSORZIO PER LA ZONA INDUSTRIALE DI MACOMER

GARA PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO

ATI: **AREAIMPIANTI** - **MONSUD S.p.A.**
 

Progettista incaricato:





PROGETTO DEFINITIVO DI GARA



RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

B.3

	GARA PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO	REV. 0	
	Relazione idrologico-idraulica	PAG. II/63	

Sistema Qualità Certificato



UNI EN ISO 9001 (ISO 9001)



Certificato n° FS 587971



Gruppo di lavoro:

Professionista	Iscrizione	Ruolo
Dott. Ing. Francesco Martino	Ordine Ingegneri Grosseto n°195	Coordinatore progettazione, esperto progettazione impiantistica, elettromeccanica ed idraulica
Dott. Arch. David Bartalucci	Ordine Architetti Grosseto n° 465	Esperto in Studi Ambientali
Dott. Ing. Sandro Fiorentini	Ordine Ingegneri Grosseto n° 801	Progettazione architettonica, civile-statica, igiene e sicurezza cantieri
Dott. Ing. Enzo Rosadini	Ordine Ingegneri Grosseto n° 314	Esperto in progettazione impiantistica speciale

CODICE DESCRITTIVO: ... G117FMRR704.00			N° ALLEGATO: B.3		
0	12/09/2011	EMISSIONE	nikko	fiorentini	martino
1					
2					
3					
4					
<i>revisione</i>	<i>data</i>	<i>descrizione</i>	<i>redatto</i>	<i>controllato</i>	<i>approvato</i>

	GARA PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO	REV. 0	
	Relazione idrologico-idraulica	PAG. III/63	

INDICE

1. PREMESSA	5
2. CALCOLO DELLE ACQUE DI PIOGGIA	8
2.1 IL PROBLEMA IDROLOGICO	8
2.2 DETERMINAZIONE DELL'EQUAZIONE DI PIOGGIA	8
2.3 ACQUE CLOACALI DI PRIMA PIOGGIA	9
3. STUDIO IDROLOGICO DEI BACINI FLUVIALI	10
3.1 CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE DEI BACINI DEL TORRENTI TOSSILO E OROVÒ	10
3.1.1 <i>Limiti fisiografici</i>	10
3.1.2 <i>Idrografia</i>	10
3.2 MODELLI DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI DEFLUSSI	10
3.2.1 <i>Pluviometria probabile della zona</i>	10
3.2.2 <i>Raccolta dati ed elaborati</i>	11
3.3 STIMA DELLA PORTATA AL COLMO	11
3.4 PRECIPITAZIONI DI BREVE DURATA E FORTE INTENSITÀ	11
3.4.1 <i>Raccolta Dati</i>	12
3.4.2 <i>Calcolo Idrologico. Curve di possibilità climatica</i>	12
3.4.3 <i>Stima della portata di piena al colmo</i>	13
3.4.4 <i>Il ragguaglio delle piogge all'area</i>	13
3.5 STIMA DELLA PORTATA DI PROGETTO ESEGUITO DAL PRESENTE STUDIO	15
3.5.1 <i>Stima della pioggia ragguagliata</i>	15
3.5.2 <i>Risultati delle elaborazioni statistiche</i>	19
3.5.3 <i>Dati storici – taratura del metodo</i>	19
3.5.4 <i>Calcolo delle portate al colmo</i>	20
4. STUDIO IDRAULICO	41
4.1 PREMESSA	41
4.2 VERIFICHE IDRAULICHE	42
4.2.1 <i>Verifica idraulica dell'alveo</i>	42
5. MATERIALI PRESCELTI	42
5.1 RETE PER ACQUE BIANCHE	42
5.2 RETE PER ACQUE NERE	43
6. BIBLIOGRAFIA	44

INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 1 CURVA IPSOMETRICA RIO TOSSILO	35
FIGURA 2 CURVA IPSOMETRICA RIO OROVÒ	36
FIGURA 3 RIF. TIRSO - POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICHE	36
FIGURA 4 BOSA - POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICHE	37
FIGURA 5 SENEGHE - POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICHE	37
FIGURA 6 CAMPEDA - POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICHE	38

INDICE DELLE TABELLE

TABELLA 1 TORRENTI TOSSILO E OROVÒ – CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE	10
TABELLA 2 RIF. TIRSO - PRECIPITAZIONI DI BREVE DURATA E FORTE INTENSITÀ	21
TABELLA 3 BOSA - PRECIPITAZIONI DI BREVE DURATA E FORTE INTENSITÀ	22
TABELLA 4 SENEGHE - PRECIPITAZIONI DI BREVE DURATA E FORTE INTENSITÀ	23
TABELLA 5 CAMPEDA - PRECIPITAZIONI DI BREVE DURATA E FORTE INTENSITÀ	24





	GARA PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO	REV. 0	
	Relazione idrologico-idraulica	PAG. IV/63	

TABELLA 6 RIF. TIRSO A - PRECIPITAZIONI DI BREVE DURATA E FORTE INTENSITÀ.....	24
TABELLA 7 BOSA A - PRECIPITAZIONI DI BREVE DURATA E FORTE INTENSITÀ	25
TABELLA 8 SENEGHE A - PRECIPITAZIONI DI BREVE DURATA E FORTE INTENSITÀ	26
TABELLA 9 CAMPEDA A - PRECIPITAZIONI DI BREVE DURATA E FORTE INTENSITÀ	27
TABELLA 10 RIF. TIRSO B - PRECIPITAZIONI DI BREVE DURATA E FORTE INTENSITÀ.....	27
TABELLA 11 BOSA B - PRECIPITAZIONI DI BREVE DURATA E FORTE INTENSITÀ	28
TABELLA 12 SENEGHE B - PRECIPITAZIONI DI BREVE DURATA E FORTE INTENSITÀ	28
TABELLA 13 CAMPEDA B - PRECIPITAZIONI DI BREVE DURATA E FORTE INTENSITÀ	29
TABELLA 14 RIF. TIRSO C - ANALISI DI GUMBEL	29
TABELLA 15 BOSA C - ANALISI DI GUMBEL.....	30
TABELLA 16 SENEGHE C - ANALISI DI GUMBEL.....	30
TABELLA 17 CAMPEDA C - ANALISI DI GUMBEL	31
TABELLA 18 RIF. TIRSO - TEST DI PEARSON.....	31
TABELLA 19 BOSA - TEST DI PEARSON	32
TABELLA 20 SENEGHE - TEST DI PEARSON.....	33
TABELLA 21 CAMPEDA - TEST DI PEARSON	34
TABELLA 22 RIO OROVÒ - CALCOLO PIOGGE RAGGUAGLIATE E PORTATE	35
TABELLA 23 RIO TOSSILO - CALCOLO PIOGGE RAGGUAGLIATE E PORTATE	39
TABELLA 24 RIO OROVÒ - CALCOLO PIOGGE RAGGUAGLIATE E PORTATE	40

	GARA PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO	REV. 0	
	Relazione idrologico-idraulica	PAG. 5/63	

1. PREMESSA

Il presente Progetto definitivo è stato elaborato ai sensi del *d.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207* – “Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «*Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE*». (G.U. n. 288 del 10 dicembre 2010)

Esso comprende tra l'altro la presente Relazione idrologico idraulica, elaborata dalla Stazione Appaltante e come tale recepita e che è stata articolata nel rispetto dell' Art. 26 del sopra citato DPR 217/2101 nei limiti delle caratteristiche specifiche del presente progetto, e che comprende lo studio delle acque meteoriche, superficiali e sotterranee. Illustra inoltre i calcoli preliminari relativi al dimensionamento dei manufatti idraulici.

Il “Piano Regionale di Gestione dei Rifiuti – Sezione Rifiuti Urbani” approvato dalla Regione Autonoma della Sardegna con deliberazione della Giunta Regionale n. 73/7 del 20-12-2008, tuttora vigente, nel riconfermare la centralità dell'Impianto di Termovalorizzazione di Macomer, ha chiesto di portarne la capacità termica a circa 8 t/h con un flusso termico di circa 24 Gcal/h.

Il Piano prevede il completo *revamping* dell'impianto esistente con realizzazione di una nuova linea atta a portare la capacità e la funzionalità ai limiti sopra segnati (Scenario C). Il bacino di riferimento dell'impianto di termovalorizzazione di Macomer è costituito dalle Province di Nuoro, Oristano e Ogliastra.

In quest'Ottica è stato sviluppato il presente progetto.

L'impianto progettato riguarda una nuova linea di incenerimento finalizzata allo smaltimento e alla valorizzazione energetica dei rifiuti solidi urbani e l'organizzazione della stessa nel contesto impiantistico di Tossilo Tecnoservice S.p.A. ed insiste sullo stesso sedime dell'impianto esistente; prevede la realizzazione di una nuova linea di nominali 30 MWt che si affianca alle linee esistenti.

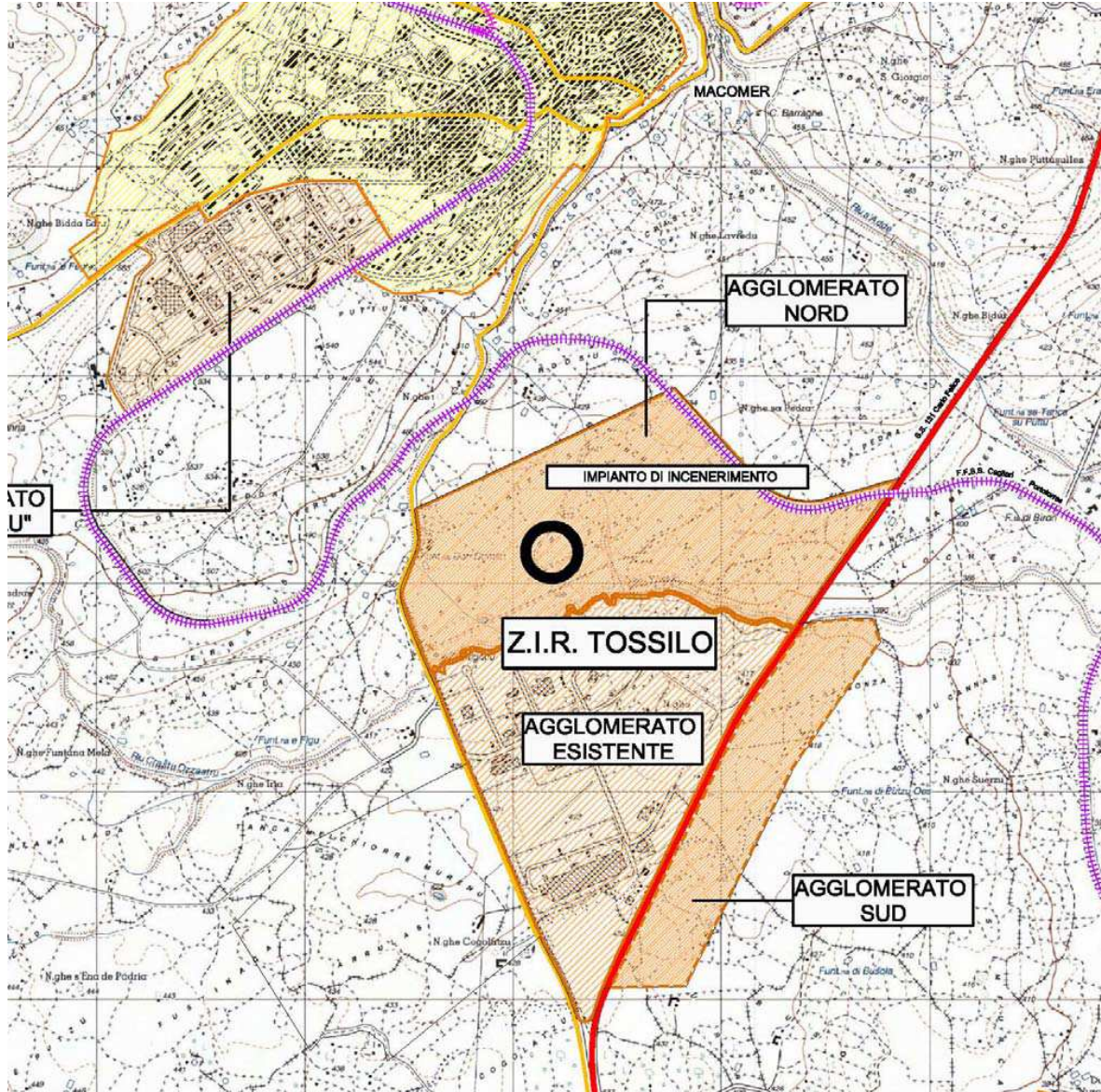
L'area sedime dell'impianto ha le seguenti superfici:



- Superficie complessiva area 50 515 m² 100 % di cui
- Superficie coperta da edifici 9 855 m² 20 %
- Superficie esterna pavimentata 24 952 m² 49 %
- Superficie a verde 15 708 m² 31 %

Con l'intervento di progetto le superfici divengono:

- Superficie complessiva area 50 515 m² 100 % di cui
- Superficie coperta da edifici 10 993 m² 22 %
- Superficie esterna pavimentata 25 023 m² 49 %
- Superficie a verde 14 499 m² 39 %

Il sito ricade sul foglio n. 48, particella 22 del Comune di Macomer all'interno dell'area industriale nel settore Nord e confina con l'impianto di depurazione acque reflue sempre di proprietà del Consorzio Industriale, naturale ricettore delle acque cloacali e di prima pioggia decadenti dall'area dell'impianto di trattamento rifiuti nonché delle restanti acque piovane che vengono esse pure vettoriali, come già avviene oggi, al ricettore finale.



	GARA PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO	REV. 0	
	Relazione idrologico-idraulica	PAG. 8/63	

2. CALCOLO DELLE ACQUE DI PIOGGIA

2.1 IL PROBLEMA IDROLOGICO

Il problema idrologico per lo studio della sistemazione idraulica riguarda la valutazione della massima piena prevedibile o, per meglio dire, il problema della stima delle frequenze probabili che competono ad assegnate portate di piena sulla base delle superfici determinate al punto 1.

2.2 DETERMINAZIONE DELL'EQUAZIONE DI PIOGGIA

Definito il bacino di riferimento, per la determinazione della portata di massima piena, per un tempo $T = 100$ anni, si è fatto riferimento per il calcolo dell'altezza di massima precipitazione, alla formula:

$$h_{\max} = a \cdot T_c^n \quad (1)$$

con **a** e **n** coefficienti ricavati dalle tavole allegate e pari nel nostro caso a: $a = 49$ $n = 0.35$

Come si evince dalle allegate isolinee, il tempo di corrivazione T_c viene calcolato con la formula di Giandotti:

$$T_c = \frac{b \cdot L + a \cdot \sqrt{S}}{c \cdot \sqrt{H}} \quad (2)$$

dove **a**, **b**, **c** sono dei coefficienti rispettivamente pari a: 4 -1.5 e 0.8.

- $S =$ superficie bacino imbrifero in $\text{km}^2 = 0.036$
- $L =$ lunghezza massima della valle in $\text{km} = 0.32$
- $H =$ altezza media del bacino imbrifero in $\text{m} = 410$



2.3 DETERMINAZIONE DELLA PORTATA

La portata massima sarà quindi pari a:

$$Q_{\max} = \frac{\psi \cdot S \cdot h_{\max}}{0.8 \cdot T_c} \quad (3)$$

dove $\psi = 0.6$.

Una volta ottenuta la portata massima si determina la portata convogliata al ricevitore valutata per sicurezza senza deduzioni (prima pioggia), come verificato dal Pasini, che solo l'80 % dell'acqua di precipitazione raggiunga la rete di fondovalle:

	GARA PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSIOLO	REV. 0	
	Relazione idrologico-idraulica	PAG. 9/63	

	coefficiente	S (km ²)	L (km)	A (m)	H _{max} (mm)	T _c (h)	Q _{max} (m ³ /s)	Q (l/s)
Bacino	0.5	0.036	0.32	410	93.34	0.08	0.0315	25.2

Che stante una pendenza del canale affluente al ricettore del 5 ‰, comporta la scelta di una canalizzazione di cemento turbo centrifugato Ø 30 cm atta a vettoriare sino a oltre 50 l/s. Tale canalizzazione si immetterà nella rete di scarico del depuratore e per essa al Rio Orovò.

Tale canale decadente dal depuratore e per esso il Rio, sono atti a vettoriare una portata di oltre 3 m³/s, pari a 3000 l/s, mentre allo stato vettoriano circa 1500 l/s in regime di piena pertanto sono atti a ricevere, come già avviene, le acque decadenti dall'area impianto.

2.3 ACQUE CLOACALI DI PRIMA PIOGGIA

Le acque cloacali sono dovute alla presenza di 40 addetti che possono essere equiparati a $40 * 1/2 \approx 20$ ab. equiv., con un afflusso giornaliero:

$$Q_{mm} = 110 / 3600 * 8 = 0.24 \text{ l/s}$$

e le portate di punta, pari a 5 volte la portata media:

$$Q_{mp} = 5 Q_{mm} = 1.2 \text{ l/s}$$

Le acque di prima pioggia sono fatte pari a 1/50 dell'afflusso di punta di pioggia e pertanto

$$Q_{p'} = 1/50 Q_{mp} = 0.024 \text{ l/s}$$

La portata conferita al depuratore è pari a:

$$Q_{tempo\ secco} = Q_{tot} = 7 \text{ m}^3/g = 0.24 \text{ l/s}$$



$$\text{Con afflusso di punta } Q_{mp} = 1.2 \text{ l/s}$$

e in tempo di pioggia

$$Q_{mm} = Q_{p'} + Q_{mp} = 0.024 + 1.2 = 1.224 \text{ l/s}$$

Trattasi portate estremamente limitate che non modificano in alcun modo lo stato del depuratore.

Stanti le portate sopra citate, si posizionerà un collettore Ø 25 cm con pendenza del 5‰ afferente alla testata del collettore Birori-depuratore e, per esso, all'impianto.

	GARA PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO	REV. 0	
	Relazione idrologico-idraulica	PAG. 10/63	

3. STUDIO IDROLOGICO DEI BACINI FLUVIALI

3.1 CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE DEI BACINI DEI TORRENTI TOSSILO E OROVÒ

3.1.1 *Limiti fisiografici*

Dal punto di vista fisico il territorio del bacino del torrente Tossilo, e del suo affluente Orovò, si inquadra fra quelli del versante destro del bacino del fiume Tirso.

La sua parte più elevata si origina nella catena montana del Marghine con i versanti aventi pendenze con acclività medie, si passa poi ad una parte di media valle con pendii decisamente più moderati, campi coltivati e vigne, mentre i versanti della zona terminale, dalla piana di Tossilo in poi, si presentano come aree tipicamente di pianura.

Il bacino in esame confina a nord e ad est con la catena del Marghine, a sud ed ad Est, con il bacino del fiume Tirso di cui esso è affluente.

La sua superficie si presenta mediamente coperta da vegetazione costituita da essenze autoctone e da aree coltivate con esclusione del concentrico di Macomer, evidentemente del tutto inurbato.

COORDINATE sezione di fondo		Superfici e	Quota max	Quota Minima	Quota media	Asta Principale
LAT.	LONG.	km ²	m s.l.m.	m s.l.m.	m s.l.m.	km
40° 14'	8° 47'	35.102	803	399	584	7.93
		4.439	752	399	523	2.28

Tabella 1 Torrenti Tossilo e Orovò – caratteristiche geomorfologiche

nota 1 Le coordinate piane usate sono riferite al meridiano passante per l'osservatorio di Monte Mario (Roma)

3.1.2 *Idrografia*

Il reticolo idrografico del rio Tossilo è caratterizzato dalla presenza dell'asta principale, divisa a monte in tre rami oltre che da affluenti minori su entrambe le sponde idrografiche.

L'asta principale presenta un decorso in direzione prevalente Sud–Est – Nord–Ovest che si adegua all'andamento della linea insubrica.



La rete idrografica è caratterizzata da alvei dal tipico profilo di torrente di media montagna e di fondo valle incanalato in valli non troppo profondamente incise.

3.2 MODELLI DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI DEFLUSSI

3.2.1 *Pluviometria probabile della zona*

Come si è visto nel precedente paragrafo, il bacino in studio è caratterizzato da una morfologia accidentata con quote che variano da circa 400 m s.l.m. fino ad oltre 800 m s.l.m. e un andamento irregolare dei fondovali.

Di conseguenza il regime pluviometrico, influenzato da situazioni locali così diverse, è caratterizzato da forti variazioni spaziali di non facile descrizione.

	GARA PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO	REV. 0	
	Relazione idrologico-idraulica	PAG. 11/63	

Nell'area del bacino in esame inoltre non vi sono attualmente, e non vi sono state in passato, stazioni di rilevamento della portata del torrente, né delle precipitazioni atmosferiche.

Al fine di ricavare un quadro il più completo possibile dell'andamento delle precipitazioni è stata svolta un'accurata indagine prendendo in considerazione solo stazioni pluviografiche nelle immediate vicinanze dell'area del bacino.

3.2.2 Raccolta dati ed elaborati

I dati sono stati reperiti dalle pubblicazioni del Servizio Idrografico Italiano, oggi resi disponibili dall'I.S.P.R.A., la cui rete di rilevamento presenta una notevole continuità e distribuzione omogenea sul territorio.

Con riferimento al catalogo ed alla simbologia del S.I.I., si sono recuperati i dati pluviometrici di alcune stazioni in zona che possono essere ritenute significative: Bosa, Campeda, Rifornitore Tirso e Seneghe per cui sono variamente disponibili i dati nel periodo 1940-1983. I dati sono stati analizzati per ciascuna delle stazioni e poi correlati opportunamente con il metodo dei topoieti all'area in questione.

3.3 STIMA DELLA PORTATA AL COLMO

I metodi di stima della portata ad assegnata frequenza dipendono da vari fattori, primi fra tutti la disponibilità di dati osservati e la copertura spaziale della rete idrometeorologica. In relazione ai dati disponibili, la letteratura evidenzia diverse metodologie che possono essere raccolti in due grandi sottoinsiemi: la prima è nota sotto la generale definizione di Metodi Diretti; la seconda come Metodi Indiretti, in cui l'aggettivo diretto o indiretto specifica se la portata al colmo in qualunque sezione è ricavata direttamente da valori di portate osservate ovvero indirettamente dalla precipitazione meteorica tramite trasformazione afflussi-deflussi (Kottegoda e Rosso, 1997; Moisello, 1998).

Nel caso della Sardegna, la consistenza dei dati di portata disponibili, unitamente alla frequente necessità di dover stimare le portate in sezioni non osservate, suggerisce che la stima della portata di piena ad assegnata frequenza in ciascuna sezione idrologica debba essere determinata attraverso il confronto critico tra metodologie dirette, indirette e metodi empirici e studi specialistici locali, metodologie che dovranno essere confrontate con i dati osservati ove disponibili.



3.4 PRECIPITAZIONI DI BREVE DURATA E FORTE INTENSITÀ

La stima indiretta delle portate di piena a mezzo di modelli matematici di simulazione del fenomeno di trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi nella rete idrografica, ha reso necessario definire il regime di piogge di breve durata e forte intensità, ossia delle precipitazioni massime annuali di durata compresa tra 1 e 24 ore.

Tali durate sono inoltre critiche nei riguardi di altre problematiche connesse con l'equilibrio idrogeologico; sovralluvionamento, erosioni localizzate e diffuse, trasporto solido, fenomeni di instabilità potenziale e in atto, ecc.

Le stime effettuate su tali precipitazioni devono ritenersi meno precise di quelle relative alle precipitazioni annue e mensili anche in ragione del fatto che esse non si limitano a considerare i soli valori medi ma anche quelli corrispondenti a valori diversi della frequenza probabile.

Come si vedrà in seguito, i risultati ottenuti, sia pure con i limiti derivanti dalla evidenziata scarsità dell'informazione di base disponibile, hanno consentito di dare un inquadramento significativo circa la distribuzione spaziale di tali precipitazioni e quindi di poterne valutare, per il bacino considerato, i valori corrispondenti a preassegnate frequenze probabili.

	GARA PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO	REV. 0	
	Relazione idrologico-idraulica	PAG. 12/63	

3.4.1 Raccolta Dati

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

Si sono individuate le quattro stazioni pluviografiche, ricadenti in aree adiacenti a quella in esame, situate nella posizione indicata nella planimetria di TAV. I-01, la quale riporta anche i limiti dell'area del bacino idrografico in esame.

I dati così raccolti sono stati inseriti in un archivio informatizzato allo scopo di costituire una base utile per le successive elaborazioni, agevolmente accessibile sia per ulteriori elaborazioni che per eventuali estensioni.

I dati di base sono riportati nelle tabelle 2, 3, 4 e 5 rispettivamente per le stazioni di Rifornitore Tirso, Bosa, Seneghe e Campeda.

3.4.2 Calcolo Idrologico. Curve di possibilità climatica

La rappresentazione dell'andamento pluviometrico per il bacino idrografico del Rio Tossilo può essere descritta mediante la curva di possibilità climatica, che mette in relazione altezze e durate di una precipitazione per un prefissato tempo di ritorno.

Per la stima delle portate di piena è necessario esaminare gli eventi di pioggia di assegnato tempo di ritorno con durate uguali al tempo di corrivazione del bacino sotteso alla sezione di calcolo.

La curva di possibilità climatica come è noto è rappresentata dalla seguente formula approssimata

$$h = a(1 + k \text{Log}T)^{xn} \quad (4)$$



dove

- h = pioggia, in mm, di durata t e con tempo di ritorno T
- a = intensità di pioggia unitaria (in mm/ora)
- t = durata della pioggia (in ore)
- T = tempo di ritorno (in anni)
- n = esponente adimensionale
- k = coefficiente adimensionale

Per la regolarizzazione statistico - probabilistica della curva di possibilità climatica, valida per il bacino idrografico del rio Tossilo, si è fatto ricorso al modello statistico-probabilistico TCEV (Two Components Extreme Value), fondato su una distribuzione della probabilità di non superamento come segue:

$$P(x \leq X) = e^{\left[-\lambda_1 e^{-\frac{x}{\theta_1}} - \lambda_2 e^{-\frac{x}{\theta_2}} \right]} \quad (5)$$

Lo stesso CNR comunque, nel segnalare che tale modello non è sostitutivo dello studio regionale specifico, ricorda anche che tale modello è affidabile, con tali parametri, solo per bacini di superficie superiore ai 2500 km², e quindi di dimensioni ben maggiori di quelli in considerazione.

	GARA PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSIO	REV. 0	
	Relazione idrologico-idraulica	PAG. 13/63	

3.4.3 Stima della portata di piena al colmo

Recenti studi per la Sardegna mostrano che il modello probabilistico TCEV ben interpreta le caratteristiche di frequenza delle serie storiche motivo per il quale è stato adottato nella procedura VAPI per la derivazione delle curve di possibilità pluviometrica.

La metodologia regionale di calcolo si basa sull'inferenza statistica del modello TCEV della variabile aleatoria adimensionale

$$h' = \frac{h(d)}{\bar{h}(d)} \quad (6)$$

che è il massimo annuale di pioggia per assegnata durata, d , normalizzato rispetto alla media h e successivamente sul calcolo della $h(d)$ per le diverse durate.

L'equazione della curva di possibilità pluviometrica normalizzata è per ciascun tempo di ritorno T .

Usando la (1), si definiscono i parametri della curva, $a(T)$ ed $n(T)$ per tre Sotto Zone Omogenee della Sardegna (SZO), per durate minori e maggiori di 1 ora e per tempi di ritorno maggiori di 10 anni:

$$a = 0.43797 + 1.0890 \cdot \text{Log}(T)$$

$$n = -6.3887 \cdot 10^{-3} - 4.5420 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Log}(T)$$



3.4.4 Il ragguaglio delle piogge all'area

L'osservazione sperimentale delle piogge intense mostra che, all'interno di un'area assegnata, l'intensità di precipitazione durante un certo evento risulta variabile da punto a punto, in misura spesso accentuata. Questa variabilità è tanto più accentuata quanto maggiore è l'estensione dell'area esaminata.

Per questa ragione si usa in pratica fare riferimento a curve di possibilità pluviometrica areali, esprimenti cioè il legame, per un assegnato tempo di ritorno, tra l'altezza media di pioggia che in un'assegnata durata cade su un bacino idrografico di area A (altezza di pioggia ragguagliata all'area) e la durata stessa. La stima delle curve areali deve in genere essere condotta a partire dalle osservazioni pluviometriche disponibili in un certo numero di punti appartenenti al bacino in cui sono ubicate stazioni di misura pluviometriche e per i quali si dispone pertanto delle osservazioni necessarie alla stima delle curve di possibilità climatica puntuali.

Evidentemente, la curva di possibilità, pluviometrica dedotta per una certa località ubicata all'interno del bacino può ritenersi rappresentativa del legame tra l'altezza e la durata, a fissato tempo di ritorno, soltanto per la località in cui essa è stata dedotta e non può essere assunta valida per l'intera area A del bacino. Infatti, questa curva viene dedotta elaborando dati di precipitazione osservati nella località considerata; data la già ricordata variabilità spaziale delle piogge intense, si può ritenere che, durante il verificarsi degli scrosci di pioggia che, nella località di interesse, hanno dato luogo ai massimi annuali suddetti, l'altezza di precipitazione in un altro punto della medesima località posto ad una certa distanza da quello considerato sia risultata diversa da quella ivi osservata.

La stima dell'altezza di pioggia ragguagliata all'area di assegnata durata e tempo di ritorno, $h_A(d,T)$, può essere condotta moltiplicando l'altezza di pioggia puntuale di pari durata e tempo di ritorno per un fattore di ragguaglio $r < 1$:

	GARA PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSIOLO	REV. 0	
	Relazione idrologico-idraulica	PAG. 14/63	

$$h_A(d,T) = r h(d,T) \quad (1')$$

In Italia, il problema del ragguaglio delle piogge all'area non viene usualmente affrontato mediante l'introduzione di un coefficiente di riduzione, bensì modificando i coefficienti a ed n della curva di possibilità climatica puntuale (4). La curva di possibilità climatica areale viene cioè espressa come:



$$h_A(d,T) = a' d n' \quad (1'')$$

in cui a' ed n' vengono messi in relazione con i coefficienti a ed n della curva puntuale e con l'area A del bacino come consigliato da Puppini e cioè:

$$a' = a \cdot \left[1 - 0.084 \frac{A}{100} + 0.007 \left(\frac{a}{100} \right)^2 \right] \quad (7)$$

$$n' = n + 0.014 \frac{A}{100} \quad (8)$$

con A espresso in km^2 .

	GARA PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO	REV. 0	
	Relazione idrologico-idraulica	PAG. 15/63	

3.5 STIMA DELLA PORTATA DI PROGETTO ESEGUITO DAL PRESENTE STUDIO.

A scopo cautelativo nel presente studio viene proposto un calcolo semplificato della portata di progetto dei rii Tossilo e Orovò. Il metodo può essere adottato perché i bacini in esame sono di modeste dimensioni

Il calcolo si basa su un modello afflussi-deflussi proposto da De Martino mediante il quale la portata per unità di superficie del bacino viene fornita dalla seguente espressione:

$$q = \frac{\phi \cdot \varepsilon \cdot I}{3.6} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s} \cdot \text{km}^2} \right] \quad (9)$$

dove:

- ϕ = coefficiente di assorbimento medio;
- ε = coefficiente di ritardo
- $I = h/t$ intensità critica della pioggia in mm/h

Il coefficiente di assorbimento ϕ dipende dalle caratteristiche delle superfici colanti e dalla durata e intensità della pioggia e può essere assimilato al coefficiente di efflusso.

Il coefficiente di ritardo tiene conto del fenomeno dei piccoli invasi, ovvero dal fatto che gli anfratti presenti nel suolo tendono a trattenere una certa quantità di pioggia che verrà restituita al termine della stessa. Esso può essere calcolato con la seguente espressione proposta da Bürkli:

$$\varepsilon = A^{-(1/n)} \quad (10)$$

dove A è la superficie del bacino espressa in ettari, ed n un indice che varia da 4 a 8 in dipendenza dalla forma e dalla pendenza media del bacino.

La portata di piena al colmo si deduce poi dalla:



$$Q = q \cdot A \text{ (m}^3\text{/s)} \quad (11)$$

3.5.1 Stima della pioggia ragguagliata

Come già detto in precedenza, conoscendo le precipitazioni meteoriche che interessano il bacino idrografico di un qualsiasi corso d'acqua, è possibile valutare la relativa portata di piena adottando metodologie di carattere statistico probabilistico, che si inquadrano nella teoria dei sistemi di variabili casuali e che conducono allo studio della correlazione tra la portata di piena ed una o più grandezze caratterizzanti il bacino stesso (superficie, quota media, precipitazioni, tempo di corrivazione, ecc.).

Le ipotesi fondamentali di questo metodo, che prendono lo spunto da alcuni risultati forniti dai metodi della corrivazione (o metodo cinematico) e dall'invaso, sono:

- la portata di massima piena di un bacino deriva da precipitazioni di intensità costante che hanno una durata pari al tempo di corrivazione T_c e si manifesta dopo un intervallo T_c dall'inizio del fenomeno;
- il valore della portata di piena dipende dalla laminazione esercitata dalla capacità naturali ed artificiali del bacino.

	GARA PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO	REV. 0	
	Relazione idrologico-idraulica	PAG. 16/63	

Il tempo di corrivazione è il tempo che una goccia di pioggia, caduta nel punto idraulicamente più lontano dalla sezione considerata, impiega a raggiungere la sezione stessa. Anche in questo caso si ricorre alla formula proposta da Giandotti (2)

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{H}} \quad (2)$$

dove:

- A = superficie del bacino (km²);
- L = lunghezza dell'asta fluviale principale (km)
- H = altitudine media del bacino riferita alla quota della sezione di chiusura (m)

Il valore H si calcola suddividendo la superficie S in aree parziali Si comprese tra due curve di livello e considerando l'altezza media Hi della fascia uguale alla media dei valori delle curve che la delimitano; l'altezza media H del bacino è la media ponderata delle altezze medie delle superfici parziali:

$$H = \sum_i (H_i S_i / S) \quad (12)$$

Le successive figg. 1 e 2 rappresentano le curve ipsometriche dei due bacini dei rii Tosilo ed Orovò rispettivamente, dalle cui si possono anche ricavare le quote medie come rette di compenso parallele all'asse delle ascisse.

Essendo per il rio Tossilo:

- S = 35.1 km²
- L = 7.93 km
- H = 184 m (sulla quota di sbocco del bacino)

il tempo di corrivazione Tc risulta pari a

$$T_c = 3.28 \text{ ore}$$

Analogamente per il Rio Orovò:



- S = 4.44 km²
- L = 2.28 km
- H = 124 m (sulla quota di sbocco del bacino)

il tempo di corrivazione Tc risulta pari a

$$T_c = 1.33 \text{ ore}$$

Considerando le grandezze appena descritte, è evidente che l'unica grandezza che può essere elaborata statisticamente è l'altezza di pioggia ragguagliata "h_{ragg}"; il procedimento finalizzato alla sua determinazione si articola nelle seguenti fasi:

- o reperimento dei dati sperimentali sulla precipitazioni;
- o elaborazione statistica per mezzo del metodo di Gumbel;
- o applicazione del test di Pearson per la verifica dell'attendibilità della legge di distribuzione;
- o tracciamento delle curve di possibilità climatica o pluviometrica;
- o applicazione del metodo dei topoietai;

	GARA PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO	REV. 0	
	Relazione idrologico-idraulica	PAG. 17/63	

- o calcolo della pioggia ragguagliata h_{ragg} come media ponderale riferita alle superfici dei topoi.

Reperimento dei dati sperimentali sulle precipitazioni.

Si sono scelte delle stazioni pluviografiche significative più vicine territorialmente, Rifornitore Tirso, Bosa, Seneghe e Campeda.

Per le stazioni suddette, sono stati considerati i dati relativi a diverse durate di pioggia continua e precisamente piogge di 1, 3, 6, 12 e 24 ore, i cui dati sono raccolti nelle tabelle 2, 3,4 e 5 e condensati nelle 6, 7, 8 e 9.

Elaborazione probabilistica per mezzo del metodo di Gumbel

Come è noto la piovosità può essere rappresentata con equazioni tipo:

$$h(T) = a(T) t^n \quad (1''')$$

dove:

- h = altezza di pioggia (mm);
- a = coefficiente costante in relazione alla frequenza
- n = coefficiente costante;
- t = durata della pioggia (ore);
- T = tempo di ritorno (anni).

Secondo la legge di Gumbel, la probabilità P(h) che il massimo valore di una precipitazione di durata pari al tempo di corrvazione T_c non venga superato nel corso di un determinato anno è data da:

$$P(h) = e^{-e^{-\alpha(h-u)}} \quad (5)$$

in cui:

α, u = parametri delle distribuzione che, qualora i dati disponibili siano in numero sufficientemente elevato, possono essere più facilmente valutati determinando la deviazione standard-σ e la media m, poiché esistono dei legami espressi dalle seguenti relazioni:

$$\alpha = 1.283 / \bar{\sigma} \quad u = m - 0.45 \bar{\sigma} \quad (13)$$

Ciò premesso, occorre introdurre una nuova grandezza, il tempo di ritorno "T", che finisce il numero di anni in cui, mediamente, l'evento considerato viene superato una sola volta.

Dato che tra tempo di ritorno T e probabilità P(h) esiste la seguente relazione:



$$T = 1/[1 - P(h)] \quad (14)$$

facendo le opportune sostituzioni ed esplicitando si ottiene:

$$h(T) = u - (1/\alpha) (\ln \ln (T/(T-1))) \quad (2')$$

che rappresenta, quindi, il valore massimo che una precipitazione meteorica potrà superare, mediamente, una sola volta in un qualsiasi anno del tempo di ritorno T.

Nel caso in esame si sono considerati sette tempi di ritorno (2,5,10,20,50,100,500 e 1000 anni).

	GARA PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO	REV. 0	
	Relazione idrologico-idraulica	PAG. 18/63	

Applicazioni del test di Pearson alla legge di distribuzione di Gumbel.

Determinati i parametri caratteristici della distribuzione di Gumbel, il test di Pearson viene utilizzato per verificare se essa interpola bene la legge casuale delle precipitazioni. Secondo il test di Pearson il campione di dimensione N viene suddiviso in classi, ognuna contenente un certo numero di eventi. Il test introduce una grandezza statistica χ^2 il cui valore, da calcolare mediante i dati disponibili, dà una misura del livello di significatività; tale grandezza è definita dalla relazione:

$$\chi^2 = \sum^k i (N_i - N P_i)^2 / N P_i \quad (15)$$

dove:

- k = numero di classi in cui viene suddiviso il campione di dimensione N;
- N = dimensione del campione;
- P_i = intervallo di probabilità che corrisponde ad ognuna delle classi di suddivisione;
- N_i = numero degli eventi che cadono nell'intervallo P_i
- Il valore di χ^2 così ottenuto viene confrontato con una serie di valori tabulati.
- Entrando infatti in tale tabella con il numero di gradi di libertà definito come:

$$(K - S - 1)$$

dove:

- K = numero di classi;
- S = numero dei parametri della distribuzione;

si cerca nelle tab. 18, 19, 20, 21 il valore di χ^2 , che più approssima quello calcolato; si determina così il corrispondente "livello di significatività".

Applicando tale procedura alla legge di distribuzione appena descritta si rileva che il "livello di significatività", della legge di Gumbel è attendibile.

Tracciamento delle curve di possibilità climatica

Per le stazioni pluviometriche prese in esame si sono ottenuti, per ogni tempo di ritorno, cinque valori di altezza di pioggia, corrispondenti agli intervalli di tempo considerati. E' possibile riportare questi valori su un sistema di assi cartesiani ortogonali (h,t) e determinare la curva di regressione, definita dall'equazione (1), che meglio approssima la loro distribuzione sul piano h, t; si ottengono così le curve di possibilità climatica o pluviometrica.



A tal fine, per semplificare il procedimento, l'equazione "h = atⁿ" è stata trasformata in:

$$\log h = \log a + n \log t \quad (1''')$$

che nel piano h, t, in scala bilogarithmica, rappresenta una retta.

Operata questa trasformazione occorre ricercare la retta di regressione che meglio approssima la distribuzione suddetta: tale ricerca è eseguita con il metodo dei minimi quadrati che consiste nel determinare, tra le possibili rette, quella che minimizza la sommatoria dei quadrati delle differenze tra le ordinate dei punti e le corrispondenti ordinate della retta di regressione.

Questo processo, automatizzato, consente anche il pilotaggio, su scala naturale, delle curve di possibilità climatica corrispondenti ai sette tempi di ritorno considerati.

	GARA PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO	REV. 0	
	Relazione idrologico-idraulica	PAG. 19/63	

Le figg. 2, 3, 4, 5 rappresentano le curve di possibilità pluviometriche in scala bilogarithmica. Le tab. 22 e 23 riportano, per via analitica, i risultati dei calcoli su espressi.

Applicazione del metodo dei topoieti

Quando si dispone dei dati di pioggia relativi a più stazioni pluviografiche, si possono tracciare le curve di possibilità pluviometrica, definite da equazioni del tipo (1), dalle quali è possibile ricavare, per i vari tempi di ritorno, il valore delle precipitazioni meteoriche corrispondenti al tempo di corrivazione T_c del bacino.

Il valore così ricavato è puntuale, che ha un senso solo per un intorno molto limitato della stazione; si può comunque ipotizzare che il regime pluviometrico di tale intorno non si discosti molto da quello più vasto dell'area circostante la stazione stessa.

Il problema, dunque, è quello di delimitare il perimetro delle aree di pertinenza delle stazioni, o, ciò che è lo stesso, la suddivisione dell'intera superficie del bacino in diverse zone (tante quante sono le stazioni) ad ognuna delle quali spetti un regime pluviometrico omogeneo e che comprendano all'interno la relativa stazione pluviografica. L'applicazione del metodo dei topoieti permette, appunto, la suddivisione del bacino sotteso da ciascuna sezione d'attraversamento, e quindi la valutazione delle aree di ogni stazione.

A questo punto è possibile calcolare l'altezza di pioggia ragguagliata all'intero bacino utilizzando la relazione:

$$h_{\text{ragg}} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot h_i}{A_{\text{tot}}} \quad (15)$$

dove

- n = numero delle stazioni pluviografiche,
- h_i = precipitazione relativa alla i -esima stazione pluviografica; tale precipitazione ha una durata pari al tempo di corrivazione T_c e si ricava dalle curve di possibilità climatica relative alla stazione i -esima;
- A_i = superficie del bacino di competenza della i -esima stazione pluviografica;
- A_{tot} = superficie del bacino sotteso dalla sezione dell'attraversamento.

3.5.2 Risultati delle elaborazioni statistiche

Elaborando i dati di pioggia relativi alle stazioni pluviografiche prescelte mediante le metodologie prima descritte, si sono ottenuti i risultati riportati.



In particolare vengono riportati:

- i valori ordinati in ordine crescente della serie di dati di pioggia utilizzati per l'estrapolazione probabilistica, con le relative frequenze; (tab. 10 – 11 – 12 – 13)
- i risultati dell'estrapolazione probabilistica condotta con il metodo di Gumbel (tab. 14 – 15 – 16 – 17)
- i risultati dell'applicazione del test di Pearson; (tab. 18 – 19 – 20 – 21)
- il diagramma delle curve di possibilità pluviometrica (fig. 3 – 4 – 5 – 6)
- i risultati dei calcoli delle piogge ragguagliate (tab. 22 – 23)

La pioggia ragguagliata si calcola omogeneizzando i topoieti di pertinenza agli orizzonti individuati.

3.5.3 Dati storici – taratura del metodo

Dal momento che non esistono misurazioni statistiche sulle portate dei torrenti in questione, su cui tarare i parametri di cui sopra, si è valutata la portata di calcolo, anche applicando la metodologia proposta nei documenti PAI. Il risultato secondo quest'ultimo

	GARA PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSIOLO	REV. 0	
	Relazione idrologico-idraulica	PAG. 20/63	

procedimento risulta essere di gran lunga al di sotto del previsto e quindi non viene preso in considerazione, a favore di sicurezza.

3.5.4 Calcolo delle portate al colmo

Le portate al colmo vengono calcolate con la seguente espressione:

$$q = \frac{\phi \cdot \varepsilon \cdot h_{\text{ragg}}^{(T)} \cdot A}{3.6 \cdot T_c} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] \quad (9)$$

dove

- ϕ è il coefficiente di deflusso durante l'evento di pioggia
- ε è il coefficiente di ritorno
- $h(T)$
- h_{ragg} è precipitazione ragguagliata con tempo di ritorno T (n mm/h)
- T_c è tempo di corrivazione in ore
- A è la superficie del bacino in km^2 .

Nelle tab. 22 e 23 sono riportati i risultati dei calcoli effettuati per i due bacini oggetto di studio all rispettive sezioni finali.

ANNO	località	1 ora		3 ore		6 ore		12 ore		24 ore	
		quantità [mm]	data	quantità [mm]	data	quantità [mm]	data	quantità [mm]	data	quantità [mm]	data
1966		18.6	30-set	29.6	28-set	29.6	28-set	36.2	28-ott	42.2	28-ott
1967		22.4	21-apr	24.4	21-apr	32.6	12-dic	55	12-dic	62.6	12-dic
1968		10	29-apr	16.4	30-nov	29.4	29-nov	42.2	29-nov	58.4	29-nov
1970		46	15-ott	64.6	15-ott	65.2	15-ott	68.8	15-ott	74.6	15-ott
1971		8	16-feb	18.8	20-gen	29.4	20-gen	33.6	20-gen	34.6	19-gen
1972		14	02-ott	22	02-ott	34	18-mag	42.8	18-mag	67.4	18-mag
1973		23.4	03-ott	23.4	03-ott	23.4	03-ott	31.6	03-dic	39.4	03-dic
1975		8	17-nov	20.8	28-ago	31	17-nov	35.8	17-nov	58	17-nov
1976		20.2	26-giu	35	24-giu	36.6	24-giu	36.6	24-giu	36.6	24-giu
1977		15	01-giu	28	01-giu	48	01-giu	62.6	01-giu	64.6	01-giu
1978		32.6	24-apr	35	24-apr	35.2	24-ago	36.6	24-ago	38.8	26-feb
1980		20	13-nov	38	13-nov	51.6	13-nov	76.6	13-nov	94.2	12-nov
1983		9	21-nov	20	21-nov	28.8	21-nov	34.2	21-nov	36.4	21-nov

Tabella 2 Rif. Tirso - precipitazioni di breve durata e forte intensità

ANNO	località	1 ora		3 ore		6 ore		12 ore		24 ore	
		quantità [mm]	data	quantità [mm]	data	quantità [mm]	data	quantità [mm]	data	quantità [mm]	data
1940											
1941		20	29-set	25.3	29-set	45.7	29-set	47.3	29-set	47.3	29-set
1942											
1943											
1944											
1945											
1946		14.2	01-nov	16.4	01-nov	20.6	13-nov	28	13-nov	35.2	13-nov
1947		15.2	25-ott	18.4	25-ott	20	19-ott	27.6	29-nov	34.2	03-feb
1948		16	16-ott	19.8	16-ott	23.4	04-mag	31	13-nov	45.4	03-mag
1949											
1950											
1951											
1952		15.6	21-ott	25	11-set	29.6	11-set	33.6	28-dic	45	28-dic
1953		31	08-giu	49.8	08-giu	56.6	08-giu	82.4	08-giu	115.8	07-giu
1954		7.5	24-ago	14.3	15-giu	25.5	15-giu	33.5	15-giu	34.3	14-giu
1955		25	05-set	25.8	05-set	34	05-set	34	05-set	47.2	09-set
1956		47.8	25-set	47.8	25-set	47.8	25-set	47.8	25-set	51.8	25-set
1957		60	02-ott	119.6	02-ott	119.6	02-ott	119.6	02-ott	128	01-dic
1958											
1959		10	02-feb	25.5	12-mar	33.2	28-ott	42	28-ott	66.2	27-ott
1960		14.4	22-apr	34.8	11-ott	42.8	11-ott	45.2	11-ott	51.4	29-dic
1961											
1963		24.2	14-set	31.2	17-set	43	12-dic	53.8	06-mar	66	12-dic
1964		14.4	11-ott	23	10-mar	30.8	10-mar	31	10-mar	31.4	09-mar
1965		10	09-ott	24	09-ott	31.8	09-ott	32.4	21-ott	32.4	21-ott
1966		23.4	15-giu	32.2	20-ott	32.4	20-ott	37.4	20-ott	39	19-set
1967		20	05-nov	38	05-nov	48	05-nov	57.6	05-nov	62.2	05-nov
1968		10	18-set	14	08-nov	20.8	14-apr	37.4	14-apr	46.8	14-apr
1971		12.8	24-nov	24	30-nov	34.4	30-nov	43.8	30-nov	52.4	30-nov
1972		10.4	12-giu	23.6	12-giu	30.4	12-giu	40	18-feb	54	18-feb
1973		9.6	24-set	17	24-set	19.2	24-set	24	24-apr	30.2	24-apr
1974		9.4	21-set	14	21-set	14.4	28-apr	14.4	28-apr	22.6	21-set
1975		24	12-mag	29.2	12-mag	29.2	12-mag	31.2	12-mag	42	17-nov
1976		19.6	28-giu	24.2	03-ago	43	03-ago	43.2	03-ago	46.6	21-nov
1977		40	07-ott	56.8	07-ott	64.6	07-ott	74.4	07-ott	93.6	07-ott
1981		13	26-ott	33.6	26-ott	48	26-ott	60	26-ott	75.2	26-ott
1982		12	17-gen	25	27-gen	45	27-gen	67	27-gen	67.8	27-gen
1983		21	25-mar	28.8	25-mar	40.6	25-mar	46.6	25-mar	52	25-mar

Tabella 3 Bosa - precipitazioni di breve durata e forte intensità

ANNO	1 ora		3 ore		6 ore		12 ore		24 ore	
	quantità [mm]	data	quantità [mm]	data	quantità [mm]	data	quantità [mm]	data	quantità [mm]	data
1940										
1941	11.5	05-gen	29	29-ott	38.8	28-ott	49.4	28-ott	51.6	20-nov
1942	20.4	28-set	31	28-set	33	28-set	35.8	28-set	35.8	28-set
1943	17.9	28-feb	34.2	25-set	37.6	25-set	52.7	21-dic	56.3	21-dic
1944	24.2	18-apr	32.2	18-apr	32.8	25-nov	58.2	25-feb	60.4	25-feb
1945										
1946	21	26-ott	46.2	26-ott	48.2	26-ott	50.6	26-ott	58.2	26-ott
1947	40	17-ago	101.8	17-ago	104.6	17-ago	104.6	17-ago	105.2	16-ago
1948	21	20-ott	22.8	20-ott	29.8	19-ott	36.2	29-gen	49.2	25-gen
1949										
1950										
1951										
1952										
1953	15	08-giu	23.4	08-giu	34.4	08-giu	56.8	08-giu	105	08-giu
1954	8.9	13-gen	12.5	29-gen	20	06-dic	27.2	29-gen	34.8	29-gen
1955	12	22-gen	22.4	22-gen	34.2	03-feb	54.4	22-gen	60	22-gen
1956	22.8	25-set	22.8	25-set	24.8	30-nov	24.8	30-nov	35.8	28-apr
1957	12.2	10-apr	20.2	10-apr	24.6	09-ott	35.8	10-nov	52.2	10-nov
1958	10.6	11-nov	22.8	07-ott	28.2	07-ott	38.8	24-dic	54.4	24-dic
1959										
1960	12	16-gen	32.6	15-gen	41.2	15-gen	47.6	17-gen	59.8	23-nov
1961										
1962	12.2	27-set	33	27-set	54.2	27-set	59.8	27-gen	63.6	27-set
1964	39.2	29-ago	39.2	29-ago	45.4	06-mar	49.2	01-dic	69.4	01-dic
1965	21	21-gen	32.8	21-gen	43.6	21-gen	63	14-mar	81.6	13-mar
1967	14.8	05-nov	26	12-dic	40	12-dic	54.2	11-dic	63.8	05-nov
1968	25.4	29-ago	32	29-ago	40	14-apr	68.6	14-apr	90.4	14-apr
1969	42.6	15-ott	42.6	15-ott	54	05-mag	75	05-mag	94.4	05-mag
1970	16	15-nov	27.8	31-gen	34	31-gen	45	31-gen	69	30-gen
1971	20	24-nov	30	20-gen	51.8	03-mar	80	20-gen	101	19-gen
1972	49	13-ott	65.6	13-ott	68.6	13-ott	78	18-feb	109.4	02-mag
1973	21.4	03-ott	21.8	03-ott	30.4	28-gen	32	28-gen	45	23-gen
1974	18	10-gen	23.6	13-feb	43	13-dic	50	13-dic	59	01-nov
1975	28	02-apr	42.2	02-apr	44.8	02-apr	45.6	02-apr	58	02-apr
1976	27.6	18-lug	45	21-nov	60	21-nov	107.8	21-nov	115.4	21-nov
1977	23.6	07-ott	36.6	07-ott	37.6	07-ott	49.2	07-ott	66	07-ott
1978	30	21-gen	61	28-nov	77.6	28-nov	79.2	28-nov	132.6	21-gen
1979	30	11-ott	44.6	11-ott	46	11-ott	46.6	11-ott	54.8	14-feb
1980	25	23-mag	35.6	23-mag	36.2	23-mag	54.6	18-ott	73.6	18-ott
1981	20	26-ott	37.6	26-ott	52.6	26-ott	63	26-ott	71.4	26-ott
1983	8.1	15-feb	24	15-feb	27.8	15-feb	27.8	15-feb	27.8	15-feb

Tabella 4 Seneghe - precipitazioni di breve durata e forte intensità

ANNO	1 ora		3 ore		6 ore		12 ore		24 ore	
	quantità [mm]	data	quantità [mm]	data	quantità [mm]	data	quantità [mm]	data	quantità [mm]	data
1940	21.9	09-set	27.5	09-set	29.8	18-ott	33	18-ott	37.5	17-nov
1941	22.9	29-set	28.6	29-set	46.5	29-set	48.2	29-set	48.2	29-set
1942	18.4	09-set	18.4	09-set	27	22-feb	33	25-nov	42.6	09-feb
1943	12	25-set	28.2	25-set	31.6	25-set	43.4	14-dic	45.4	14-dic
1944	19.5	21-ott	20.3	21-ott	23.2	24-gen	43.9	24-gen	50.4	24-gen
1945	11.3	05-gen	17.5	04-gen	31.2	06-dic	42.6	04-gen	57.7	04-gen
1946	28	19-apr	28	19-apr	36.6	08-dic	39	08-dic	54.2	11-ott
1947	14.6	18-ago	17.6	30-dic	24.4	01-dic	37.6	04-feb	71	03-dic
1948	20.2	19-ott	23	19-ott	33.8	29-gen	45.4	29-gen	60.4	03-mag
1949										
1950	11.2	12-nov	17	19-apr	23.4	19-apr	28	19-apr	42	18-apr
1951	13	27-set	16	07-mar	31	25-ott	39.6	25-ott	53.4	06-mar
1952	27.2	04-ago	32.4	19-mag	35.8	19-mag	42.2	14-dic	46.2	14-dic
1953	23	07-giu	28.4	07-giu	40	09-giu	53	08-giu	109.2	08-giu
1954	7.5	06-dic	15.6	13-mar	20.6	15-giu	35.7	15-giu	36.1	15-giu
1955	13.4	11-set	16.4	11-mar	24.4	11-mar	31	11-mar	41.4	10-mar
1956	35.6	25-set	35.6	25-set	36	25-set	41	18-nov	42	25-set
1957	15.8	20-ago	29	25-dic	52.9	26-dic	81.8	25-dic	106.8	25-dic
1958	22.2	19-set	23.8	19-set	28	15-dic	36.4	15-dic	39.8	15-gen
1960	20.4	06-giu	30.8	06-giu	30.3	06-giu	30.8	06-giu	44.8	17-mar
1963	26	17-set	34.2	17-set	39.6	17-set	52	17-set	72.2	12-dic
1971	17	14-ott	17.4	09-nov	21.8	30-nov	34.4	30-nov	40.2	30-nov
1972	9	18-feb	18	18-feb	32.8	18-feb	44	18-mag	78.6	18-mag
1973	30	04-giu	57	04-giu	59.8	04-giu	59.8	04-giu	59.8	04-giu
1974	22.4	21-ott	30.2	21-ott	37.4	21-ott	39.8	21-ott	41.8	18-feb
1975	13.4	09-nov	14.8	09-nov	25.4	18-ott	38.2	17-ott	55.2	17-ott
1978	21	03-mar	27.4	20-ott	37	20-ott	38	20-ott	44.8	20-ott
1979	42	11-ott	49.2	11-ott	50	11-ott	50	11-ott	53.8	22-dic
1980	13.4	19-mag	26	14-gen	38.4	14-gen	38.4	14-gen	47.6	27-nov
1982	12.2	22-ott	15.6	22-ott	19.6	24-ott	29.6	24-ott	43.2	24-ott

Tabella 5 Campeda - precipitazioni di breve durata e forte intensità

ANNO	1 ora quantità [mm]	3 ore quantità [mm]	6 ore quantità [mm]	12 ore quantità [mm]	24 ore quantità [mm]
1966	18.6	29.6	29.6	36.2	42.2
1967	22.4	24.4	32.6	55	62.6
1968	10	16.4	29.4	42.2	58.4
1970	46	64.6	65.2	68.8	74.6
1971	8	18.8	29.4	33.6	34.6
1972	14	22	34	42.8	67.4
1973	23.4	23.4	23.4	31.6	39.4
1975	8	20.8	31	35.8	58
1976	20.2	35	36.6	36.6	36.6
1977	15	28	48	62.6	64.6
1978	32.6	35	35.2	36.6	38.8
1980	20	38	51.6	76.6	94.2
1983	9	20	28.8	34.2	36.4

Tabella 6 Rif. Tirso A - precipitazioni di breve durata e forte intensità

ANNO	1 ora quantità [mm]	3 ore quantità [mm]	6 ore quantità [mm]	12 ore quantità [mm]	24 ore quantità [mm]
1940					
1941	20	25.3	45.7	47.3	47.3
1942					
1943					
1944					
1945					
1946	14.2	16.4	20.6	28	35.2
1947	15.2	18.4	20	27.6	34.2
1948	16	19.8	23.4	31	45.4
1949					
1950					
1951					
1952	15.6	25	29.6	33.6	45
1953	31	49.8	56.6	82.4	115.8
1954	7.5	14.3	25.5	33.5	34.3
1955	25	25.8	34	34	47.2
1956	47.8	47.8	47.8	47.8	51.8
1957	60	119.6	119.6	119.6	128
1958					
1959	10	25.5	33.2	42	66.2
1960	14.4	34.8	42.8	45.2	51.4
1961					
1963	24.2	31.2	43	53.8	66
1964	14.4	23	30.8	31	31.4
1965	10	24	31.8	32.4	32.4
1966	23.4	32.2	32.4	37.4	39
1967	20	38	48	57.6	62.2
1968	10	14	20.8	37.4	46.8
1971	12.8	24	34.4	43.8	52.4
1972	10.4	23.6	30.4	40	54
1973	9.6	17	19.2	24	30.2
1974	9.4	14	14.4	14.4	22.6
1975	24	29.2	29.2	31.2	42
1976	19.6	24.2	43	43.2	46.6
1977	40	56.8	64.6	74.4	93.6
1981	13	33.6	48	60	75.2
1982	12	25	45	67	67.8
1983	21	28.8	40.6	46.6	52

Tabella 7 Bosa A - precipitazioni di breve durata e forte intensità

ANNO	1 ora quantità [mm]	3 ore quantità [mm]	6 ore quantità [mm]	12 ore quantità [mm]	24 ore quantità [mm]
1940					
1941	11.5	29	38.8	49.4	51.6
1942	20.4	31	33	35.8	35.8
1943	17.9	34.2	37.6	52.7	56.3
1944	24.2	32.2	32.8	58.2	60.4
1945					
1946	21	46.2	48.2	50.6	58.2
1947	40	101.8	104.6	104.6	105.2
1948	21	22.8	29.8	36.2	49.2
1949					
1950					
1951					
1952					
1953	15	23.4	34.4	56.8	105
1954	8.9	12.5	20	27.2	34.8
1955	12	22.4	34.2	54.4	60
1956	22.8	22.8	24.8	24.8	35.8
1957	12.2	20.2	24.6	35.8	52.2
1958	10.6	22.8	28.2	38.8	54.4
1959					
1960	12	32.6	41.2	47.6	59.8
1961					
1962	12.2	33	54.2	59.8	63.6
1964	39.2	39.2	45.4	49.2	69.4
1965	21	32.8	43.6	63	81.6
1967	14.8	26	40	54.2	63.8
1968	25.4	32	40	68.6	90.4
1969	42.6	42.6	54	75	94.4
1970	16	27.8	34	45	69
1971	20	30	51.8	80	101
1972	49	65.6	68.6	78	109.4
1973	21.4	21.8	30.4	32	45
1974	18	23.6	43	50	59
1975	28	42.2	44.8	45.6	58
1976	27.6	45	60	107.8	115.4
1977	23.6	36.6	37.6	49.2	66
1978	30	61	77.6	79.2	132.6
1979	30	44.6	46	46.6	54.8
1980	25	35.6	36.2	54.6	73.6
1981	20	37.6	52.6	63	71.4
1983	8.1	24	27.8	27.8	27.8

Tabella 8 Seneghe A - precipitazioni di breve durata e forte intensità

ANNO	1 ora quantità [mm]	3 ore quantità [mm]	6 ore quantità [mm]	12 ore quantità [mm]	24 ore quantità [mm]
1940	21.9	27.5	29.8	33	37.5
1941	22.9	28.6	46.5	48.2	48.2
1942	18.4	18.4	27	33	42.6
1943	12	28.2	31.6	43.4	45.4
1944	19.5	20.3	23.2	43.9	50.4
1945	11.3	17.5	31.2	42.6	57.7
1946	28	28	36.6	39	54.2
1947	14.6	17.6	24.4	37.6	71
1948	20.2	23	33.8	45.4	60.4
1949					
1950	11.2	17	23.4	28	42
1951	13	16	31	39.6	53.4
1952	27.2	32.4	35.8	42.2	46.2
1953	23	28.4	40	53	109.2
1954	7.5	15.6	20.6	35.7	36.1
1955	13.4	16.4	24.4	31	41.4
1956	35.6	35.6	36	41	42
1957	15.8	29	52.9	81.8	106.8
1958	22.2	23.8	28	36.4	39.8
1960	20.4	30.8	30.3	30.8	44.8
1963	26	34.2	39.6	52	72.2
1971	17	17.4	21.8	34.4	40.2
1972	9	18	32.8	44	78.6
1973	30	57	59.8	59.8	59.8
1974	22.4	30.2	37.4	39.8	41.8
1975	13.4	14.8	25.4	38.2	55.2
1978	21	27.4	37	38	44.8
1979	42	49.2	50	50	53.8
1980	13.4	26	38.4	38.4	47.6
1982	12.2	15.6	19.6	29.6	43.2

Tabella 9 Campeda A - precipitazioni di breve durata e forte intensità

1 ora quantità [mm]	3 ore quantità [mm]	6 ore quantità [mm]	12 ore quantità [mm]	24 ore quantità [mm]
8	16.4	23.4	31.6	34.6
8	18.8	28.8	33.6	36.4
9	20	29.4	34.2	36.6
10	20.8	29.4	35.8	38.8
14	22	29.6	36.2	39.4
15	23.4	31	36.6	42.2
18.6	24.4	32.6	36.6	58
20	28	34	42.2	58.4
20.2	29.6	35.2	42.8	62.6
22.4	35	36.6	55	64.6
23.4	35	48	62.6	67.4
32.6	38	51.6	68.8	74.6
46	64.6	65.2	76.6	94.2

Tabella 10 Rif. Tirso B - precipitazioni di breve durata e forte intensità

1 ora quantità [mm]	3 ore quantità [mm]	6 ore quantità [mm]	12 ore quantità [mm]	24 ore quantità [mm]
7.5	14	14.4	14.4	22.6
9.4	14	19.2	24	30.2
9.6	14.3	20	27.6	31.4
10	16.4	20.6	28	32.4
10	17	20.8	31	34.2
10	18.4	23.4	31	34.3
10.4	19.8	25.5	31.2	35.2
12	23	29.2	32.4	39
12.8	23.6	29.6	33.5	42
13	24	30.4	33.6	45
14.2	24	30.8	34	45.4
14.4	24.2	31.8	37.4	46.6
14.4	25	32.4	37.4	46.8
15.2	25	33.2	40	47.2
15.6	25.3	34	42	47.3
16	25.5	34.4	43.2	51.4
19.6	25.8	40.6	43.8	51.8
20	28.8	42.8	45.2	52
20	29.2	43	46.6	52.4
21	31.2	43	47.3	54
23.4	32.2	45	47.8	62.2
24	33.6	45.7	53.8	66
24.2	34.8	47.8	57.6	66.2
25	38	48	60	67.8
31	47.8	48	67	75.2
40	49.8	56.6	74.4	93.6
47.8	56.8	64.6	82.4	115.8
60	119.6	119.6	119.6	128

Tabella 11 Bosa B - precipitazioni di breve durata e forte intensità

1 ora quantità [mm]	3 ore quantità [mm]	6 ore quantità [mm]	12 ore quantità [mm]	24 ore quantità [mm]
8.1	12.5	20	24.8	27.8
8.9	20.2	24.6	27.2	34.8
10.6	21.8	24.8	27.8	35.8
11.5	22.4	27.8	32	35.8
12	22.8	28.2	35.8	45
12	22.8	29.8	35.8	49.2
12.2	22.8	30.4	36.2	51.6
12.2	23.4	32.8	38.8	52.2
14.8	23.6	33	45	54.4
15	24	34	45.6	54.8
16	26	34.2	46.6	56.3
17.9	27.8	34.4	47.6	58
18	29	36.2	49.2	58.2
20	30	37.6	49.2	59
20	31	37.6	49.4	59.8
20.4	32	38.8	50	60
21	32.2	40	50.6	60.4
21	32.6	40	52.7	63.6
21	32.8	41.2	54.2	63.8
21.4	33	43	54.4	66
22.8	34.2	43.6	54.6	69
23.6	35.6	44.8	56.8	69.4
24.2	36.6	45.4	58.2	71.4
25	37.6	46	59.8	73.6
25.4	39.2	48.2	63	81.6
27.6	42.2	51.8	63	90.4
28	42.6	52.6	68.6	94.4
30	44.6	54	75	101
30	45	54.2	78	105
39.2	46.2	60	79.2	105.2
40	61	68.6	80	109.4
42.6	65.6	77.6	104.6	115.4
49	101.8	104.6	107.8	132.6

Tabella 12 Seneghe B - precipitazioni di breve durata e forte intensità

1 ora quantità [mm]	3 ore quantità [mm]	6 ore quantità [mm]	12 ore quantità [mm]	24 ore quantità [mm]
7.5	14.8	19.6	28	36.1
9	15.6	20.6	29.6	37.5
11.2	15.6	21.8	30.8	39.8
11.3	16	23.2	31	40.2
12	16.4	23.4	33	41.4
12.2	17	24.4	33	41.8
13	17.4	24.4	34.4	42
13.4	17.5	25.4	35.7	42
13.4	17.6	27	36.4	42.6
13.4	18	28	37.6	43.2
14.6	18.4	29.8	38	44.8
15.8	20.3	30.3	38.2	44.8
17	23	31	38.4	45.4
18.4	23.8	31.2	39	46.2
19.5	26	31.6	39.6	47.6
20.2	27.4	32.8	39.8	48.2
20.4	27.5	33.8	41	50.4
21	28	35.8	42.2	53.4
21.9	28.2	36	42.6	53.8
22.2	28.4	36.6	43.4	54.2
22.4	28.6	37	43.9	55.2
22.9	29	37.4	44	57.7
23	30.2	38.4	45.4	59.8
26	30.8	39.6	48.2	60.4
27.2	32.4	40	50	71
28	34.2	46.5	52	72.2
30	35.6	50	53	78.6
35.6	49.2	52.9	59.8	106.8
42	57	59.8	81.8	109.2

Tabella 13 Campeda B - precipitazioni di breve durata e forte intensità

	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
m	19.01538	28.92308	36.52308	45.58462	54.44615
σ	10.84542	12.69581	11.60705	15.03429	18.28335
V_d	0.57035	0.438951	0.3178	0.329811	0.335806
u	14.13495	23.20996	31.2999	38.81919	46.21864
α	0.118299	0.101057	0.110536	0.085338	0.070173

T\h	1	3	6	12	24	a	n
2	17.23314	26.83676	34.61568	43.11401	51.44163	17.23314	0.344114
5	26.81419	38.05248	44.86957	56.39559	67.5935	26.81419	0.290927
10	33.15768	45.47827	51.65854	65.18915	78.28744	33.15768	0.270327
20	39.24251	52.60126	58.17068	73.62415	88.54532	39.24251	0.256054
50	47.1187	61.82124	66.59998	84.54238	101.8231	47.1187	0.242465
100	53.02079	68.73032	72.91655	92.72406	111.7729	53.02079	0.234667
200	58.90135	75.61419	79.21008	100.8759	121.6865	58.90135	0.228311
500	66.65963	84.69615	87.51319	111.6307	134.7655	66.65963	0.221499
1000	72.52315	91.56008	93.78849	119.7589	144.6503	72.52315	0.217244

Tabella 14 Rif. Tirso C - analisi di Gumbel

	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
m	19.66071	30.75357	38.37143	45.22143	54.14286
σ	12.24821	20.37098	19.97606	21.11307	24.54469
V_d	0.622979	0.662394	0.520597	0.466882	0.453332
u	14.14902	21.58663	29.3822	35.72055	43.09775
α	0.10475	0.062982	0.064227	0.060768	0.052272

T\h	1	3	6	12	24	a	n
2	17.64795	27.40598	35.08874	41.75189	50.1094	17.64795	0.328374
5	28.46826	45.4021	52.73597	60.40359	71.79265	28.46826	0.291056
10	35.63225	57.31709	64.41998	72.75263	86.14885	35.63225	0.277788
20	42.50411	68.74624	75.62756	84.59813	99.91966	42.50411	0.268959
50	51.39904	83.5401	90.13462	99.93092	117.7446	51.39904	0.260819
100	58.06454	94.62602	101.0056	111.4207	131.1018	58.06454	0.256263
200	64.70572	105.6715	111.837	122.8685	144.4103	64.70572	0.25261
500	73.46749	120.2439	126.1268	137.9718	161.9684	73.46749	0.248755
1000	80.08943	131.2573	136.9268	149.3865	175.2384	80.08943	0.246378

Tabella 15 Bosa C - analisi di Gumbel

	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
m	21.86061	34.99697	43.02424	54.59091	68.63333
σ	9.964309	16.45198	16.73251	19.76551	25.36494
V_d	0.455811	0.470097	0.388909	0.362066	0.369572
u	17.37667	27.59358	35.49461	45.69643	57.21911
α	0.12876	0.077985	0.076677	0.064911	0.050582

T\h	1	3	6	12	24	a	n
2	20.22316	32.29339	40.27457	51.34282	64.46508	20.22316	0.364782
5	29.02582	46.8274	55.05639	68.80405	86.87296	29.02582	0.344947
10	34.85395	56.45017	64.84324	80.3649	101.7089	34.85395	0.336983
20	40.44443	65.68057	74.23103	91.45435	115.9399	40.44443	0.33138
50	47.68074	77.62837	86.38255	105.8085	134.3605	47.68074	0.325985
100	53.10333	86.58156	95.48841	116.5649	148.1642	53.10333	0.322865
200	58.50614	95.50209	104.561	127.2821	161.9175	58.50614	0.320308
500	65.63411	107.271	116.5307	141.4214	180.0623	65.63411	0.317555
1000	71.02127	116.1657	125.577	152.1075	193.7757	71.02127	0.315829

Tabella 16 Seneghe C - analisi di Gumbel

	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
m	19.46552	25.65172	33.38966	41.71724	54.01034
σ	8.0117	9.948281	9.836207	10.71365	18.2923
V_d	0.411584	0.387821	0.294588	0.256816	0.338681
u	15.86025	21.175	28.96336	36.8961	45.77881
α	0.160141	0.128967	0.130436	0.119754	0.070139

T\h	1	3	6	12	24	a	n
2	18.14894	24.01691	31.77326	39.95665	51.00435	18.14894	0.325136
5	25.22664	32.80541	40.46275	49.4213	67.16412	25.22664	0.308125
10	29.91268	38.62417	46.21596	55.68771	77.86329	29.91268	0.301024
20	34.40765	44.20566	51.73457	61.69861	88.12619	34.40765	0.295933
50	40.22593	51.43032	58.87784	69.4791	101.4105	40.22593	0.290953
100	44.58591	56.84419	64.23072	75.30948	111.3652	44.58591	0.288037
200	48.92998	62.23831	69.56407	81.11859	121.2835	48.92998	0.285628
500	54.66116	69.35482	76.6004	88.7826	134.3689	54.66116	0.283015
1000	58.99264	74.73331	81.9183	94.57488	144.2586	58.99264	0.281366

Tabella 17 Campeda C - analisi di Gumbel

P(h)i	T	1/P	u	α	h	Ni	%		X2
Rif. Tirso - 1 ora									
0.2	5	1.25	14.13495	0.118299	26.81419	7	13%	0.028125	
0.4	2.5	1.666667	14.13495	0.118299	19.81317	11	20%	0.103603	
0.6	1.666667	2.5	14.13495	0.118299	14.87394	18	32%	0.129337	
0.8	1.25	5	14.13495	0.118299	10.11221	12	21%	0.428827	
1						8	14%	0.734694	
						56	100%	1.424585	9.488
									VERO
Rif. Tirso - 3 ore									
0.2	5	1.25	23.20996	0.101057	38.05248	8	14%	0.016327	
0.4	2.5	1.666667	23.20996	0.101057	29.85698	8	14%	0.165306	
0.6	1.666667	2.5	23.20996	0.101057	24.07503	19	34%	0.113287	
0.8	1.25	5	23.20996	0.101057	18.50089	15	27%	0.35397	
1						5	9%	0.829401	
						55	98%	1.47829	9.488
									VERO
Rif. Tirso - 6 ore									
0.2	5	1.25	31.2999	0.110536	44.86957	9	16%	0.007717	
0.4	2.5	1.666667	31.2999	0.110536	37.37689	9	16%	0.143144	
0.6	1.666667	2.5	31.2999	0.110536	32.09079	18	32%	0.129337	
0.8	1.25	5	31.2999	0.110536	26.99467	12	21%	0.428827	
1						8	14%	0.734694	
						56	100%	1.443718	9.488
									VERO
Rif. Tirso - 12 ore									
0.2	5	1.25	38.81919	0.085338	56.39559	11	20%	6.38E-05	
0.4	2.5	1.666667	38.81919	0.085338	46.69053	9	16%	0.143144	
0.6	1.666667	2.5	38.81919	0.085338	39.8436	9	16%	0.32162	
0.8	1.25	5	38.81919	0.085338	33.24273	17	30%	0.308052	
1						9	16%	0.704401	
						55	98%	1.47728	9.488
									VERO
Rif. Tirso - 24 ore									
0.2	5	1.25	46.21864	0.070173	67.5935	14	25%	0.0125	
0.4	2.5	1.666667	46.21864	0.070173	55.79107	9	16%	0.143144	
0.6	1.666667	2.5	46.21864	0.070173	47.46444	11	20%	0.27145	
0.8	1.25	5	46.21864	0.070173	39.43706	12	21%	0.428827	
1						10	18%	0.674745	
						56	100%	1.530665	9.488
									VERO

Tabella 18 Rif. Tirso - test di Pearson

P(h) _i	T	1/P	u	α	h	Ni	%		X2
Bosa - 1 ora									
0.2	5	1.25	14.14902	0.10475	28.46826	7	13%	0.028125	
0.4	2.5	1.666667	14.14902	0.10475	20.56169	11	20%	0.103603	
0.6	1.666667	2.5	14.14902	0.10475	14.98359	18	32%	0.129337	
0.8	1.25	5	14.14902	0.10475	9.605961	12	21%	0.428827	
1						8	14%	0.734694	
						56	100%	1.424585	9.488
VERO									
Bosa - 3 ore									
0.2	5	1.25	21.58663	0.062982	45.4021	8	14%	0.016327	
0.4	2.5	1.666667	21.58663	0.062982	32.25205	8	14%	0.165306	
0.6	1.666667	2.5	21.58663	0.062982	22.97468	19	34%	0.113287	
0.8	1.25	5	21.58663	0.062982	14.03072	15	27%	0.35397	
1						5	9%	0.829401	
						55	98%	1.47829	9.488
VERO									
Bosa - 6 ore									
0.2	5	1.25	29.3822	0.064227	52.73597	9	16%	0.007717	
0.4	2.5	1.666667	29.3822	0.064227	39.84086	9	16%	0.143144	
0.6	1.666667	2.5	29.3822	0.064227	30.74334	18	32%	0.129337	
0.8	1.25	5	29.3822	0.064227	21.97277	12	21%	0.428827	
1						8	14%	0.734694	
						56	100%	1.443718	9.488
VERO									
Bosa - 12 ore									
0.2	5	1.25	35.72055	0.060768	60.40359	11	20%	6.38E-05	
0.4	2.5	1.666667	35.72055	0.060768	46.7745	9	16%	0.143144	
0.6	1.666667	2.5	35.72055	0.060768	37.15916	9	16%	0.32162	
0.8	1.25	5	35.72055	0.060768	27.88938	17	30%	0.308052	
1						9	16%	0.704401	
						55	98%	1.47728	9.488
VERO									
Bosa - 24 ore									
0.2	5	1.25	43.09775	0.052272	71.79265	14	25%	0.0125	
0.4	2.5	1.666667	43.09775	0.052272	55.94836	9	16%	0.143144	
0.6	1.666667	2.5	43.09775	0.052272	44.77018	11	20%	0.27145	
0.8	1.25	5	43.09775	0.052272	33.99373	12	21%	0.428827	
1						10	18%	0.674745	
						56	100%	1.530665	9.488
VERO									

Tabella 19 Bosa - test di Pearson

P(h) _i	T	1/P	u	α	h	N _i	%		X ₂
Seneghe - 1 ora									
0.2	5	1.25	17.37667	0.12876	29.02582	7	13%	0.028125	
0.4	2.5	1.666667	17.37667	0.12876	22.59358	11	20%	0.103603	
0.6	1.666667	2.5	17.37667	0.12876	18.05562	18	32%	0.129337	
0.8	1.25	5	17.37667	0.12876	13.68075	12	21%	0.428827	
1						8	14%	0.734694	
						56	100%	1.424585	9.488
									VERO
Seneghe - 3 ore									
0.2	5	1.25	27.59358	0.077985	46.8274	8	14%	0.016327	
0.4	2.5	1.666667	27.59358	0.077985	36.20717	8	14%	0.165306	
0.6	1.666667	2.5	27.59358	0.077985	28.71459	19	34%	0.113287	
0.8	1.25	5	27.59358	0.077985	21.49128	15	27%	0.35397	
1						5	9%	0.829401	
						55	98%	1.47829	9.488
									VERO
Seneghe - 6 ore									
0.2	5	1.25	35.49461	0.076677	55.05639	9	16%	0.007717	
0.4	2.5	1.666667	35.49461	0.076677	44.25508	9	16%	0.143144	
0.6	1.666667	2.5	35.49461	0.076677	36.63474	18	32%	0.129337	
0.8	1.25	5	35.49461	0.076677	29.28826	12	21%	0.428827	
1						8	14%	0.734694	
						56	100%	1.443718	9.488
									VERO
Seneghe - 12 ore									
0.2	5	1.25	45.69643	0.064911	68.80405	11	20%	6.38E-05	
0.4	2.5	1.666667	45.69643	0.064911	56.04485	9	16%	0.143144	
0.6	1.666667	2.5	45.69643	0.064911	47.04322	9	16%	0.32162	
0.8	1.25	5	45.69643	0.064911	38.36509	17	30%	0.308052	
1						9	16%	0.704401	
						55	98%	1.47728	9.488
									VERO
Seneghe - 24 ore									
0.2	5	1.25	57.21911	0.050582	86.87296	14	25%	0.0125	
0.4	2.5	1.666667	57.21911	0.050582	70.49917	9	16%	0.143144	
0.6	1.666667	2.5	57.21911	0.050582	58.94744	11	20%	0.27145	
0.8	1.25	5	57.21911	0.050582	47.81085	12	21%	0.428827	
1						10	18%	0.674745	
						56	100%	1.530665	9.488
									VERO

Tabella 20 Seneghe - test di Pearson

P(h) _i	T	1/P	u	α	h	N _i	%		X2
Campeda - 1 ora									
0.2	5	1.25	15.86025	0.160141	25.22664	7	13%	0.028125	
0.4	2.5	1.666667	15.86025	0.160141	20.05485	11	20%	0.103603	
0.6	1.666667	2.5	15.86025	0.160141	16.40616	18	32%	0.129337	
0.8	1.25	5	15.86025	0.160141	12.88859	12	21%	0.428827	
1						8	14%	0.734694	
						56	100%	1.424585	9.488
VERO									
Campeda - 3 ore									
0.2	5	1.25	21.175	0.128967	32.80541	8	14%	0.016327	
0.4	2.5	1.666667	21.175	0.128967	26.38352	8	14%	0.165306	
0.6	1.666667	2.5	21.175	0.128967	21.85286	19	34%	0.113287	
0.8	1.25	5	21.175	0.128967	17.48502	15	27%	0.35397	
1						5	9%	0.829401	
						55	98%	1.47829	9.488
VERO									
Campeda - 6 ore									
0.2	5	1.25	28.96336	0.130436	40.46275	9	16%	0.007717	
0.4	2.5	1.666667	28.96336	0.130436	34.1132	9	16%	0.143144	
0.6	1.666667	2.5	28.96336	0.130436	29.63359	18	32%	0.129337	
0.8	1.25	5	28.96336	0.130436	25.31496	12	21%	0.428827	
1						8	14%	0.734694	
						56	100%	1.443718	9.488
VERO									
Campeda - 12 ore									
0.2	5	1.25	36.8961	0.119754	49.4213	11	20%	6.38E-05	
0.4	2.5	1.666667	36.8961	0.119754	42.50533	9	16%	0.143144	
0.6	1.666667	2.5	36.8961	0.119754	37.62611	9	16%	0.32162	
0.8	1.25	5	36.8961	0.119754	32.92224	17	30%	0.308052	
1						9	16%	0.704401	
						55	98%	1.47728	9.488
VERO									
Campeda - 24 ore									
0.2	5	1.25	45.77881	0.070139	67.16412	14	25%	0.0125	
0.4	2.5	1.666667	45.77881	0.070139	55.35592	9	16%	0.143144	
0.6	1.666667	2.5	45.77881	0.070139	47.02522	11	20%	0.27145	
0.8	1.25	5	45.77881	0.070139	38.99391	12	21%	0.428827	
1						10	18%	0.674745	
						56	100%	1.530665	9.488
VERO									

Tabella 21 Campeda - test di Pearson

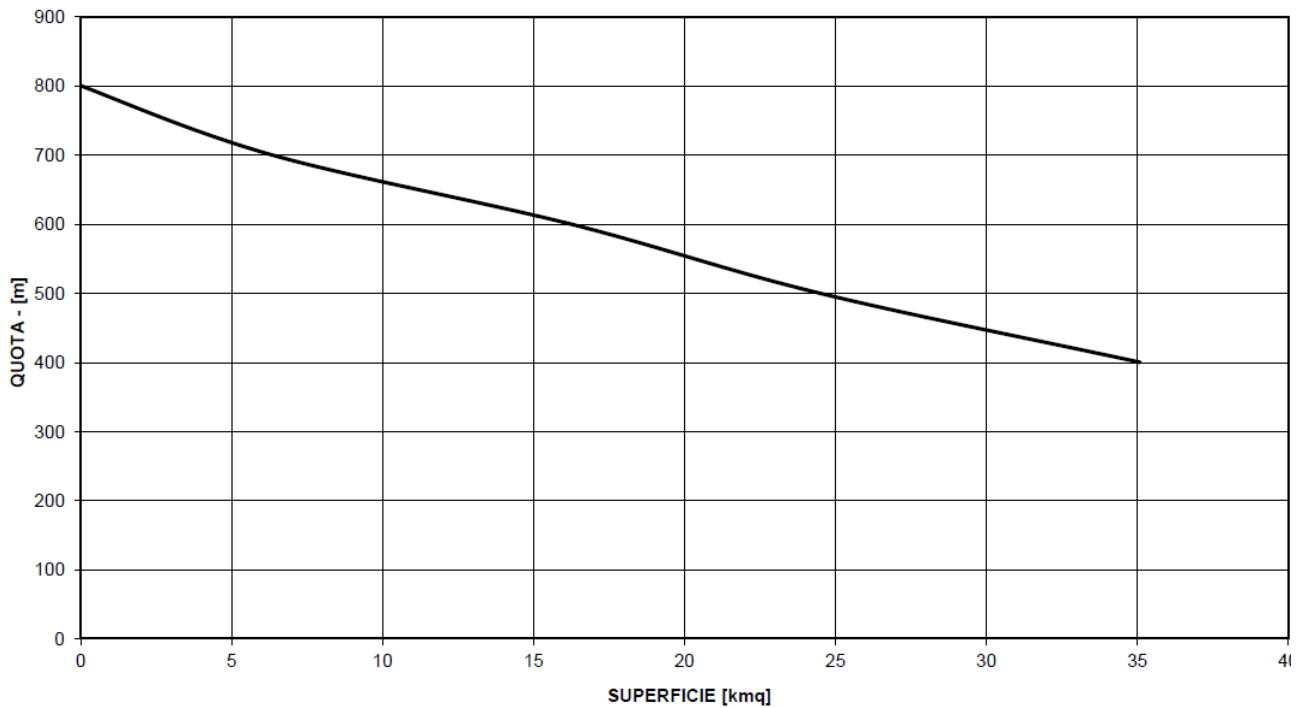


Figura 1 Curva ipsometrica rio Tossilo

RAS					Q [mc/s]
a	n	a'	n'	h	
0.143576	-0.00776	0.143041	-0.00713	0.142748	0.052429
0.333373	-0.00956	0.33213	-0.00894	0.33128	0.121674
0.476949	-0.01093	0.475171	-0.01031	0.473769	0.174008
0.620525	-0.0123	0.618212	-0.01168	0.616146	0.226301
0.810323	-0.01411	0.807301	-0.01348	0.804187	0.295364
0.953899	-0.01547	0.950342	-0.01485	0.946305	0.347564
1.097475	-0.01684	1.093383	-0.01622	1.088312	0.399721
1.287272	-0.01865	1.282474	-0.01803	1.275864	0.468604
1.430848	-0.02001	1.425515	-0.01939	1.417612	0.520661

Tabella 22 rio Orovò - calcolo piogge ragguagliate e portate

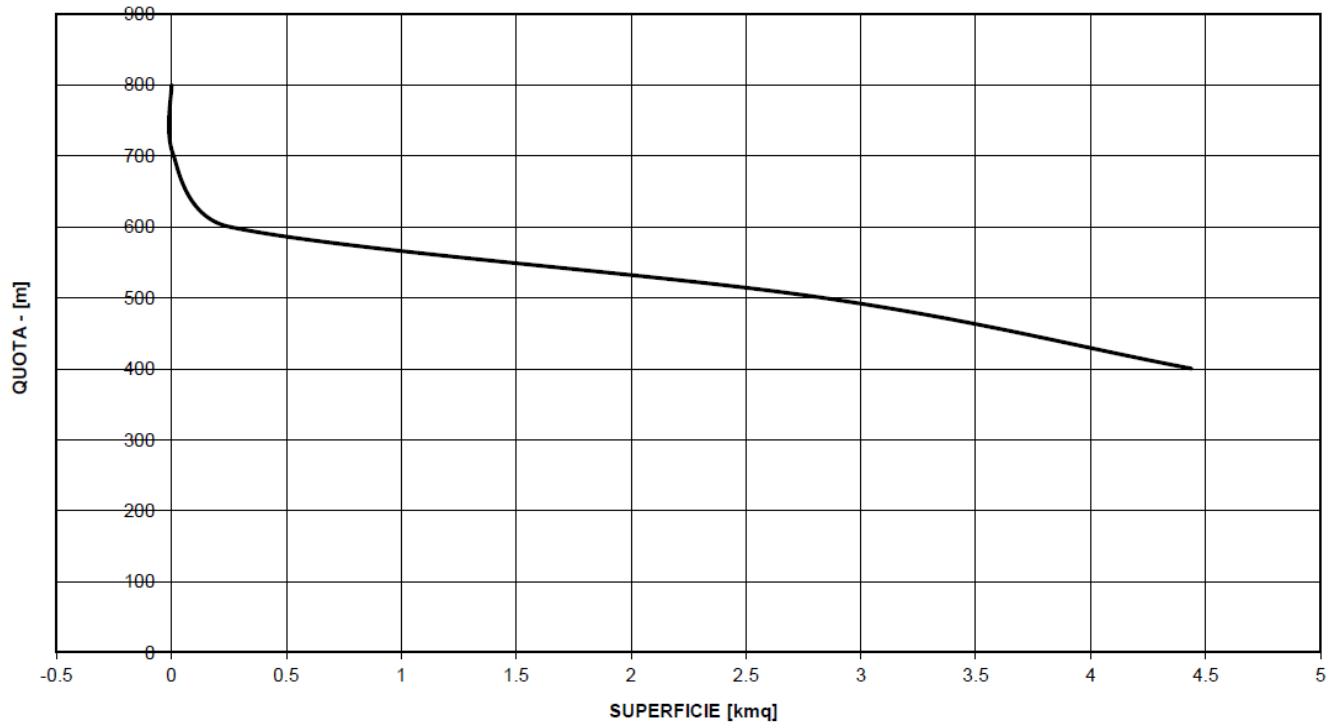


Figura 2 Curva ipsometrica rio Orovò

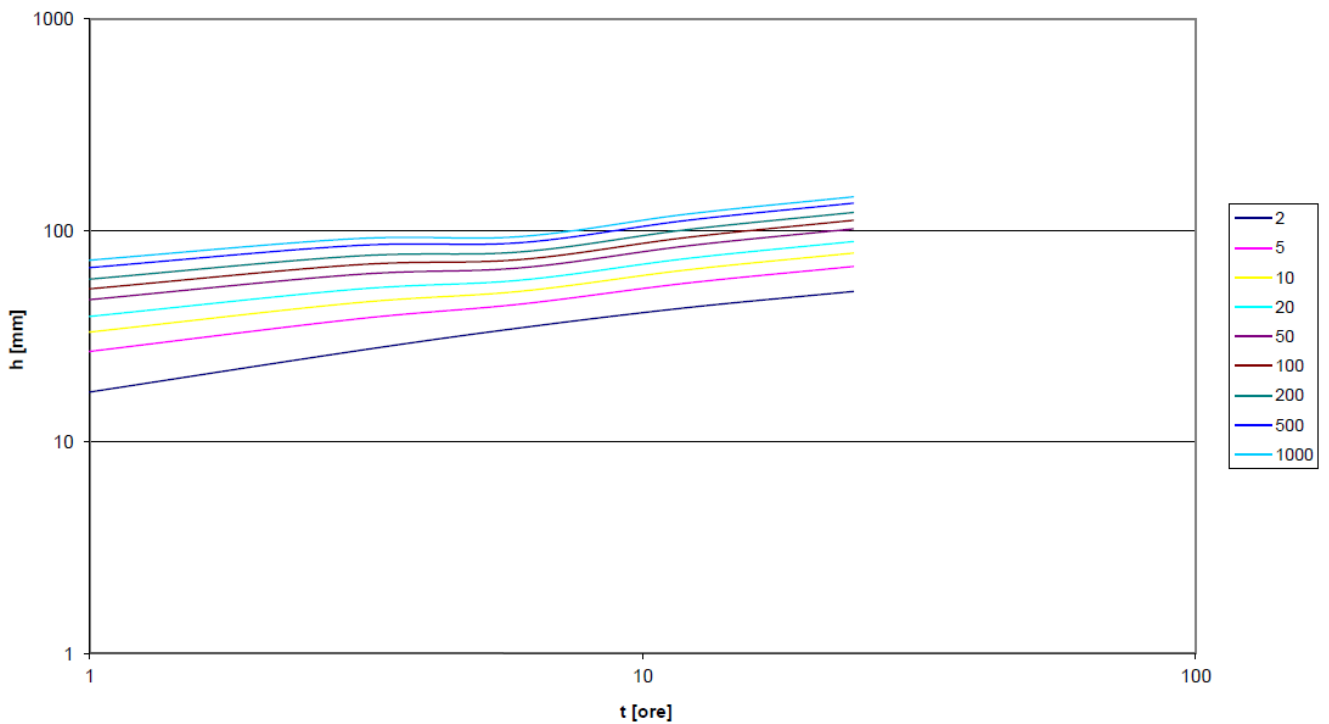


Figura 3 Rif. Tirso - Possibilità pluviometriche

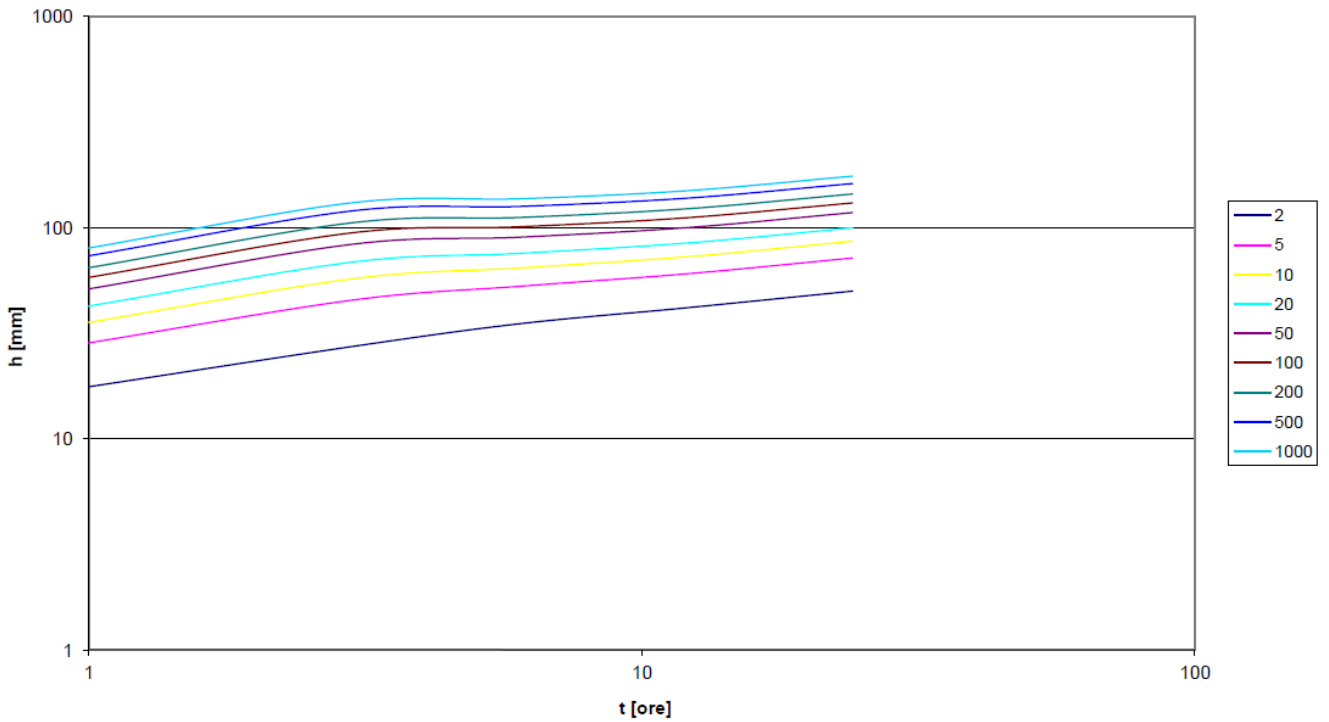


Figura 4 Bosa - Possibilità pluviometriche

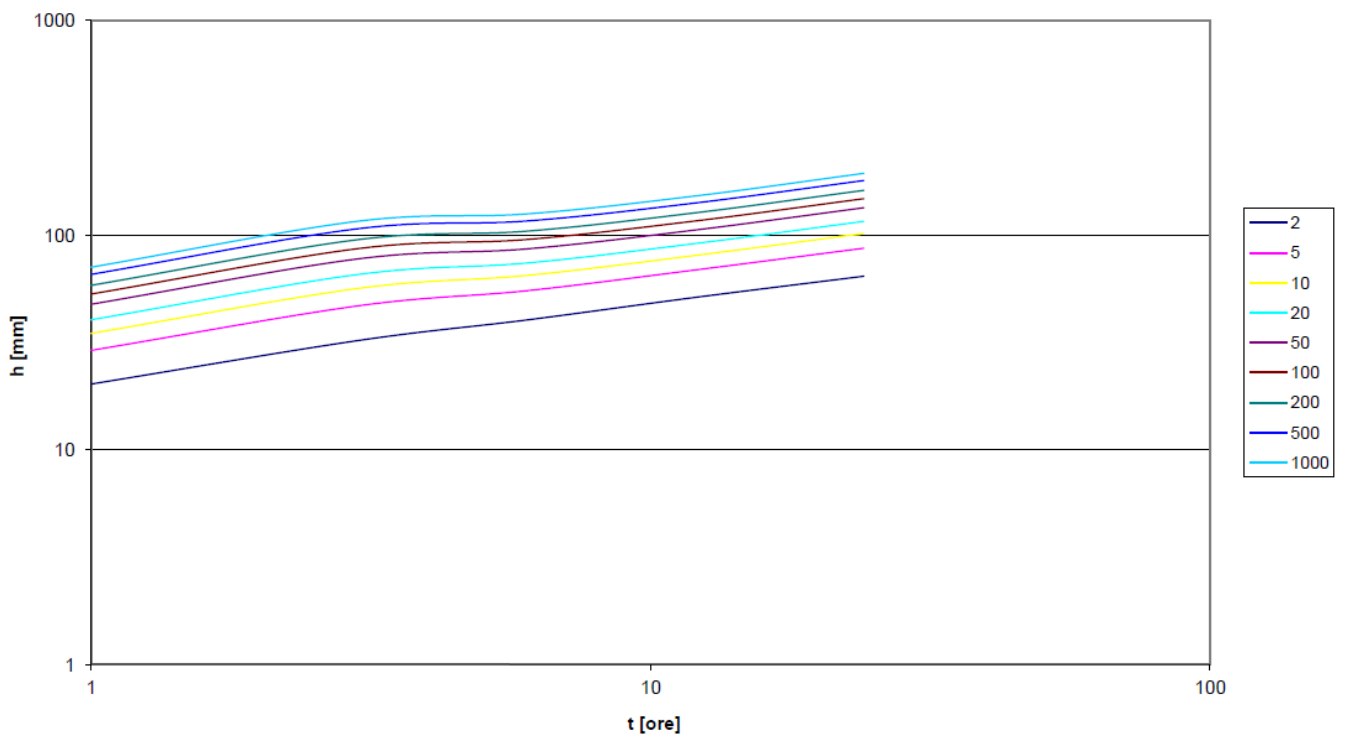


Figura 5 Seneghe - Possibilità pluviometriche

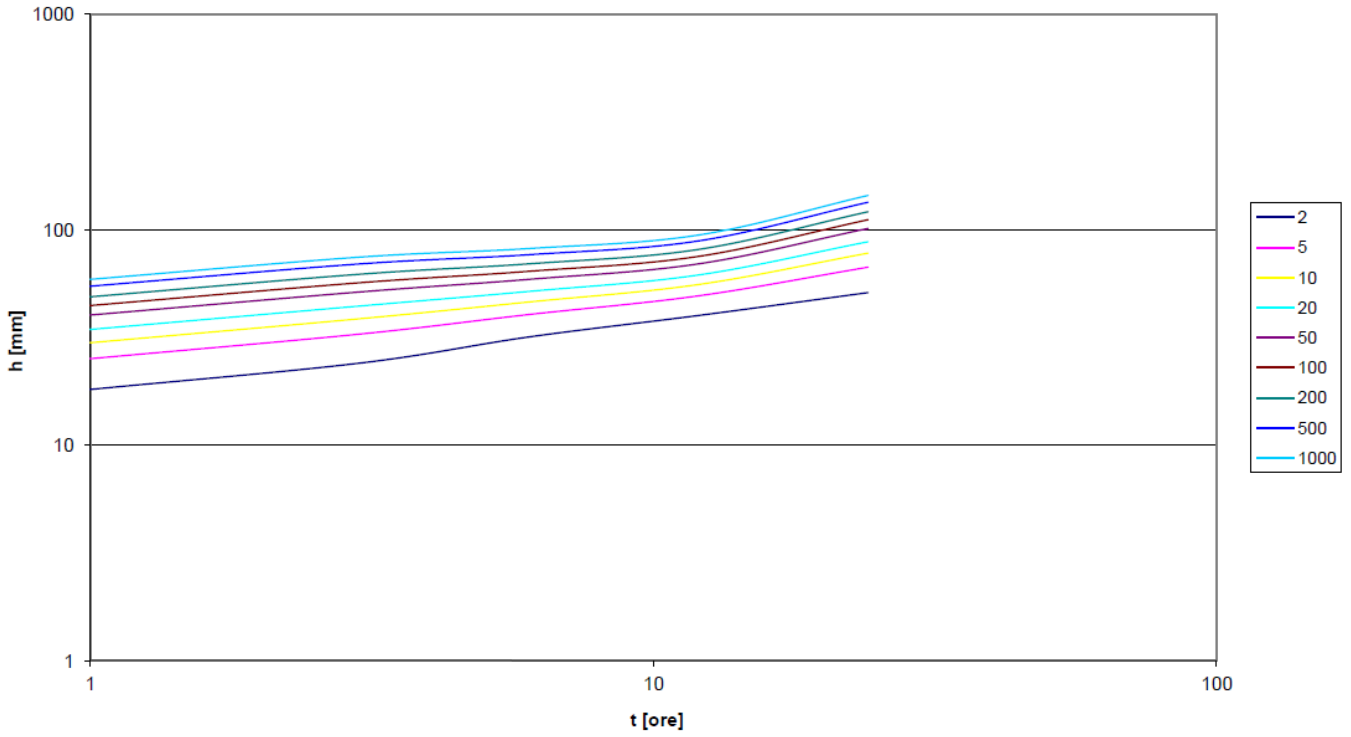


Figura 6 Campeda - Possibilità pluviometriche

A	35.102 km ²
L	7.93 km
H	184.0121 m
T _c	3.279902
φ	0.85
ε	0.36044

Topoiet	BCS	CTS	BTS
ABosa			3.727
ACampeda	14.231	18.261	
ASeneghe	0.074	2.556	5.466
ARif. Tirso			25.928
T	valori scelti		
100	62.32952 m ³ /s		
200	68.85119 m ³ /s		

T	Campeda - BCS					Seneghe - BCS				
	a	n	a'	n'	h	a	n	a'	n'	h
2	18.14894	0.325136	17.93618	0.327128	26.45345	20.22316	0.364782	20.22769	0.364792	31.1981
5	25.22664	0.308125	24.93631	0.310118	36.04207	29.02582	0.344947	29.04114	0.344958	43.74856
10	29.91268	0.301024	29.57384	0.303017	42.38598	34.85395	0.336983	34.88142	0.336993	52.05179
20	34.40765	0.295933	34.02486	0.297925	48.47126	40.44443	0.33138	40.48823	0.33139	60.0178
50	40.22593	0.290953	39.79063	0.292945	56.35077	47.68074	0.325985	47.75365	0.325996	70.33558
100	44.58591	0.288037	44.11497	0.290029	62.25879	53.10333	0.322865	53.20485	0.322875	78.07462
200	48.92998	0.285628	48.42707	0.28762	68.14911	58.50614	0.320308	58.64269	0.320318	85.7933
500	54.66116	0.283015	54.12206	0.285007	75.92736	65.63411	0.317555	65.82795	0.317565	95.99088
1000	58.99264	0.281366	58.43115	0.283358	81.81213	71.02127	0.315829	71.26762	0.31584	103.7102
100 medio	44.58591	0.295468	44.11497	0.297461	62.81081	53.10333	0.331181	53.20485	0.331192	78.84972
200 medio	48.92998	0.295468	48.42707	0.297461	68.95037	58.50614	0.331181	58.64269	0.331192	86.9086

Campeda - CTS					Seneghe - CTS					Bosa - BTS				
a	n	a'	n'	h	a	n	a'	n'	h	a	n	a'	n'	h
18.14894	0.325136	17.87474	0.327692	26.38051	20.22316	0.364782	20.18553	0.365139	31.14592	17.64795	0.328374	17.59655	0.328895	26.00709
25.22664	0.308125	24.85092	0.310682	35.94272	29.02582	0.344947	28.98062	0.345305	43.67542	28.46826	0.291056	28.39528	0.291578	40.14763
29.91268	0.301024	29.47258	0.303581	42.26917	34.85395	0.336983	34.80876	0.33734	51.96479	35.63225	0.277788	35.55236	0.27831	49.48091
34.40765	0.295933	33.90838	0.298489	48.33771	40.44443	0.33138	40.40391	0.331738	59.91753	42.50411	0.268959	42.4248	0.269481	58.42979
40.22593	0.290953	39.65446	0.29351	56.19558	47.68074	0.325985	47.65425	0.326343	70.21814	51.39904	0.260819	51.33318	0.261341	70.01867
44.58591	0.288037	43.96404	0.290593	62.08738	53.10333	0.322865	53.09414	0.323223	77.94432	58.06454	0.256263	58.01979	0.256785	78.71213
48.92998	0.285628	48.26143	0.288184	67.96155	58.50614	0.320308	58.52071	0.320666	85.6502	64.70572	0.25261	64.69278	0.253132	87.38498
54.66116	0.283015	53.93702	0.285571	75.71849	65.63411	0.317555	65.69111	0.317913	95.83088	73.46749	0.248755	73.51506	0.249277	98.84819
58.99264	0.281366	58.23145	0.283922	81.58717	71.02127	0.315829	71.11955	0.316187	103.5375	80.08943	0.246378	80.1983	0.2469	107.5304
44.58591	0.295468	43.96404	0.298025	62.63787	53.10333	0.331181	53.09414	0.331539	78.71813	58.06454	0.270112	58.01979	0.270633	80.01756
48.92998	0.295468	48.26143	0.298025	68.7606	58.50614	0.331181	58.52071	0.331539	86.76363	64.70572	0.270112	64.69278	0.270633	89.22056

Seneghe BTS					Rif. Tirso - BTS					h	Q [mc/s]
a	n	a'	n'	h	a	n	a'	n'	h		
20.22316	0.364782	20.13609	0.365547	31.08469	17.23314	0.344114	16.8614	0.347744	25.48479	26.58939	24.2175
29.02582	0.344947	28.90967	0.345713	43.58958	26.81419	0.290927	26.24369	0.294557	37.23703	37.54836	34.19888
34.85395	0.336983	34.72356	0.337748	51.8627	33.15768	0.270327	32.46104	0.273957	44.94547	44.77299	40.77904
40.44443	0.33138	40.30505	0.332145	59.79985	39.24251	0.256054	38.43013	0.259684	52.31578	51.69422	47.08287
47.68074	0.325985	47.5377	0.326751	70.08031	47.1187	0.242465	46.1657	0.246095	61.84011	60.64955	55.23935
53.10333	0.322865	52.96433	0.32363	77.79139	53.02079	0.234667	51.97036	0.238297	68.97377	67.36195	61.35297
58.50614	0.320308	58.3777	0.321073	85.48224	58.90135	0.228311	57.76155	0.231941	76.08305	74.05375	67.44783
65.63411	0.317555	65.53068	0.31832	95.64311	66.65963	0.221499	65.41515	0.225129	85.47	82.89115	75.4969
71.02127	0.315829	70.94594	0.316594	103.3347	72.52315	0.217244	71.21064	0.220874	92.57316	89.57872	81.58791
53.10333	0.331181	52.96433	0.331947	78.56368	53.02079	0.256179	51.97036	0.259809	70.75886	68.43414	62.32952
58.50614	0.331181	58.3777	0.331947	86.59349	58.90135	0.256179	57.76155	0.259809	78.6437	75.59455	68.85119

RAS					Q [mc/s]
a	n	a'	n'	h	
0.143576	-0.00776	0.139343	-0.00284	0.138873	0.126485
0.333373	-0.00956	0.323544	-0.00465	0.321762	0.293059
0.476949	-0.01093	0.462886	-0.00602	0.45959	0.418593
0.620525	-0.0123	0.602229	-0.00738	0.59697	0.543718
0.810323	-0.01411	0.78643	-0.00919	0.777891	0.7085
0.953899	-0.01547	0.925773	-0.01056	0.914235	0.832681
1.097475	-0.01684	1.065116	-0.01193	1.050134	0.956458
1.287272	-0.01865	1.249317	-0.01373	1.229103	1.119462
1.430848	-0.02001	1.388661	-0.0151	1.363975	1.242302

Tabella 23 rio Tossilo - calcolo piogge ragguagliate e portate

A	4.439 km ²
L	2.28 km
H	123.624 m
T _c	1.33195
φ	0.85
ε	0.466755

Topoietti	BCS	CTS	BTS
ABosa			0
ACampeda	0	0	
ASeneghe	0	4.439	0
ARif. Tirso			4.439
T	valori scelti		
100	21.16843 m ³ /s		
200	23.42842 m ³ /s		



T	Campeda - BCS					Seneghe - BCS				
	a	n	a'	n'	h	a	n	a'	n'	h
2	18.14894	0.325136	18.15313	0.325136	19.92631	20.22316	0.364782	20.22895	0.364782	22.45868
5	25.22664	0.308125	25.23787	0.308125	27.56834	29.02582	0.344947	29.04294	0.344947	32.06139
10	29.91268	0.301024	29.93142	0.301024	32.62881	34.85395	0.336983	34.88359	0.336983	38.42125
20	34.40765	0.295933	34.43617	0.295933	37.48477	40.44443	0.33138	40.49074	0.33138	44.52548
50	40.22593	0.290953	40.27149	0.290953	43.77417	47.68074	0.325985	47.75662	0.325985	52.43422
100	44.58591	0.288037	44.64795	0.288037	48.49072	53.10333	0.322865	53.20816	0.322865	58.36748
200	48.92998	0.285628	49.01198	0.285628	53.19361	58.50614	0.320308	58.64632	0.320308	64.28583
500	54.66116	0.283015	54.77548	0.283015	59.40433	65.63411	0.317555	65.83203	0.317555	72.10561
1000	58.99264	0.281366	59.13635	0.281366	64.10342	71.02127	0.315829	71.27203	0.315829	78.02541

100 medio	44.58591	0.295468	44.64795	0.295468	48.59413	53.10333	0.331181	53.20816	0.331181	58.5068
200 medio	48.92998	0.295468	49.01198	0.295468	53.34387	58.50614	0.331181	58.64632	0.331181	64.48651

Campeda - CTS					Seneghe - CTS					Bosa - BTS			
a	n	a'	n'	h	a	n	a'	n'	h	a	n	a'	n'
18.14894	0.325136	18.15313	0.325136	19.92631	20.22316	0.364782	20.15354	0.365403	22.37895	17.64795	0.328374	17.6518	0.328374
25.22664	0.308125	25.23787	0.308125	27.56834	29.02582	0.344947	28.93471	0.345569	31.9476	28.46826	0.291056	28.48441	0.291056
29.91268	0.301024	29.93142	0.301024	32.62881	34.85395	0.336983	34.75363	0.337604	38.28492	35.63225	0.277788	35.66392	0.277788
34.40765	0.295933	34.43617	0.295933	37.48477	40.44443	0.33138	40.33994	0.332001	44.36754	42.50411	0.268959	42.55787	0.268959
40.22593	0.290953	40.27149	0.290953	43.77417	47.68074	0.325985	47.57883	0.326607	52.24833	51.39904	0.260819	51.4941	0.260819
44.58591	0.288037	44.64795	0.288037	48.49072	53.10333	0.322865	53.01015	0.323486	58.16064	58.06454	0.256263	58.20158	0.256263
48.92998	0.285628	49.01198	0.285628	53.19361	58.50614	0.320308	58.42817	0.320929	64.0581	64.70572	0.25261	64.89536	0.25261
54.66116	0.283015	54.77548	0.283015	59.40433	65.63411	0.317555	65.5873	0.318177	71.85035	73.46749	0.248755	73.74507	0.248755
58.99264	0.281366	59.13635	0.281366	64.10342	71.02127	0.315829	71.00721	0.316451	77.74935	80.08943	0.246378	80.44903	0.246378
44.58591	0.295468	44.64795	0.295468	48.59413	53.10333	0.331181	53.01015	0.331803	58.29945	58.06454	0.270112	58.20158	0.270112
48.92998	0.295468	49.01198	0.295468	53.34387	58.50614	0.331181	58.42817	0.331803	64.25808	64.70572	0.270112	64.89536	0.270112

h	Seneghe BTS					Rif. Tirso - BTS				h	Q [m ³ /s]	
	a	n	a'	n'	h	a	n	a'	n'			
19.394	20.22316	0.364782	20.22895	0.364782	22.45868	17.23314	0.344114	17.17247	0.344736	18.95606	20.6675	7.59086
30.9628	29.02582	0.344947	29.04294	0.344947	32.06139	26.81419	0.290927	26.72771	0.291548	29.05734	30.50247	11.20309
38.61982	34.85395	0.336983	34.88359	0.336983	38.42125	33.15768	0.270327	33.05957	0.270948	35.7295	37.00721	13.59219
45.96868	40.44443	0.33138	40.49074	0.33138	44.52548	39.24251	0.256054	39.13849	0.256676	42.12667	43.24711	15.884
55.49148	47.68074	0.325985	47.75662	0.325985	52.43422	47.1187	0.242465	47.01623	0.243087	50.40913	51.32873	18.85226
62.6378	53.10333	0.322865	53.20816	0.322865	58.36748	53.02079	0.234667	52.92743	0.235289	56.6202	57.39042	21.07863
69.76869	58.50614	0.320308	58.64632	0.320308	64.28583	58.90135	0.228311	58.82476	0.228932	62.81444	63.43627	23.29918
79.19541	65.63411	0.317555	65.83203	0.317555	72.10561	66.65963	0.221499	66.61841	0.222121	70.99792	71.42414	26.233
86.336	71.02127	0.315829	71.27203	0.315829	78.02541	72.52315	0.217244	72.51974	0.217865	77.19299	77.47117	28.45398
62.88693	53.10333	0.331181	53.20816	0.331181	58.5068	53.02079	0.256179	52.92743	0.2568	56.9704	57.63493	21.16843
70.11957	58.50614	0.331181	58.64632	0.331181	64.48651	58.90135	0.256179	58.82476	0.2568	63.31822	63.78815	23.42842

Tabella 24 rio Orovò - calcolo piogge ragguagliate e portate

	GARA PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO	REV. 0	
	Relazione idrologico-idraulica	PAG. 41/63	

4. STUDIO IDRAULICO

4.1 PREMESSA

È prassi comune dell'ingegneria idraulica verificare l'esistente in funzione del rischio definito dal rapporto fra il danno atteso dal verificarsi di un evento alluvionale e la probabilità dell'evento stesso. L'accettazione di un determinato rischio consente pertanto di dimensionare rispetto ad esso le opere di protezione e controllo in condizioni di sicurezza.

Il rischio inoltre risulta legato al funzionamento integrato dall'insieme delle misure di protezione.

Nel caso specifico della verifica dei rii Tossilo e Orovò, il rischio non è influenzato soltanto dagli eventi idrologici connessi ai fenomeni di piena ma anche alla conformazione morfologica e ai fenomeni di natura geologica.

In relazione a quanto sopraddetto l'assunzione dell'evento di piena di progetto non può essere fatta in funzione dei soli parametri idrologici dal momento che, nel presente caso, non si è in presenza di una classica opera di difesa per cui ad un determinato evento si associano determinati livelli idrici e di conseguenza le quote minime di sicurezza delle arginature e/o di altri manufatti.

È prassi ingegneristica riferirsi alla definizione dell'evento di progetto sulla base di una assegnata probabilità di superamento, o tempo di ritorno, ricavato attraverso l'applicazione dei metodi consolidati dell'analisi statistico-probabilistica descritti nello studio Idrologico.



L'assunzione dell'entità dell'evento di progetto è stato definito in funzione delle seguenti condizioni di compatibilità:

- condizioni di compatibilità con la domanda di sicurezza locale:
- difesa dell'incolumità della popolazione;
- difesa dei beni pubblici e privati dai danni di piena;
- ricerca tendenziale minimo costo tra l'utilizzo antropico del territorio e interventi di difesa dai fenomeni di piena;
- condizioni di compatibilità con le condizioni di deflusso nella rete idrografica:
- assenza di aggravio delle sollecitazioni ai sistemi difensivi a valle (e a monte);
- minimizzazione degli scostamenti rispetto alla tendenza evolutiva naturale;
- minimizzazione dei costi di mantenimento e manutenzione.

In funzione delle condizioni espone si definisce la piena di progetto in relazione alle caratteristiche dei fenomeni da controllare e del rischio compatibile e tiene conto, quindi dei seguenti parametri:

- la portata al colmo;
- il volume di piena;
- i livelli idrici indotti;
- il volume solido trasportato.

A seconda della specifica opera ognuno di tali parametri assume ruolo ed importanza diversi.

	GARA PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO	REV. 0	
	Relazione idrologico-idraulica	PAG. 42/63	

4.2 VERIFICHE IDRAULICHE

4.2.1 *Verifica idraulica dell'alveo*

Al fine di poter correttamente dimensionare la corretta dimensione dell'alveo di nuova risagomatura e tutti gli eventuali manufatti da posizionare lungo il corso dell'alveo, è indispensabile il calcolo della corrente a pelo libero nell'alveo del torrente considerato come un canale sia a livello di situazione esistente che a livello di situazione di progetto.. La corrente viene calcolata mediante la (16) formula di Chézy, valutando χ secondo la relazione di Kutter semplificata:

$$v = \chi \sqrt{R \cdot i} \quad (17)$$

$$\chi = 100 \frac{\sqrt{R}}{\sqrt{R} + m} \quad (18)$$

essendo m il coefficiente di scabrezza valevole 1.25 per canali di queste caratteristiche.

Si calcola inoltre il valore della velocità critica come $V_c = g \cdot A / I$ essendo I la larghezza del canale al pelo libero. I risultati sono riportati nelle tabelle 24 e 25 per le situazioni esistente e di progetto rispettivamente.

La valutazione del regime idraulico è stata inoltre effettuata nell'ipotesi di regime permanente mediante l'impiego del programma HEC-RAS, programma messo a punto dallo U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. Si allegano le tabelle di calcolo.

5. MATERIALI PRESCELTI

5.1 RETE PER ACQUE BIANCHE

Nell'ambito della realizzazione di una separazione delle reti, si prevede che la rete delle sole acque bianche sia realizzata in CLS centrifugato.



I giunti di tipo "a bicchiere", avranno guarnizione in materiale elastico idoneo a compensare eventuali disuguaglianze dei tubi e tali da garantire l'inalterabilità nel tempo. Ogni 40÷50 m circa verranno realizzate camerette di ispezione in cIs quadrate prefabbricate, sia in linea che con salto, che dovranno tuttavia garantire una minima tenuta nei punti di connessione con i condotti.

I chiusini di ispezione alle camerette saranno di forma circolare in ghisa sferoidale al fine di garantire resistenza meccanica e, con un ridotto peso, maggior facilità di movimentazione.

Le caditoie stradali saranno in CLS munite di sifone per la tenuta di eventuali esalazioni, con griglie in ghisa sferoidale.

Le tubazioni di collegamento fra dette caditoie e il condotto principale, potranno essere realizzate in PVC, ma in tal caso saranno completamente calottate in CLS; di preferenza si utilizzeranno condotti in cemento.

Analogamente per gli allacci si realizzeranno, oltre alla tubazione di collegamento, anche un sifone di ispezione posto all'interno della proprietà, in cui effettuare campionamenti della tipologia delle acque, onde evitare la commistione di scarichi impropri nella rete delle acque bianche.

	GARA PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSIOLO	REV. 0	
	Relazione idrologico-idraulica	PAG. 43/63	

5.2 RETE PER ACQUE NERE

Il materiale di cui si prevede la posa per l'intera rete nera e di prima pioggia è il grès ceramico, posato su letto di cls parzialmente rinfiancato sino alla metà del tubo.

Tale soluzione è decisamente la migliore per reti ove si vettoriano acque prevalentemente nere e industriali, come nel caso qui allo studio, in cui sono di primaria importanza la resistenza alla corrosione e l'impermeabilità.

I materiali in grès (tubi, pezzi speciali, mattoni piastrelle) hanno un impasto omogeneo e le superfici interne ed esterne dei tubi, ad eccezione del bicchiere di giunzione e della punta della canna, sono verniciate con una vernice che ne diminuisce ulteriormente l'abrasività.

I tubi in grès hanno un carico di rottura a seconda del diametro così di seguito riportato:

- DN 100-500 mm carico di rottura 40 kN/m
- DN 600-700 mm carico di rottura 30 kN/m
- DN 800 mm carico di rottura 25 kN/m

Come già detto, i tubi sono muniti sia sul bicchiere che sulla punta di guarnizione elastica prefabbricata in poliuretano. Dette guarnizioni hanno le seguenti caratteristiche :



- resistenza a trazione : 2 N/mm²
- allungamento a rottura 90 %
- purezza 67 5 shore A

Dette guarnizioni assicurano una tenuta idraulica sia dall'interno verso l'esterno che viceversa pari a 0,5 bar in pratica equivalente ad un battente idraulico di 5 ml di colonna d'acqua.

Un'altra particolarità di queste giunzioni è la possibilità di disassarsi fino alle seguenti misure minime :



- DN ≤ 200 mm 100 mm/m
- DN 250-500 60 mm/m
- DN 600-800 40 mm/m

Questi disassamenti non pregiudicano la tenuta idraulica fino ad una pressione interna od esterna di 0.5 bar per una durata di 5 minuti.

	GARA PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO	REV. 0	
	Relazione idrologico-idraulica	PAG. 44/63	

6. BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., *"Manuale dell'Ingegnere - 83ª edizione"*– Ulrico Hoepli, Milano, 1997
- L. Da Deppo, C. Datei, P. Salandin, *"Sistemazione dei corsi d'acqua"*– Libreria Cortina, Padova, 2000
- U. Maione, A. Brath (a cura di), *"Moderni criteri di sistemazione degli alvei fluviali"*– Editoriale Bios, Cosenza, 1995
- U. Maione, A. Brath (a cura di), *"La sistemazione dei corsi d'acqua naturali"*– Editoriale Bios, Cosenza, 1996
- U. Maione, A. Brath (a cura di), *"La difesa idraulica del territorio"*– Editoriale Bios, Cosenza, 1997
- U. Maione, *"La sistemazione dei corsi d'acqua montani"*– Editoriale Bios, Cosenza, 1998
- M. Di Fidio, *"I corsi d'acqua"*– Pirola, Milano, 1995
- J. Bowles, *"Foundation analysis and design"*– McGraw-Hill, New York, 1988
- D. Citrini, G. Nosedà, *"Idraulica"*– C.E.A., Milano, 1987
- Italtekna s.p.a. *"Piano e programma di ricostruzione riconversione e sviluppo della Valtellina e delle zone adiacenti delle provincie di Como, Bergamo e Brescia colpite dalle avversità atmosferiche dei mesi di luglio-agosto 1987 (convenzione del 12.5.88)"*– Regione Lombardia, Milano, 1990
- Etaconsult *"Piano per la difesa del suolo e il riassetto idrogeologico della Valtellina e delle zone adiacenti delle provincie di Bergamo, Brescia e Como (Legge n° 102 – 2 maggio 1990)"*– Regione Lombardia, Milano, 1993
- Maurizio Tanzini, *"Fenomeni franosi e opere di stabilizzazione"*– Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2001
- Regione Lombardia, *"Quaderno opere tipo di ingegneria naturalistica"*– Regione Lombardia, Milano, 2000
- Autorità di Bacino del Fiume Po, *"Quaderno opere tipo di ingegneria naturalistica"*– Autorità di Bacino del Fiume Po, Parma, 2000
- Roberto Nova, *"Geotecnica"*– CLUP, Milano, 1987

	GARA PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO	REV. 0	
Relazione idrologico-idraulica		PAG. 45/63	

ALLEGATO 1 – DATI DI USCITA PROGRAMMA HEC-RAS

