



REGIONE CALABRIA

COMUNE DI TROPEA

PROVINCIA DI VIBO VALENTIA



P.O.R. Calabria FERS - FSE 2014/2020. Asse prioritario 7 - Obiettivo specifico 7.2 - Azione 7.2.2.

Potenziamento, riqualificazione e messa in sicurezza del porto di Tropea

PROGETTO DEFINITIVO

ELAB.	TITOLO
C.1.2	RELAZIONE IDROLOGICA
SCALA	

Progettazione, Direzione dei lavori e geologia

Il Responsabile Unico del Procedimento

R.T.P. **TEC MED S.r.l.**



Arch. Gabriele CRISAFIO

Tec Med s.r.l.

Ing. Stefano Ponti
Ing. Giovanni Oggiano
Ing. Maurizio Sassu



E3 società cooperativa
Ing. Giuseppe Maradei
dott.ssa Paola Angela Basta



Consultec società cooperativa

Ing. Omero Bassano
Ing. Marco Consella



Ing. Rosario Bruzzaniti



Ing. Francesco Bagnato

Arch. Maria Carmela Giuditta



Responsabile della sicurezza: Ing. Rosario Bruzzaniti

INDICE

PREMESSA.....	2
1 Descrizione delle aree oggetto di interesse.....	2
2 La fonte dei dati di pioggia.....	4
3 I modelli di elaborazione probabilistica	6
3.1 Modello probabilistico di Gumbel	7
3.2 Modello probabilistico TCEV – VAPI.....	8
3.2.1 Modelli regionali.....	9
3.2.2 Modello regionale VAPI.....	10
4 I risultati per le piogge brevi e intense di durata minore dell’ora.....	14
5 Il calcolo delle portate	19
6 Il calcolo del volume di accumulo per le acque di prima pioggia.....	20
7 ALLEGATO 1: Rapporto sulla curva di pioggia	21
8 ALLEGATO 2: Rapporto sull'elaborazione probabilistica: Gumbel massima verosimiglianza	23
9 ALLEGATO 3: Rapporto sull'elaborazione probabilistica: Gumbel massima verosimiglianza	27
10 ALLEGATO 4: Rapporto sull'elaborazione probabilistica: TCEV – LIVELLO 0.....	31
11 ALLEGATO 5: Rapporto sull'elaborazione probabilistica: TCEV – LIVELLO 1	36
12 ALLEGATO 6: Rapporto sull'elaborazione probabilistica: TCEV – LIVELLO 2.....	42

PREMESSA

Lo studio idrologico proposto in questa relazione riguarda la determinazione della curva di possibilità pluviometrica per l'area oggetto di intervento, limitatamente al tempo di ritorno di 10 anni, utilizzato per il dimensionamento e la verifica delle strutture idrauliche utili all'accumulo e allo smaltimento dell'acqua piovana che precipita sulla superficie stradale.

L'area di impluvio che rappresenta i bacini imbriferi che contribuiscono alla generazione della portata che si accumula in corrispondenza dell'ingresso ai cantieri nautici del porto di Tropea è estremamente ridotta, pari a qualche migliaio di metri quadri.

La curva di possibilità pluviometrica da determinarsi riguarda, quindi, bacini che hanno tempi di ritorno estremamente ridotti, di molto inferiori all'ora; è, quindi, necessario provvedere alla implementazione di appropriate procedure per ottenere valori tali da essere corretti per gli eventi piovosi di grande intensità ma breve durata.

In particolare, come meglio è più avanti specificato, si è fatto riferimento alla corrispondenza esistente fra piogge orarie e piogge minori dell'ora, anche grazie al fatto che la stazione pluviometrica di riferimento, la stazione pluviometrica di Tropea, appartenente alla rete pluviometrica del Centro Funzionale Multirischi dell'ARPACAL, utilizzata per l'acquisizione dei dati di pioggia, ha un set di dati certificati utilizzabili anche per quanto riguarda la breve durata e la alta intensità.

Vista però l'esiguità dei dati sulle piogge di breve durata e alta intensità è stato necessario mettere in relazione i dati orari con quelli minori dell'ora attraverso relazioni riportate in letteratura, tarate sulla stazione di Tropea, che ha consentito di poter utilizzare per l'elaborazione statistica tutti i dati presenti nella stazione.

1 Descrizione delle aree oggetto di interesse

Una delle problematiche di estremo interesse per la fruibilità dell'area portuale riguarda il frequente allagamento che si manifesta nel tratto di strada adiacente la pineta vicino il cantiere nautico del porto (Figura 1).

L'area in cui è ubicato il porto, infatti, si presenta come una delle maggiormente depresse di tutto il territorio comunale, tanto è vero che sono due i corsi d'acqua che vi sfociano (Figura 2).

Una parte delle acque che si riversano durante gli eventi piovosi intensi, comunque, non è in grado di confluire all'interno del reticolo idrografico principale e quindi, attraverso le strade, si accumula nelle aree che hanno quote localmente inferiori.



Figura 1: Ubicazione dell'area frequentemente soggetta ad allagamento.



Figura 2: Reticolo idrografico superficiale principale.

Una dettagliata analisi del rilievo effettuato e delle osservazioni critiche dell'andamento locale del terreno ha portato a ricostruire le aree che contribuiscono alla generazione e all'andamento dei deflussi.

L'area, quindi, è stata suddivisa in tre bacini che hanno le seguenti dimensioni:

- BACINO 1: 3381 m²;
- BACINO 2: 2420 m²;
- BACINO 3: 11816 m².

I bacini di che trattasi sono evidenziati nella successiva Figura 3.



Figura 3: Ricostruzione dell'idrografia locale.

2 La fonte dei dati di pioggia

I dati di base per la determinazione delle leggi di pioggia sono rappresentati dalle misure riportate sugli annali idrologici dell'ex Ufficio Idrografico e Mareografico dello Stato, attualmente Centro funzionale multi rischi dell'ARPACAL (<http://www.cfd.calabria.it/>).

La stazione pluviometrica d'interesse è quella di Tropea (Figura 4), che contiene un numero di dati sufficientemente esteso per garantire un'affidabile collazione statistica delle piogge. Sul portale sono presenti dati di pioggia dal 1917 al 2004 per un massimo di 87 anni non consecutivi.

Gli annali idrologici riportano per il pluviometro di Tropea le precipitazioni di massima intensità riferite a 1, 3, 6, 12 e 24 ore e in alcuni anni anche le precipitazioni di notevole intensità e breve durata, riferite a 15, 20 e 30 minuti (Tabella 1).

Come è possibile osservare per le precipitazioni riferite a 1, 3, 6, 12 e 24 ore sono presenti 47 dati, per le precipitazioni riferite a 15, 20 e 30 minuti, invece, solamente 12 dati.

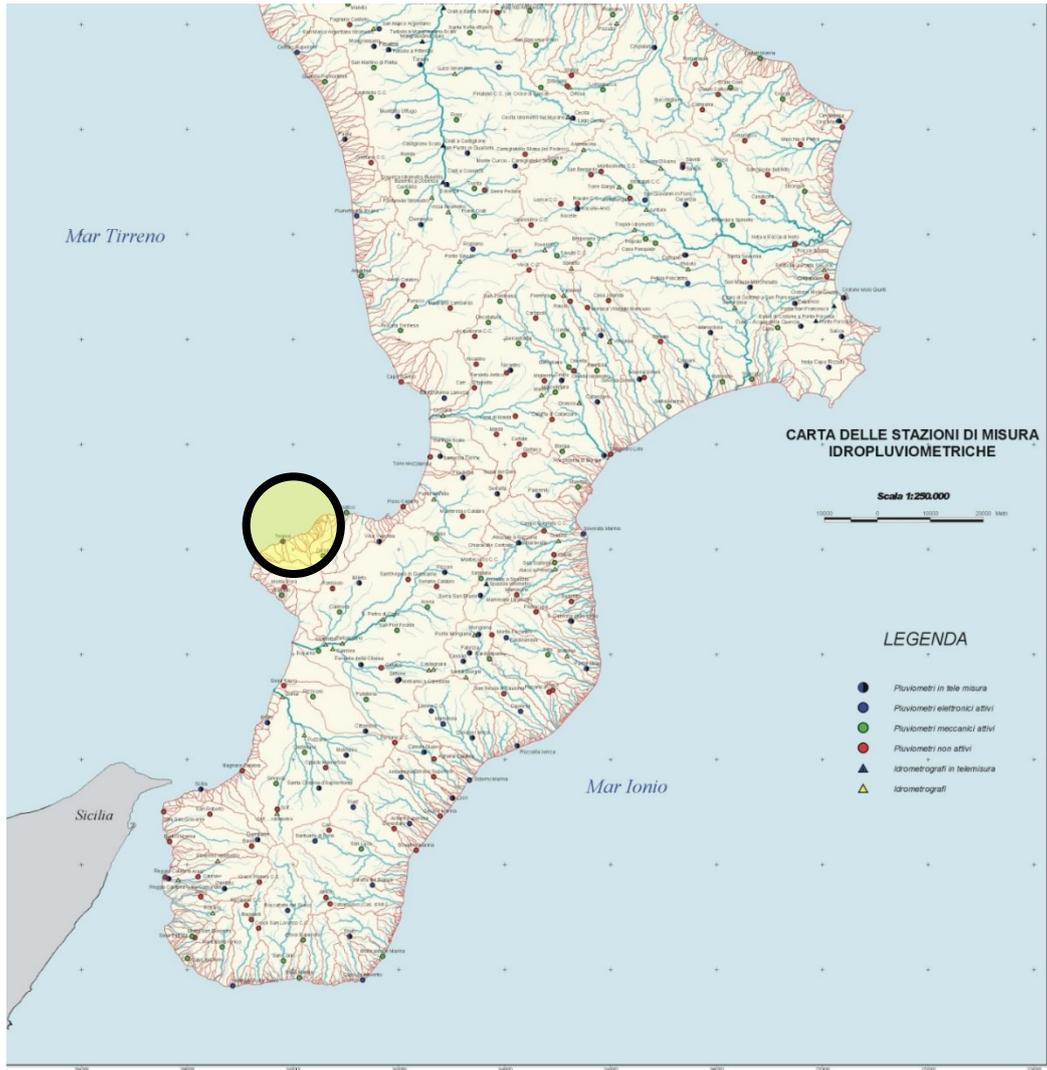


Figura 4: Planimetria delle stazioni di misura ricavati dalle cartografie del PAI Calabria.

Tabella 1: Dati riportati dagli annali per il pluviometro di Tropea.

DATA	MINUTI				ORE				
	10	15	20	30	1	3	6	12	24
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1917									80
1931									74
1932					16,5	23,5	27,5	47,5	78
1933					14,5	28,5	30,4	35,2	40,5
1934					13,5	19,9	25	39,5	63
1935					25,8				
1936					17,8	27,5	33,4	41,4	61,4
1937					23,4	41,2	41,2	41,2	41,2
1938					13	19,8	19,8	28,2	28,2
1940					24,8	27,4	30,2	30,4	44,4
1941					15,2	20,6	25,8	26,6	37,2
1943					24,6	32,6	46	64	65,8
1945					28				

DATA	MINUTI			ORE					
1946					25,6				
1948							40	47,8	
1949					31	32	32	38,2	41,8
1950					16,4	21,2	33,6	33,6	33,6
1951					27	41	55,6	58	63,6
1953					32	38,2	38,4	42	64,4
1955					43	58	68	68,4	68,4
1956					36	42,4	57,6	61,2	61,2
1957									63,6
1964					39	39	39	39	41,6
1965					36,2	36,2	41,6	53,8	61,4
1966					24,4	34,6	45,2	61,4	69,6
1967					14,2	14,2	38,4	50	53
1969					32,6	32,6	32,6	52	56
1972					43,8	77,6	93,4	97	114,3
1975					17,2	20,6	30,6	39	39
1978					7,6	16,4	23	29,4	29,8
1980					13,6	24,8	31	47,8	64,4
1981					16	26,4	34,6	42	58,2
1982					61,6	91,8	91,8	91,8	91,8
1983					14,4	23,6	28,8	31,4	39,2
1984					15,2	25,8	25,8	43,4	74,2
1985					12,4	23,4	31,4	41,6	48,4
1986		8,4	9,4	12,4	14	22,8	32	45,2	49
1987		16	18,6	22,8	31,4	34,2	38	42,6	45,4
1992		5,2	5,8	7,4	14	30,2	34,8	35	43,6
1993		11,2	14,6	18,8	32,6	37,2	37,2	37,2	49,2
1995		17,4	20,2	25,4	23,8	23,8	23,8	32,2	36,6
1996		21,2	21,2	21,2	32	36,4	42,4	69,2	107,2
1997		23,4	27,8	36,2	22,2	32,6	37	38,2	42,4
1998		11,6	13,8	15,2	44,4	44,6	44,6	44,6	58,2
1999		13	17,2	24,2	21,4	25,2	28,8	36,8	43,2
2000		6,4	7,8	10	34,4	45,8	50,6	57,8	63,2
2001		15,2	15,4	19,4	11,6	21	30,6	33,2	39,2
2004		20	20,6	21,2	22,8	42,2	45,6	45,6	56

3 I modelli di elaborazione probabilistica

Le elaborazioni dei dati di pioggia sono state eseguite considerando i due principali modelli idrologici attualmente utilizzati in Italia: il modello di Gumbel e il modello TCEV, proposto nella procedura V.A.P.I.

3.1 Modello probabilistico di Gumbel

Se si considera un'altezza di precipitazione generica $X(T_r)$, in funzione di un assegnato tempo di ritorno T_r , può applicarsi la seguente distribuzione statistica:

$$X(T_r) = \bar{X} + F \cdot S_X$$

dove si è indicato con:

- \bar{X} : Valor medio degli eventi considerati;
- F : Fattore di frequenza;
- S_X : Scarto quadratico medio delle variabili in esame.

L'espressione di Gumbel assegna ad F l'espressione:

$$F = \frac{Y(T_r) - \bar{Y}_N}{S_N}$$

dove si è indicato con:

- $Y(T_r)$: Variabile ridotta;
- \bar{Y}_N : Media della variabile ridotta; **Errore. Il segnalibro non è definito. Errore. Il segnalibro non è definito.**
- S_N : Scarto quadratico medio della variabile ridotta.

Il valore di $Y(T_r)$ è legato unicamente a T_r dalla relazione:

$$Y(T_r) = -\ln\left(-\ln\left(\frac{T_r - 1}{T_r}\right)\right)$$

I termini \bar{Y}_N e S_N , invece, sono legati al solo numero totale N delle osservazioni, dalle relazioni:

$$\bar{Y}_N = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_i$$

$$S_N = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_i$$

dove si è indicato con Y_i la variabile ridotta per ogni assegnato tempo di ritorno $T_r = \frac{N+1}{i}$.

Operando le opportune sostituzioni si può riscrivere l'espressione dell'altezza generica di precipitazione:

$$X(T_r) = \bar{X} - \frac{S_X}{S_N} \bar{Y}_N + \frac{S_X}{S_N} Y(T_r)$$

La quantità $\bar{X} - \frac{S_X}{S_N} \bar{Y}_N$ si chiama *moda* e rappresenta il valore con la massima frequenza probabile

mentre la quantità $\frac{S_X}{S_N} Y(T_r)$ si indica con *alpha*.

3.2 Modello probabilistico TCEV - VAPI

La stima x_T del valore assunto da una grandezza idrologica in corrispondenza di un assegnato periodo di ritorno si effettua sulla base della serie campionaria della variabile x nel punto di interesse, se disponibile, oppure utilizzando l'informazione fornita dalle serie storiche disponibili nella regione in cui si trova il punto di interesse.

Nel primo caso si ha una stima *puntuale*, nel secondo caso una stima *regionale*. Nel caso si combinino l'informazione puntuale e quella regionale si giungerà ad una stima *mista*.

L'insieme delle operazioni che conducono ad una stima di x_T si definisce stimatore e si costruisce utilizzando un modello probabilistico ad uno o più parametri. La stima di questi ultimi si effettua in base ai dati storici puntuali e/o regionali.

Il modello probabilistico adottato per l'analisi dei valori estremi delle precipitazioni è il modello a doppia componente denominato TCEV ("two components extreme value"). Tale modello è in grado di riprodurre i principali caratteri statistici delle serie storiche delle piogge.

Il modello a doppia componente TCEV ipotizza che i valori estremi di una grandezza idrologica (portata, pioggia) facciano parte di due differenti popolazioni legate a differenti fenomeni meteorologici.

Alla base di questa ipotesi c'è il fatto che molte serie di massimi annuali presentano uno o più valori nettamente maggiori degli altri e tali da sembrare non provenienti dalla stessa popolazione degli altri dati.

L'espressione della funzione delle probabilità cumulate ("Cumulative Distribution Function", CDF) della distribuzione TCEV è data da:

$$F_x(x) = \exp \left[-\Lambda_1 \exp \left(-\frac{x}{g_1} \right) - \Lambda_2 \exp \left(-\frac{x}{g_2} \right) \right]; \quad x \geq 0$$

Nell'espressione precedente si sono indicati con il pedice 1 i parametri riguardanti la *componente base* e con il pedice 2 i parametri relativi alla *componente straordinaria*.

I parametri Λ_1 e Λ_2 rappresentano il numero medio annuo di eventi indipendenti delle due componenti, mentre g_1 e g_2 esprimono il loro valore medio annuo.

La distribuzione TCEV equivale al prodotto di due distribuzioni di Gumbel, con la quale viene a coincidere se si pone $\Lambda_2=0$.

Riferendosi alla variabile standardizzata:

$$y = \frac{x}{g_1} - \ln \Lambda_1$$

si ottiene che la CDF di y è data da:

$$F_y(y) = \exp \left[-\exp(-y) - \Lambda_* \exp \left(-\frac{y}{g_*} \right) \right]$$

avendo posto:

$$g_* = \frac{g_2}{g_1} \quad \text{e} \quad \Lambda_* = \frac{\Lambda_2}{\Lambda_1^{1/g_*}}$$

La media della distribuzione TCEV è data dall'espressione:

$$\mu = \mathcal{G}_1 (\ln \Lambda_1 + \gamma_\varepsilon) - \mathcal{G}_1 \sum_{j=1}^{\infty} \frac{(-1)^j \Lambda_*^j}{j!} \Gamma\left(\frac{j}{\mathcal{G}_*}\right)$$

con $\gamma_\varepsilon=0,5772$, costante di Eulero. Con il simbolo Γ si è indicata la funzione gamma:

$$\Gamma(x) = \int_0^{\infty} x^{t-1} e^{-t} dx$$

Il coefficiente di variazione teorico dipende da Λ_l , Λ^* e \mathcal{G}^* ed è quindi indipendente da \mathcal{G}_l .

Il coefficiente di asimmetria teorico dipende da Λ^* e \mathcal{G}^* ed è quindi indipendente da Λ_l e \mathcal{G}_l .

3.2.1 Modelli regionali

Il modello TCEV consente di costruire un modello regionale articolato in una struttura gerarchica.

Infatti si può assumere che esistano delle regioni in cui è costante il solo coefficiente di asimmetria e quindi siano costanti i parametri Λ^* e \mathcal{G}^* e delle sotto-regioni di queste, più limitate, in cui sia costante pure il coefficiente di variazione e, quindi, il parametro Λ_l .

Più precisamente esiste un primo livello di regionalizzazione che consiste nell'individuare zone omogenee (zo) nelle quali si può assumere che il coefficiente di asimmetria teorico delle serie dei massimi annuali sia costante. I parametri Λ^* e \mathcal{G}^* possono essere stimati utilizzando tutte le serie storiche disponibili nella zona, riducendo in modo consistente l'incertezza della stima.

Al secondo livello di regionalizzazione si individuano delle sottozone omogenee (szo), con estensione minore rispetto alle precedenti, nelle quali oltre al coefficiente di asimmetria risulta costante anche il coefficiente di variazione. In una sottozona risultano quindi costanti i tre parametri Λ^* , \mathcal{G}^* e Λ_l . Λ_l può quindi essere stimato in base a tutte le serie storiche ricadenti nella sottozona.

In una sottozona rimane costante la CDF di x/μ . Infatti dall'espressione della CDF della TCEV, introducendo i parametri Λ^* e \mathcal{G}^* si ha:

$$F_x(x) = \exp\left[-\Lambda_1 \exp\left(-\frac{x}{\mathcal{G}_1}\right) - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\mathcal{G}_*} \exp\left(-\frac{x}{\mathcal{G}_1 \mathcal{G}_*}\right)\right]$$

poiché si può scrivere:

$$\frac{x}{\mathcal{G}_1} = \frac{x}{\mu} \cdot \frac{\mu}{\mathcal{G}_1}$$

e cioè:

$$\frac{x}{\mathcal{G}_1} = x' \cdot \eta$$

avendo posto (variabile indice):

$$x' = \frac{x}{\mu}$$

e

$$\eta = \frac{\mu}{\mathcal{G}_1} = \ln \Lambda_1 + \gamma_\varepsilon - \sum_{j=1}^{\infty} \frac{(-1)^j \Lambda_*^j}{j!} \Gamma\left(\frac{j}{\mathcal{G}_*}\right) = f(\Lambda_1, \Lambda_*, \mathcal{G}_*)$$

si ottiene

$$F_{x'}(x') = \exp\left[-\Lambda_1 \exp(-\eta x') - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\mathcal{G}_*} \exp\left(-\frac{\eta x'}{\mathcal{G}_*}\right)\right]$$

Alla precedente espressione si dà il nome di *curva di crescita*.

Al terzo livello di regionalizzazione si individuano all'interno della sottozona omogenea le relazioni che intercorrono tra x_m e le caratteristiche fisiche o climatiche dei bacini.

In definitiva la stima x_T di una grandezza idrologica ad un prefissato tempo di ritorno può essere effettuata, in base al modello TCEV, in quattro modi diversi:

- Al livello di regionalizzazione zero, in cui tutti i parametri del modello sono stimati dalla singola serie:

$$x_T = f(T; \mathcal{G}_1; \Lambda_1; \mathcal{G}_*; \Lambda_*)$$

- Al livello di regionalizzazione uno, in cui i parametri Λ^* e \mathcal{G}^* sono stimati a livello regionale e Λ_l e \mathcal{G}_l dalla singola serie:

$$x_T = f(T; \mathcal{G}_1; \Lambda_1; \mathcal{G}_*^R; \Lambda_*^R)$$

- Al livello di regionalizzazione due, in cui i parametri Λ^* , \mathcal{G}^* e Λ_l sono stimati a livello regionale e \mathcal{G}_l dalla singola serie:

$$x_T = f(T; \mathcal{G}_1; \Lambda_1^R; \mathcal{G}_*^R; \Lambda_*^R)$$

- d) Al livello di regionalizzazione tre, in cui tutti i parametri sono stimati con tecniche di analisi regionale:

$$x_T = f(T; \mathcal{G}_1^R; \Lambda_1^R; \mathcal{G}_*^R; \Lambda_*^R)$$

3.2.2 Modello regionale VAPI

La struttura gerarchica adottata per il modello regionale della Calabria considera la suddivisione nel seguente numero di Zone, Sottozone e Aree pluviometriche omogenee.

- Zone: 1,
- Sottozone: 3,
- Aree pluviometriche omogenee: 13.

Primo livello

Nel caso in esame è stata verificata l'ipotesi che l'intera Regione ricada in un'unica Zona omogenea, caratterizzata, quindi, da una coppia di parametri Λ^* e \mathcal{G}^* costante. La stima di questi valori, eseguita

con il metodo della massima verosimiglianza utilizzando le serie dei massimi annuali delle piogge con durata ha permesso di ottenere i valori riportati in Tabella 2.

Tabella 2: Valori Λ^* e Θ^* per la Zona Omogenea della Calabria.

Durata	Zona Unica	
	Λ^*	Θ^*
1 ora	0,19970	2,07350
3 ore	0,26140	2,41000
6 ore	0,28340	2,31030
12 ore	0,29150	2,21480
24 ore	0,36100	1,94200
giornaliera	0,41800	2,15400

Secondo livello

Il secondo livello di regionalizzazione è finalizzato ad individuare, all'interno di una zona omogenea, le sottozone pluviometricamente omogenee caratterizzate da un valore costante di Λ_1 . Per la Regione in esame è stata verificata l'ipotesi che essa ricada nelle Sottozone omogenee riportate di seguito.

- Sottozona: Tirrenica,
- Sottozona: Centrale,
- Sottozona: Ionica.

I valori del parametro Λ_1 (Tabella 3), stimati utilizzando le serie dei massimi annuali delle piogge con durata indicata nella tabella seguente, ha permesso di ottenere le altezze di pioggia utilizzate nei calcoli di progetto.

Tabella 3: Valori del parametro Λ_1 per le sottozone.

Durata	Λ_1		
	Tirrenica	Centrale	Ionica
1 ora	13,03000	12,84000	12,26000
3 ore	21,26000	17,77000	14,02000
6 ore	25,17000	18,97000	14,17000
12 ore	31,85000	17,60000	12,91000
24 ore	31,54000	13,42000	10,26000
giornaliera	48,91400	22,87800	10,98700

Piogge giornaliere

Il rapporto VAPI ha individuato nella Regione Calabria 13 aree pluviometriche omogenee per le quali esiste una relazione tra i valori x_m e la quota sul mare h :

$$\log \bar{x} = ch + d$$

in cui c e d sono parametri variabili da area ad area.

Il passaggio dall'informazione puntuale a quella areale può essere ottenuto assumendo che la media areale sia pari alla media dei valori medi puntuali. I risultati sono tanto più sovrastimati quanto più grande è l'area considerata.

Una ulteriore approssimazione nella stima della precipitazione areale si ha introducendo nella precedente espressione h pari alla quota media ipsografica del bacino, che equivale a considerare lineare il legame tra x_m e h . Tale assunzione consente di non appesantire l'indagine con la costruzione dell'integrale ipsografico.

Nel caso di bacino ricadente in più aree omogenee la legge di probabilità pluviometrica è ottenuta come media pesata tra le curve relative alle diverse aree.

Piogge orarie

Il legame tra le altezze medie di pioggia $x_{m(t)}$ e le durate t , per t compreso tra 1 e 24 ore è del tipo:

$$\bar{x}_t = a t^n$$

Inoltre il rapporto tra le medie delle piogge giornaliere $x_{m(G)}$ e le piogge di durata 24 ore, $x_{m(24)}$, varia poco passando da una stazione all'altra e può assumersi pari a 0,875:

$$\alpha = \frac{\bar{x}_G}{\bar{x}_{24}} = 0,875$$

Assumendo che $x_{m(t)}$, e quindi a , sia costante in ciascuna area omogenea e pari alla media pesata rispetto agli anni di funzionamento e ricordando la relazione valida per le piogge giornaliere:

$$\log \bar{x}_G = c h + d$$

si ottiene:

$$\bar{x}_t = a t^{\frac{ch+d-\log\alpha-\log a}{\log 24}}$$

in cui poiché c , d ed a sono noti per ciascuna area e $\alpha=0,875$, risulta che $x_{m(t)}$ dipende solo dalla quota h e dalla durata t . Si ottengono così i valori seguenti (Tabella 4).

Nel caso oggetto di interesse l'area si trova nella sottozona pluviometrica tirrenica – sottoarea T3 (Figura 5 e Figura 6).

Le analisi statistiche effettuate sono riportate, per completezza, negli allegati alla presente relazione.

Tabella 4: Parametri delle piogge orarie

Area omogenea	a	c	d	alfa
T1 (Pollino)	27,790	0,000140	1,9070	0,8750
T2 (Sila Grande)	23,750	0,000210	1,6830	0,8750
T3 (Alto e Medio Tirreno)	26,610	0,000220	1,7690	0,8750
T4 (Stretto)	26,730	0,000280	1,7360	0,8750
C1 (Basso Crati)	21,730	0,000490	1,6900	0,8750
C2 (Sila Grande)	23,750	0,000210	1,6830	0,8750
C3 (Sila Greca)	31,020	0,000160	1,9510	0,8750
C4 (Sila Piccola)	33,220	0,000320	1,8400	0,8750
C5 (Serre Orientali)	34,990	0,000360	1,8150	0,8750
I1 (Alto Ionio)	24,370	0,000260	1,7780	0,8750
I2 (Marchesato)	30,970	0,000250	1,9220	0,8750
I3 (Medio e Basso Ionio)	39,580	0,000430	1,9530	0,8750
I4 (Aspromonte Meridionale)	34,130	0,000270	1,8170	0,8750



Figura 5: Bacino idrografico rispetto alle sottozone pluviometriche del progetto VAPI

- t (minuti) è la durata della precipitazione d’interesse;
- h_t (mm) è l’altezza di pioggia di durata t ;
- h_{60} (mm) è l’altezza di pioggia di durata 60 minuti;
- s è un coefficiente adimensionale che si ricava dalla conoscenza dei dati locali.

Per la stazione di Tropea si è riusciti a completare un’elaborazione affidabile legando i dati di pioggia di durata 15, 20 e 30 minuti con i dati di un’ora corrispondenti agli stessi anni di osservazione.

Si è proceduto come segue:

- per ciascuna durata inferiore all’ora ($t = 10, 20$ e 30 minuti), si sono isolati i dati di quella durata t e di durata un’ora, negli stessi anni di osservazione;
- i dati sono stati ordinati in ordine crescente;
- è stato fissato un valore di s ;
- è stato calcolato il valore di h_t e confrontato con i dati reali;
- è stato modificato il valore di s in modo che risultasse minimo lo scarto fra dati misurati e dati calcolati nelle tre durate inferiori all’ora;
- sono stati costruiti i grafici (h_t misurata) vs. (h_t calcolata) per ciascuna durata e si è verificato che i dati si disponessero al meglio lungo la bisettrice.

In questo modo il valore di s è stato tarato per la stazione di Tropea ed è possibile ricavare i valori di h per ciascuna durata inferiore all’ora, certi di avere una rappresentazione pluviometrica il più possibile corretta.

Il valore di s più performante è risultato essere $s=0.36$.

Nelle successive Tabella 5, Tabella 6, Tabella 7 e Figura 7, Figura 8, Figura 9 sono riportati i risultati delle elaborazioni effettuate, con evidenziati gli scarti percentuali fra valori calcolati e valori misurati e i grafici di corrispondenza dei dati rispetto alla bisettrice.

Tabella 5: Elaborazioni per le piogge di durata 15 minuti

valori misurati		calcolati	scarto %
15 min	60 min	15 min	
8,4	14	8,50	1,18%
16	31,4	19,06	17,47%
5,2	14	8,50	48,17%
11,2	32,6	19,79	55,44%
17,4	23,8	14,45	18,53%
21,2	32	19,43	8,73%
23,4	22,2	13,48	53,81%
11,6	44,4	26,96	79,65%
13	21,4	12,99	0,06%
6,4	34,4	20,88	106,17%
15,2	11,6	7,04	73,35%
20	22,8	13,84	36,39%
Valore medio dello scarto			41,58%

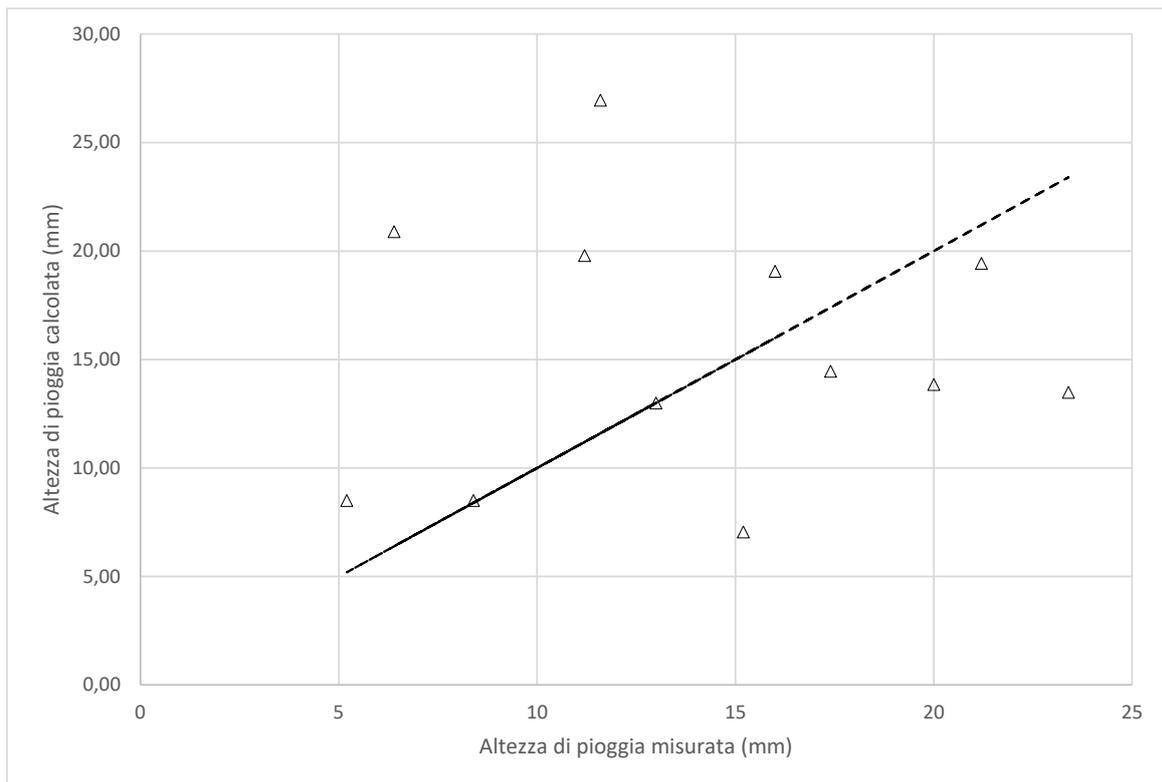


Figura 7: Grafico di corrispondenza h misurata - h calcolata per durata 15 minuti

Tabella 6: Elaborazioni per le piogge di durata 20 minuti

valori misurati		calcolati	scarto %
15 min	60 min	20 min	
9,4	14	9,43	0,28%
18,6	31,4	21,14	12,80%
5,8	14	9,43	47,64%
14,6	32,6	21,95	40,22%
20,2	23,8	16,03	23,05%
21,2	32	21,55	1,62%
27,8	22,2	14,95	60,13%
13,8	44,4	29,90	73,67%
17,2	21,4	14,41	17,66%
7,8	34,4	23,16	99,23%
15,4	11,6	7,81	65,39%
20,6	22,8	15,35	29,19%
Valore medio dello scarto			39,24%

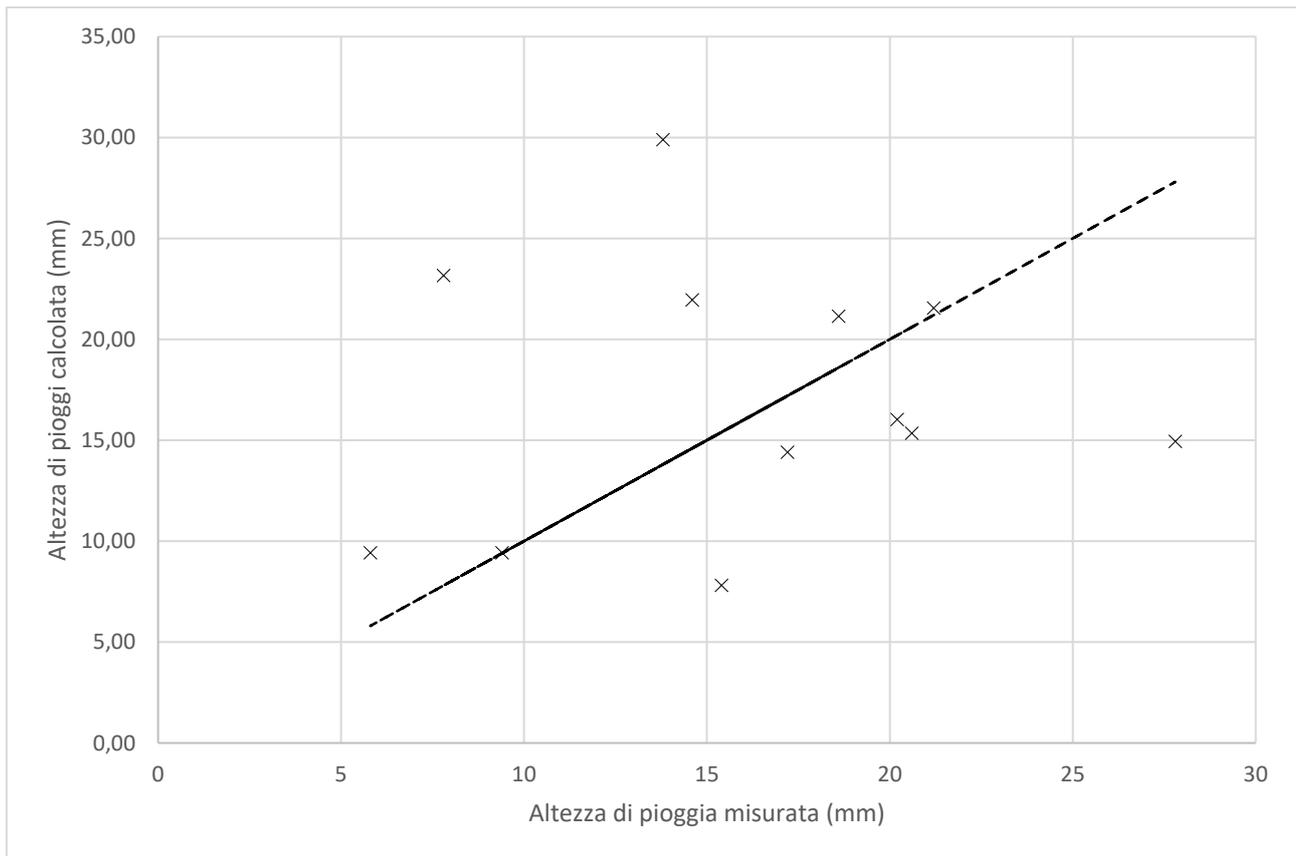


Figura 8: Grafico di corrispondenza h misurata - h calcolata per durata 20 minuti

Tabella 7: Elaborazioni per le piogge di durata 30 minuti

valori misurati		calcolati	scarto %
30 min	60 min	30 min	
12,4	14	10,91	12,80%
22,8	31,4	24,47	7,05%
7,4	14	10,91	38,32%
18,8	32,6	25,40	29,87%
25,4	23,8	18,54	31,20%
21,2	32	24,93	16,18%
36,2	22,2	17,30	70,67%
15,2	44,4	34,59	77,90%
24,2	21,4	16,67	36,82%
10	34,4	26,80	91,31%
19,4	11,6	9,04	72,87%
21,2	22,8	17,76	17,63%
Valore medio dello scarto			41,89%

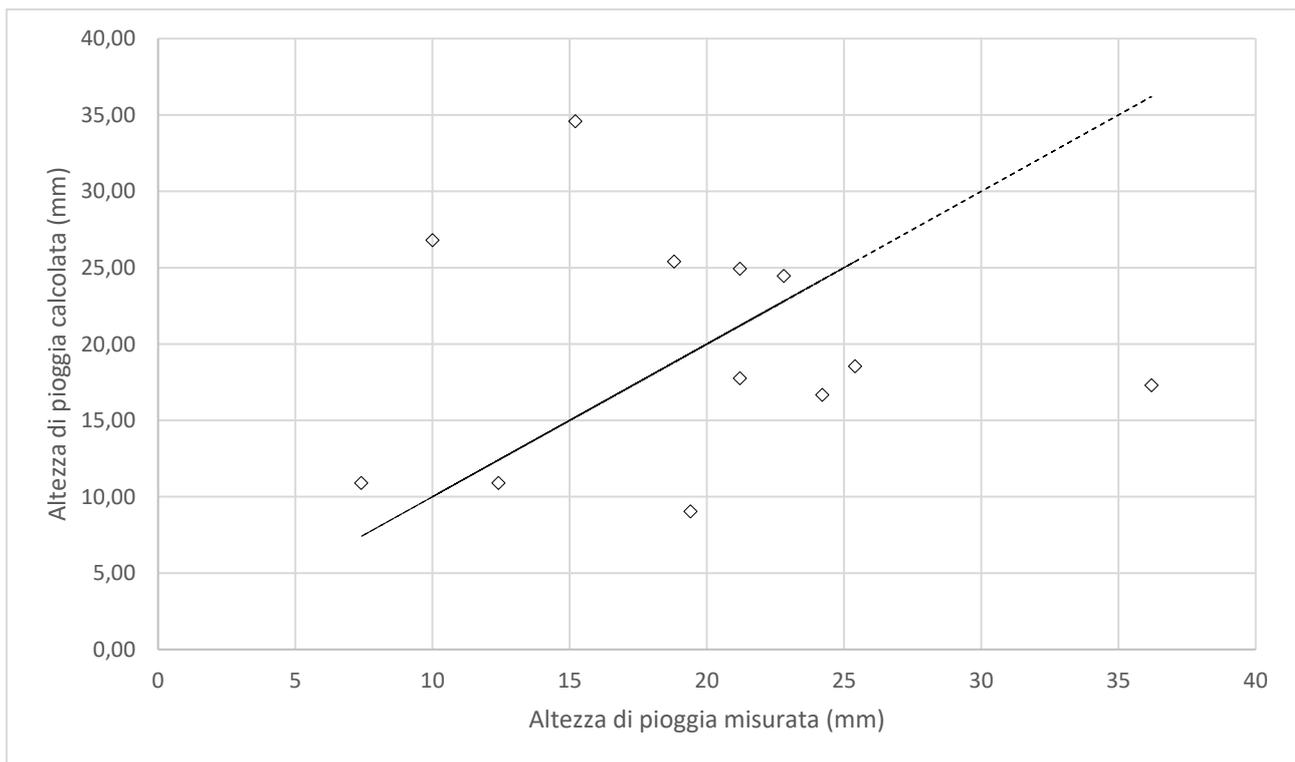


Figura 9: Grafico di corrispondenza h misurata - h calcolata per durata 30 minuti

Una volta ottenuto il valore del coefficiente di correlazione s è stato possibile ricavare i dati di pioggia per le durate 10, 20, 30 e 45 minuti, relativi al tempo di ritorno di 25 anni, determinato per il progetto in esame, a partire dai dati di pioggia di durata un'ora.

Fra i valori calcolati si sono scelti i valori massimi che corrispondono, in questo caso, alla modellazione TCEV al secondo livello di regionalizzazione.

Nella successiva Tabella 8 sono riportati i valori numerici ricavati dalle elaborazioni.

Tabella 8: Dati di pioggia di durata inferiori all'ora ricavati per $s=0.36$

TR 10						
t	gumbel max	gumbel mom	TCEV 0	TCEV 1	TCEV 2	massimi
10	18,80	20,96	20,03	19,80	20,03	20,96
20	24,13	26,90	25,71	25,41	25,71	26,90
30	27,92	31,13	29,75	29,41	29,75	31,13
45	32,30	36,02	34,42	34,03	34,42	36,02
60	35,83	39,95	38,18	37,74	38,18	39,95

Ai fini delle modellazioni idrauliche per il dimensionamento delle strutture idrauliche stradali sarà utilizzata la seguente curva di possibilità pluviometrica, valida per durate delle precipitazioni minori dell'ora:

$$h = 40.03 t^{0.36}$$

5 Il calcolo delle portate

I bacini sottesi, come si diceva in precedenza, hanno dimensioni estremamente ridotte per cui si è scelto di utilizzare per il calcolo delle portate il metodo “razionale” o “del ritardo di corrivazione”, comunemente detto “metodo della corrivazione”.

Il metodo cinematico, sviluppato da Turazza nel 1880, prevede la definizione di un tempo caratteristico del bacino, chiamato tempo di corrivazione t_c , che rappresenta il tempo necessario alla particella idraulicamente più sfavorita che cade sul bacino per raggiungere la sezione di chiusura.

Si può dimostrare che la portata massima si determina quando il tempo di pioggia corrisponde proprio al tempo di corrivazione. In questo caso vale la seguente espressione della portata fluente:

$$Q = \frac{\phi \cdot i_c \cdot A}{3.6}$$

dove:

- Q (m^3/s): portata defluente attraverso la sezione di chiusura;
- ϕ : coefficiente di deflusso;
- i_c (mm/ora): intensità critica di pioggia;
- A (km^2): Area sottesa alla sezione di chiusura.

Il valore numerico 3.6 serve per raggugliare le diverse unità di misura dei diversi parametri considerati.

Nel caso oggetto di interesse il coefficiente di deflusso si può assumere uniformemente pari a 0.95 per tutti e tre i bacini, così come il tempo di corrivazione, stimato in 6 minuti, anche considerando le possibili combinazioni dei bacini, ovvero il bacino 2 + il bacino 3 e la somma di tutti e tre i bacini.

Tabella 9: Portate di calcolo per i bacini individuati e per le possibili combinazioni

Bacino	Area	Portata	Portata
	m ²	m ³ /s	l/s
1	3381	0,13	129,83
2	2420	0,09	92,93
3	11816	0,45	453,73
2+3	14236	0,55	546,66
1+2+3	17617	0,68	676,48

6 Il calcolo del volume di accumulo per le acque di prima pioggia

Come è descritto più approfonditamente nella relazione idraulica, è importante conoscere l'accumulo delle acque di prima pioggia in un serbatoio opportunamente dimensionato.

Considerando che si debbano accumulare i primi 5 mm di pioggia che cadono uniformemente sui tre bacini, il volume da accumulare risulta pari a 97 m³.

7 ALLEGATO 1: Rapporto sulla curva di pioggia

Curva di pioggia TR 10 minore ora

Dati Curva di pioggia

Tipo: Curva di pioggia interpolata da punti

Numero punti: 5

Durate inserite: 10 minuti, 20 minuti, 30 minuti, 45 minuti, 1 ora

Tabella punti inseriti

N	Durata		Altezza (mm)
	(ore)	(minuti)	
1	0.167	10	20.960
2	0.333	20	26.900
3	0.500	30	31.130
4	0.750	45	36.200
5	1.000	60	39.950

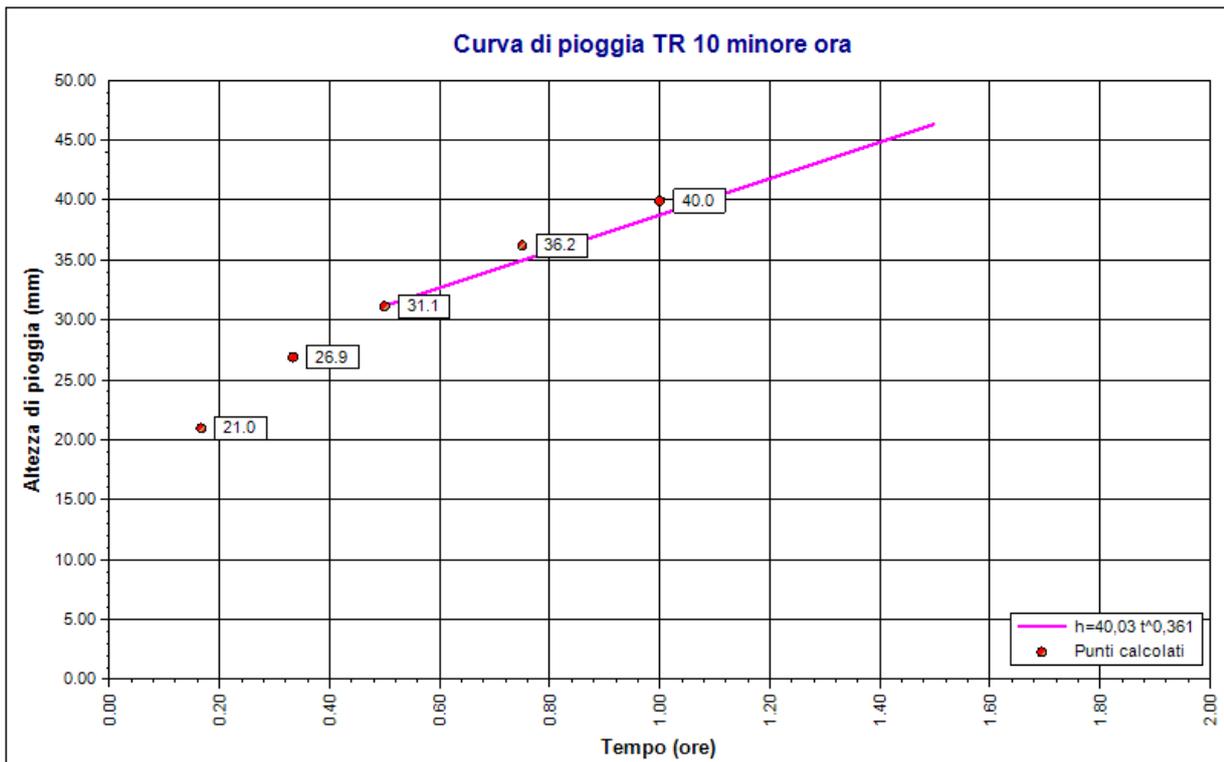
Risultati interpolazione

Coefficienti curva			Espressione
a	n	correlazione (r)	
40.03	0.36	1.00	$h(t) = 40,0 t^{0,361}$

Valori curva di pioggia

t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)
1	40.028	9	88.524	17	111.386
2	51.417	10	91.958	18	113.709
3	59.527	11	95.179	19	115.952

t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)
4	66.046	12	98.218	20	118.120
5	71.590	13	101.099	21	120.221
6	76.463	14	103.842	22	122.258
7	80.841	15	106.462	23	124.237
8	84.836	16	108.973	24	126.161



Curva di pioggia TR 10 minore ora

8 ALLEGATO 2: Rapporto sull'elaborazione probabilistica: Gumbel massima verosimiglianza

Dati Elaborazione

Stazione di misura: TROPEA

Distribuzione probabilistica: Gumbel

Metodo di stima dei parametri: Massima verosimiglianza

Elaborazioni presenti: 5 (1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore)

Elaborazioni valide: 5 (1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore)

Stima parametri

Parametro	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Dimensione campione	44	41	42	42	44
Valore medio	24.57	33.09	38.98	46.20	56.46
Dev. standard	11.22	15.10	15.56	15.34	18.81
Alfa	0.1217	0.1093	0.1096	0.0995	0.0718
Epsilon	18.485	25.103	30.284	37.707	45.835

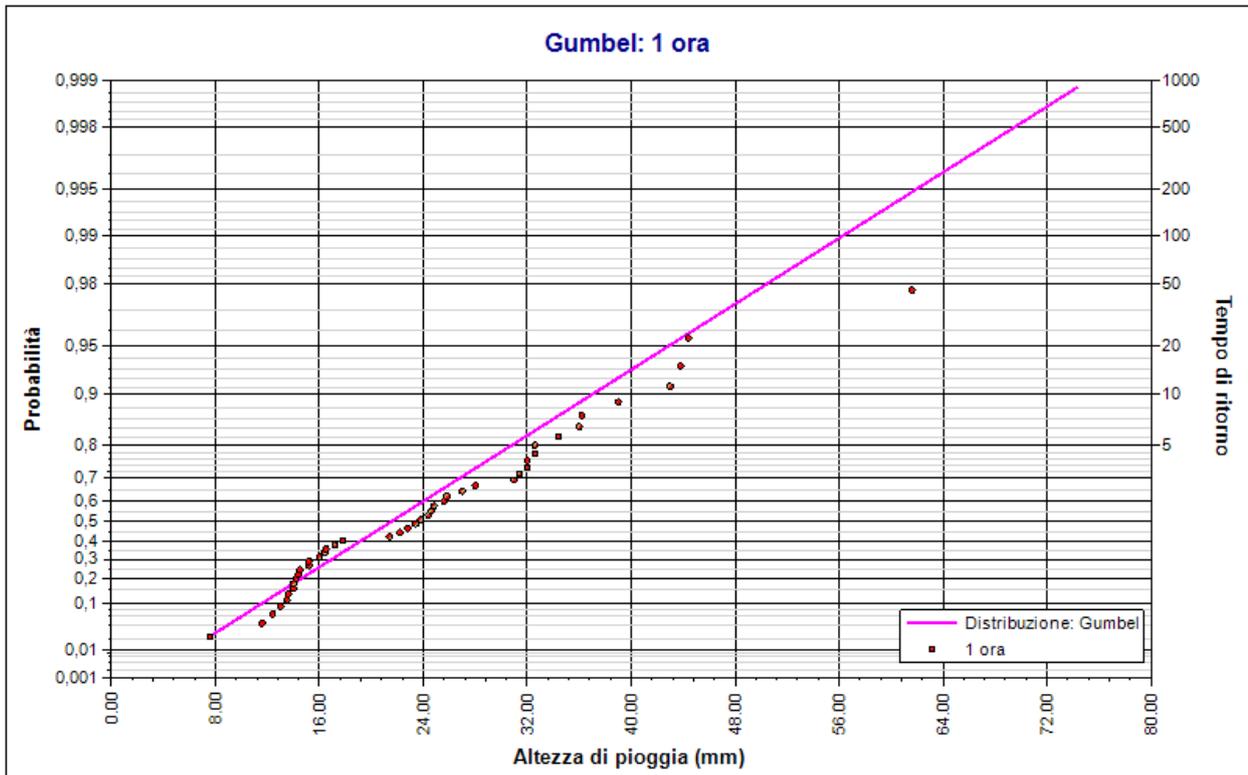
Espressioni delle CDF della distribuzione

Gumbel: 1 ora	$F_x(x) = \exp \left[-\exp \left(-0,122 (x - 18,485) \right) \right]$
Gumbel: 3 ore	$F_x(x) = \exp \left[-\exp \left(-0,109 (x - 25,103) \right) \right]$
Gumbel: 6 ore	$F_x(x) = \exp \left[-\exp \left(-0,110 (x - 30,284) \right) \right]$
Gumbel: 12 ore	$F_x(x) = \exp \left[-\exp \left(-0,099 (x - 37,707) \right) \right]$

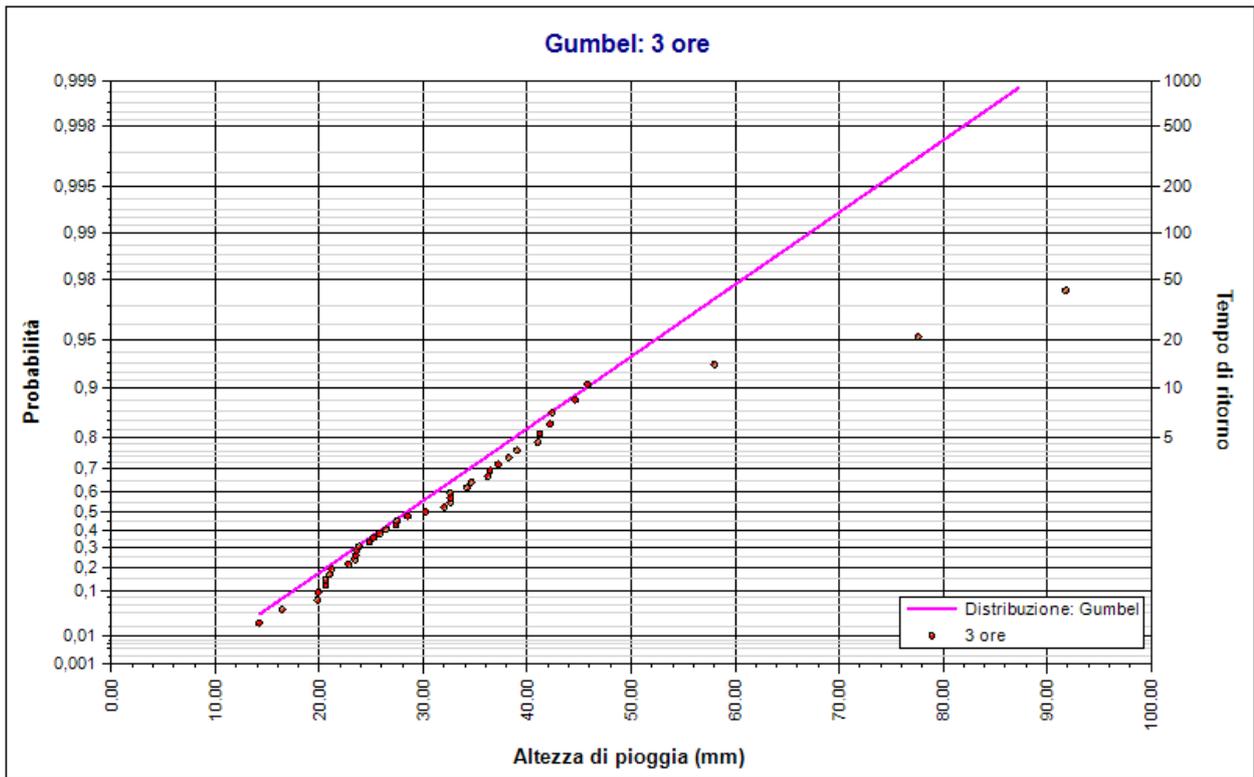
Gumbel: 24 ore	$F_x(x) = \exp \left[-\exp \left(-0,072 (x - 45,835) \right) \right]$
----------------	---

Fratili distribuzioni probabilistiche

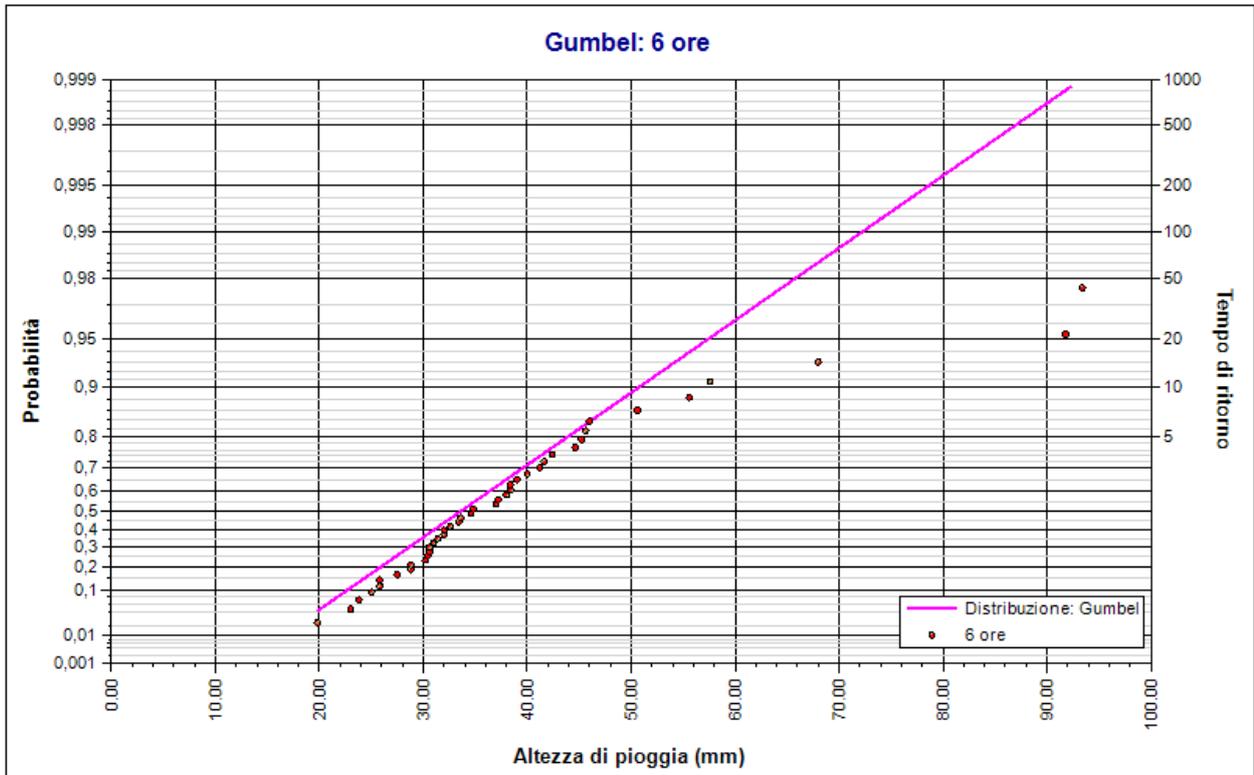
Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2 anni	21.50	28.46	33.63	41.39	50.94
5 anni	30.81	38.83	43.97	52.78	66.72
10 anni	36.97	45.69	50.82	60.33	77.17
20 anni	42.89	52.28	57.39	67.56	87.19
50 anni	50.54	60.80	65.89	76.93	100.16
100 anni	56.28	67.19	72.26	83.95	109.88
200 anni	61.99	73.55	78.61	90.94	119.57
500 anni	69.53	81.95	86.98	100.17	132.35
1000 anni	75.23	88.30	93.31	107.14	142.01



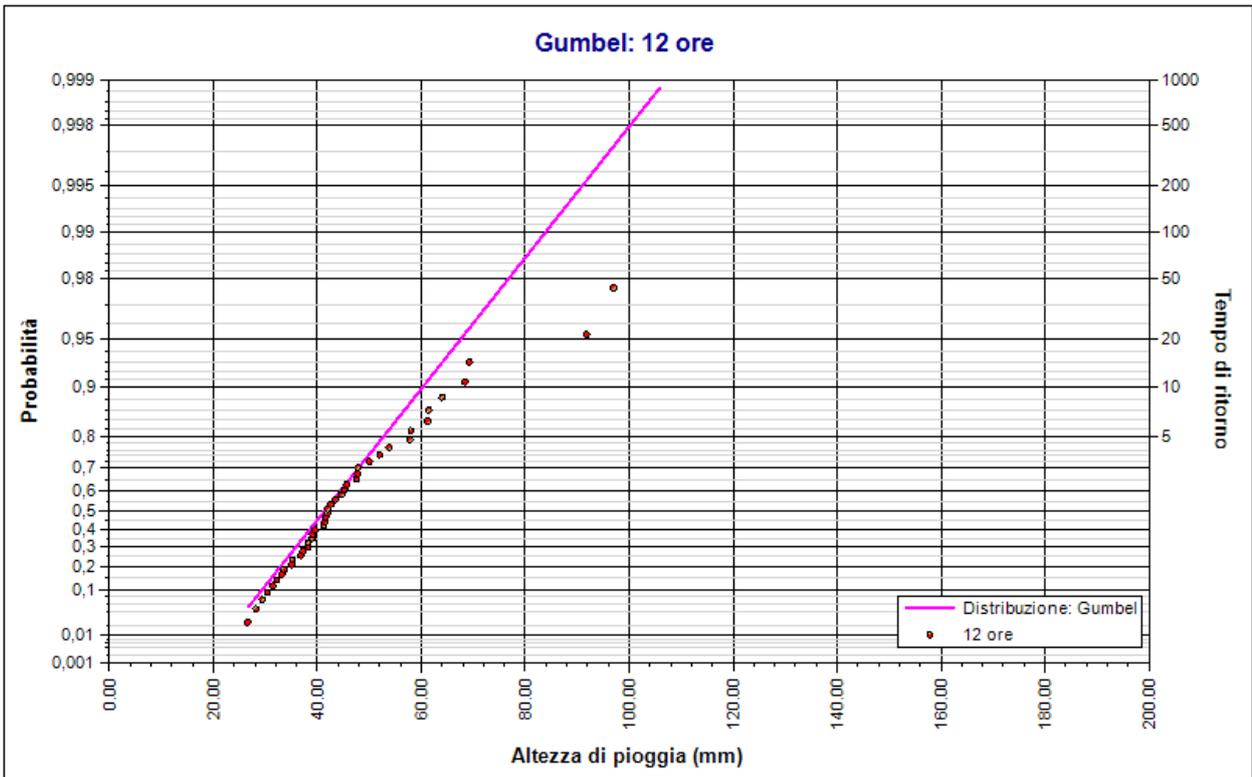
Gumbel massima verosimiglianza. Gumbel: 1 ora. Durata 1 ora



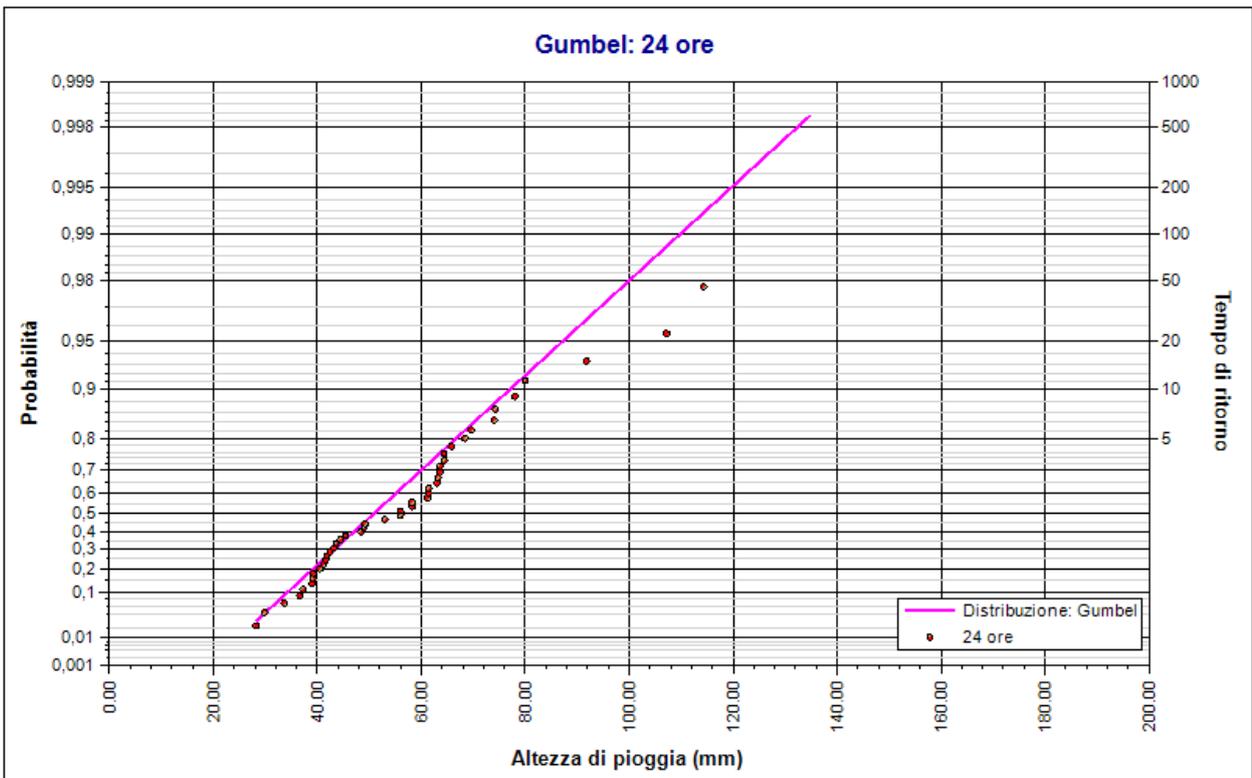
Gumbel massima verosimiglianza. Gumbel: 3 ore. Durata 3 ore



Gumbel massima verosimiglianza. Gumbel: 6 ore. Durata 6 ore



Gumbel massima verosimiglianza. Gumbel: 12 ore. Durata 12 ore



Gumbel massima verosimiglianza. Gumbel: 24 ore. Durata 24 ore

9 ALLEGATO 3: Rapporto sull'elaborazione probabilistica: Gumbel massima verosimiglianza

Dati Elaborazione

Stazione di misura: TROPEA

Distribuzione probabilistica: Gumbel

Metodo di stima dei parametri: Momenti

Elaborazioni presenti: 5 (1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore)

Elaborazioni valide: 5 (1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore)

Stima parametri

Parametro	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Dimensione campione	44	41	42	42	44
Valore medio	24.57	33.09	38.98	46.20	56.46
Dev. standard	11.22	15.10	15.56	15.34	18.81
Alfa	0.1143	0.0849	0.0824	0.0836	0.0682
Epsilon	19.518	26.298	31.975	39.298	47.998

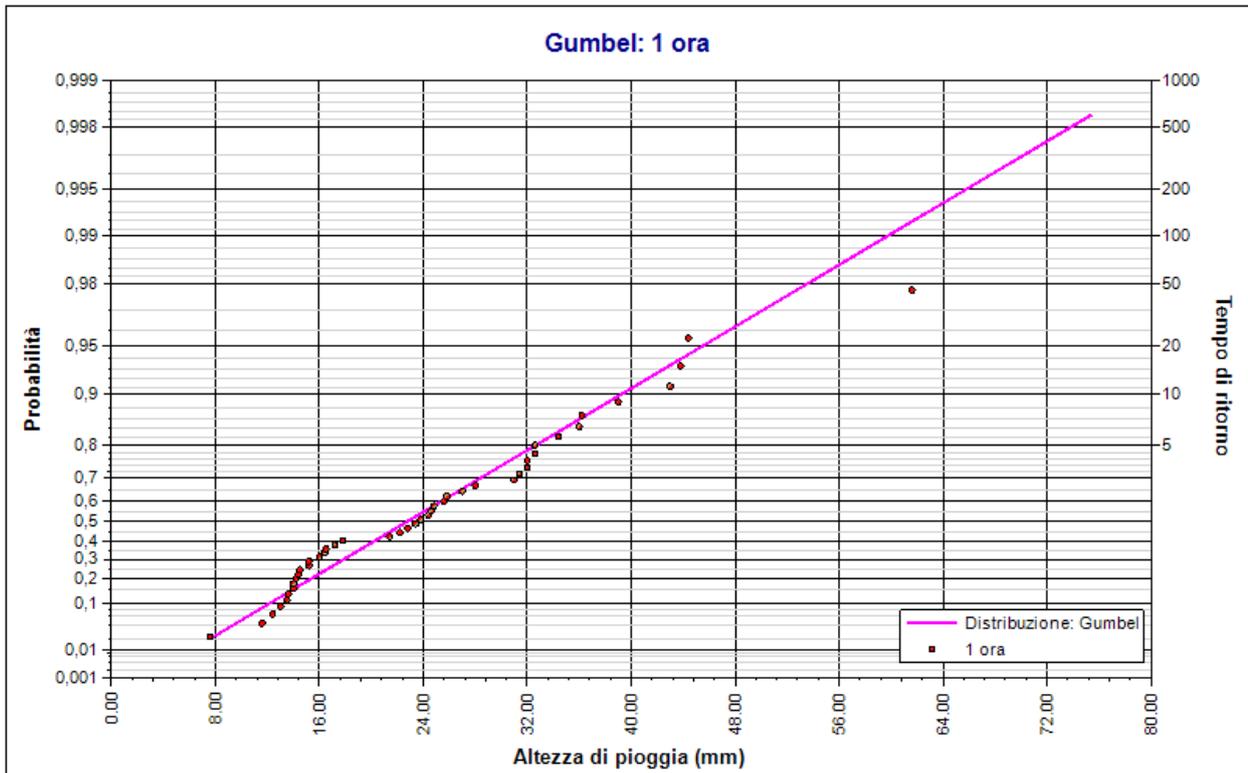
Espressioni delle CDF della distribuzione

Gumbel: 1 ora	$F_x(x) = \exp \left[-\exp \left(-0,114 (x - 19,518) \right) \right]$
Gumbel: 3 ore	$F_x(x) = \exp \left[-\exp \left(-0,085 (x - 26,298) \right) \right]$
Gumbel: 6 ore	$F_x(x) = \exp \left[-\exp \left(-0,082 (x - 31,975) \right) \right]$
Gumbel: 12 ore	$F_x(x) = \exp \left[-\exp \left(-0,084 (x - 39,298) \right) \right]$

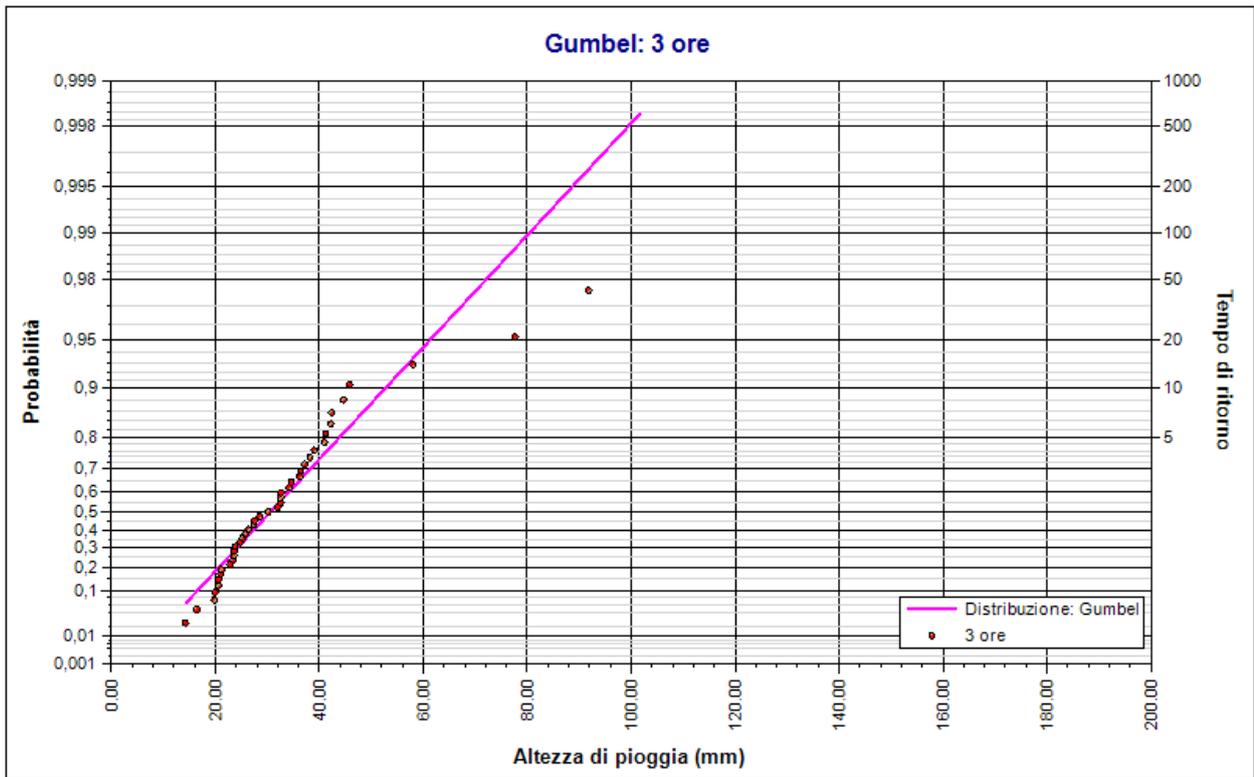
Gumbel: 24 ore	$F_x(x) = \exp \left[-\exp \left(-0,068 (x - 47,998) \right) \right]$
----------------	---

Fratili distribuzioni probabilistiche

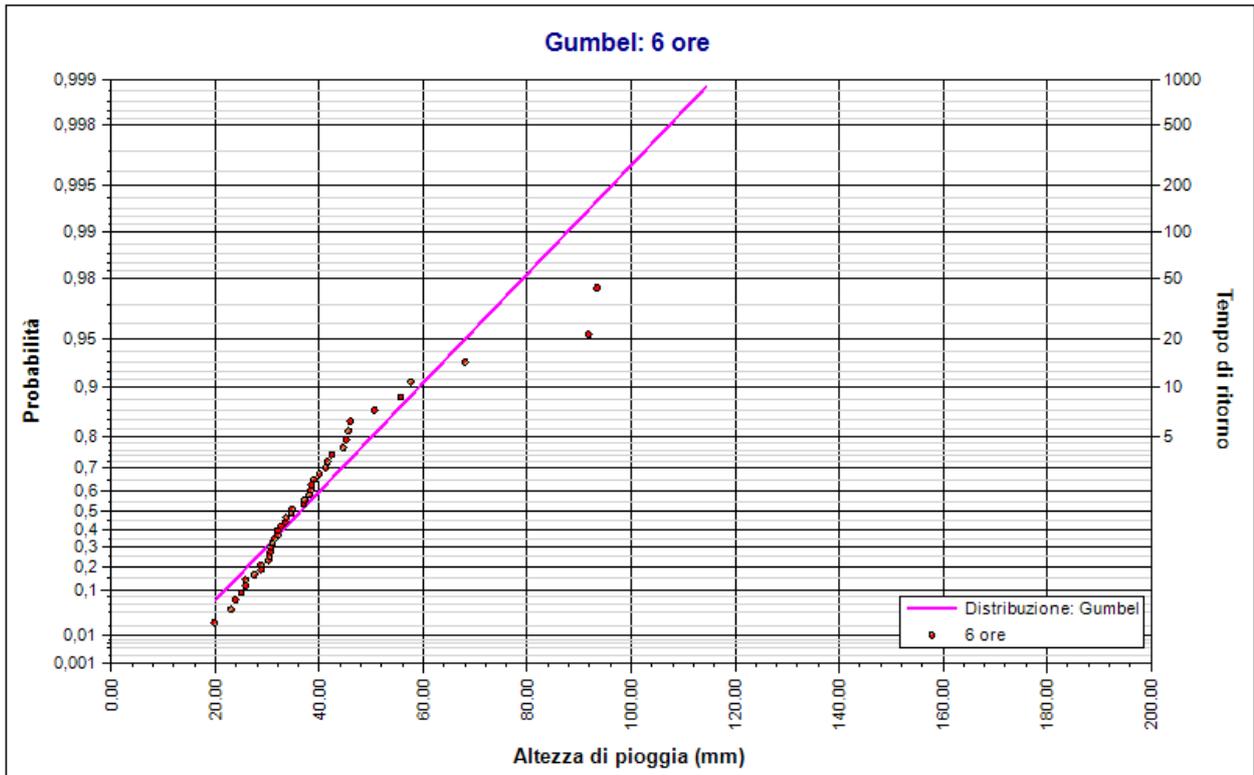
Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2 anni	22.72	30.61	36.42	43.68	53.37
5 anni	32.64	43.96	50.18	57.24	70.00
10 anni	39.20	52.79	59.28	66.21	81.01
20 anni	45.50	61.27	68.02	74.82	91.57
50 anni	53.65	72.24	79.32	85.96	105.23
100 anni	59.75	80.46	87.80	94.31	115.48
200 anni	65.84	88.65	96.24	102.63	125.68
500 anni	73.87	99.45	107.38	113.61	139.14
1000 anni	79.93	107.62	115.79	121.90	149.32



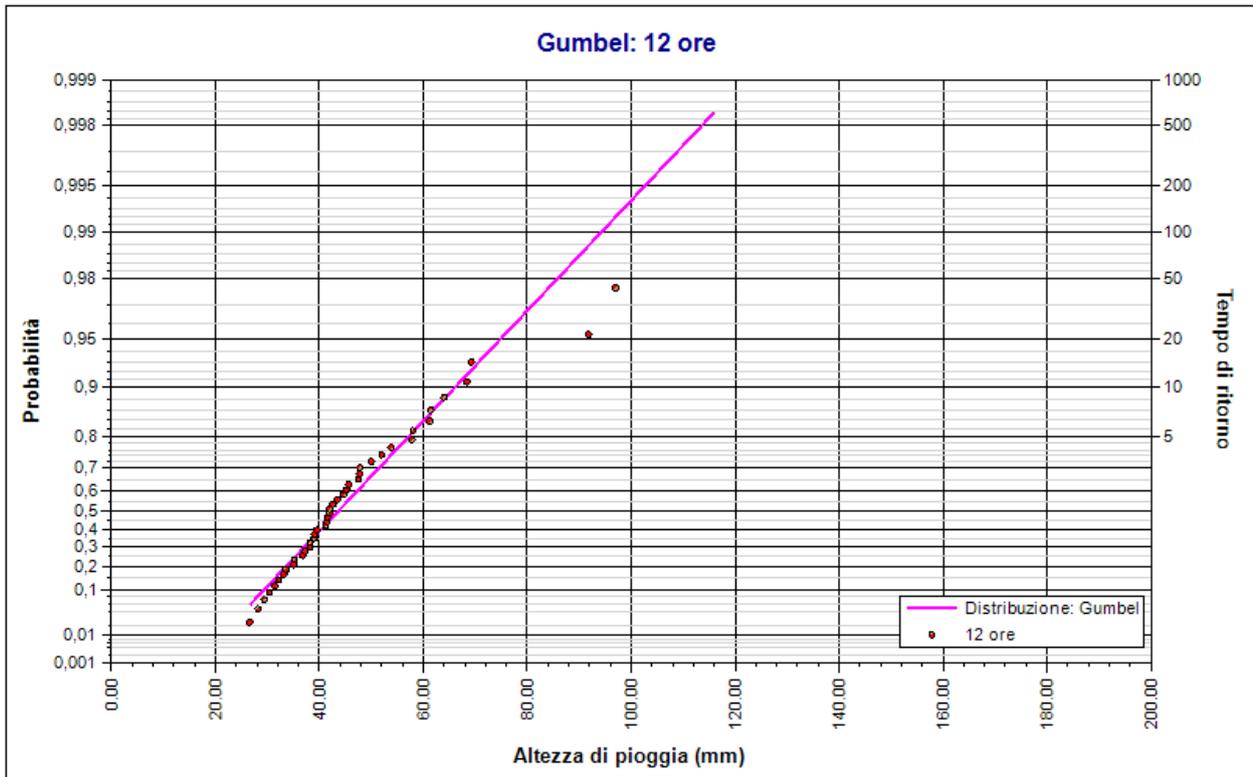
Gumbel Momenti. Gumbel: 1 ora. Durata 1 ora



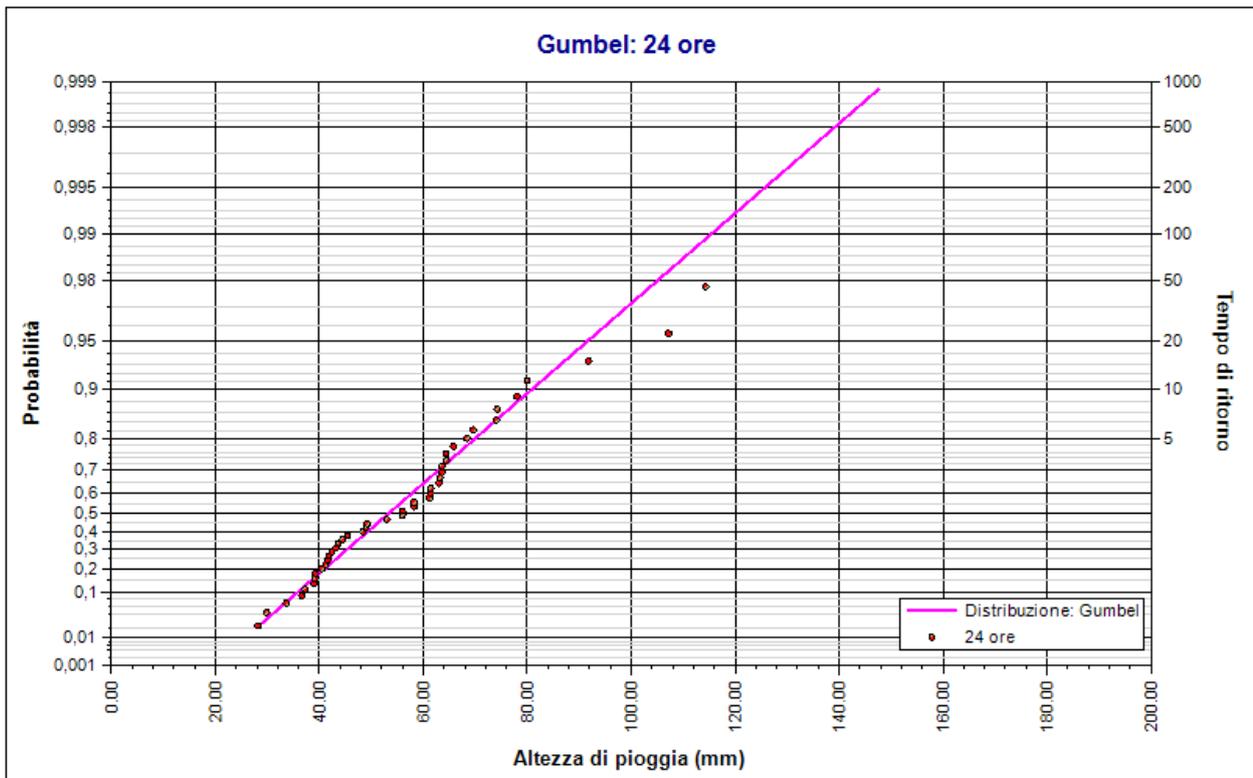
Gumbel Momenti. Gumbel: 3 ore. Durata 3 ore



Gumbel Momenti. Gumbel: 6 ore. Durata 6 ore



Gumbel Momenti. Gumbel: 12 ore. Durata 12 ore



Gumbel Momenti. Gumbel: 24 ore. Durata 24 ore

10 ALLEGATO 4: Rapporto sull'elaborazione probabilistica: TCEV – LIVELLO 0

Dati Elaborazione

Stazione di misura: TROPEA

Distribuzione probabilistica: TCEV livello zero

Metodo di stima dei parametri: Massima verosimiglianza

Elaborazioni presenti: 5 (1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore)

Elaborazioni valide: 5 (1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore)

Stima parametri

Parametro	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Dimensione campione	44	41	42	42	44
Valore medio	24.57	33.09	38.98	46.20	56.46
Dev. standard	11.22	15.10	15.56	15.34	18.81
.					
Lambda*	0.12224	0.18236	0.22323	0.67729	0.16064
Teta*	1.67346	3.51870	3.72968	2.55476	1.59360
.					
Lambda 1	10.41087	32.03921	91.36666	211.3186 1	32.02540
Teta 1	7.89156	7.21103	6.73319	6.39070	13.22186
Lambda 2	0.49571	0.48848	0.74900	5.50573	1.41436
Teta 2	13.20619	25.37344	25.11268	16.32672	21.07039

Espressioni delle CDF della distribuzione

TCEV livello zero: 1 ora	$F_x(x) = \exp \left[-10,41 \exp \left(-\frac{x}{7,892} \right) - 0,50 \exp \left(-\frac{x}{13,206} \right) \right]$
-----------------------------	---

TCEV livello zero: 3 ore	$F_x(x) = \exp \left[-32,04 \exp \left(-\frac{x}{7,211} \right) - 0,49 \exp \left(-\frac{x}{25,373} \right) \right]$
TCEV livello zero: 6 ore	$F_x(x) = \exp \left[-91,37 \exp \left(-\frac{x}{6,733} \right) - 0,75 \exp \left(-\frac{x}{25,113} \right) \right]$
TCEV livello zero: 12 ore	$F_x(x) = \exp \left[-211,32 \exp \left(-\frac{x}{6,391} \right) - 5,51 \exp \left(-\frac{x}{16,327} \right) \right]$
TCEV livello zero: 24 ore	$F_x(x) = \exp \left[-32,03 \exp \left(-\frac{x}{13,222} \right) - 1,41 \exp \left(-\frac{x}{21,070} \right) \right]$

Espressioni delle Curve di crescita

TCEV livello zero: 1 ora	$F_x(x) = \exp \left[-10,411 (22,114)^{-x'} - 0,496 (6,361)^{-x'} \right]$
TCEV livello zero: 3 ore	$F_x(x) = \exp \left[-32,039 (99,159)^{-x'} - 0,488 (3,693)^{-x'} \right]$
TCEV livello zero: 6 ore	$F_x(x) = \exp \left[-91,367 (331,819)^{-x'} - 0,749 (4,741)^{-x'} \right]$
TCEV livello zero: 12 ore	$F_x(x) = \exp \left[-211,319 (1388,880)^{-x'} - 5,506 (16,987)^{-x'} \right]$
TCEV livello zero: 24 ore	$F_x(x) = \exp \left[-32,025 (70,972)^{-x'} - 1,414 (14,507)^{-x'} \right]$

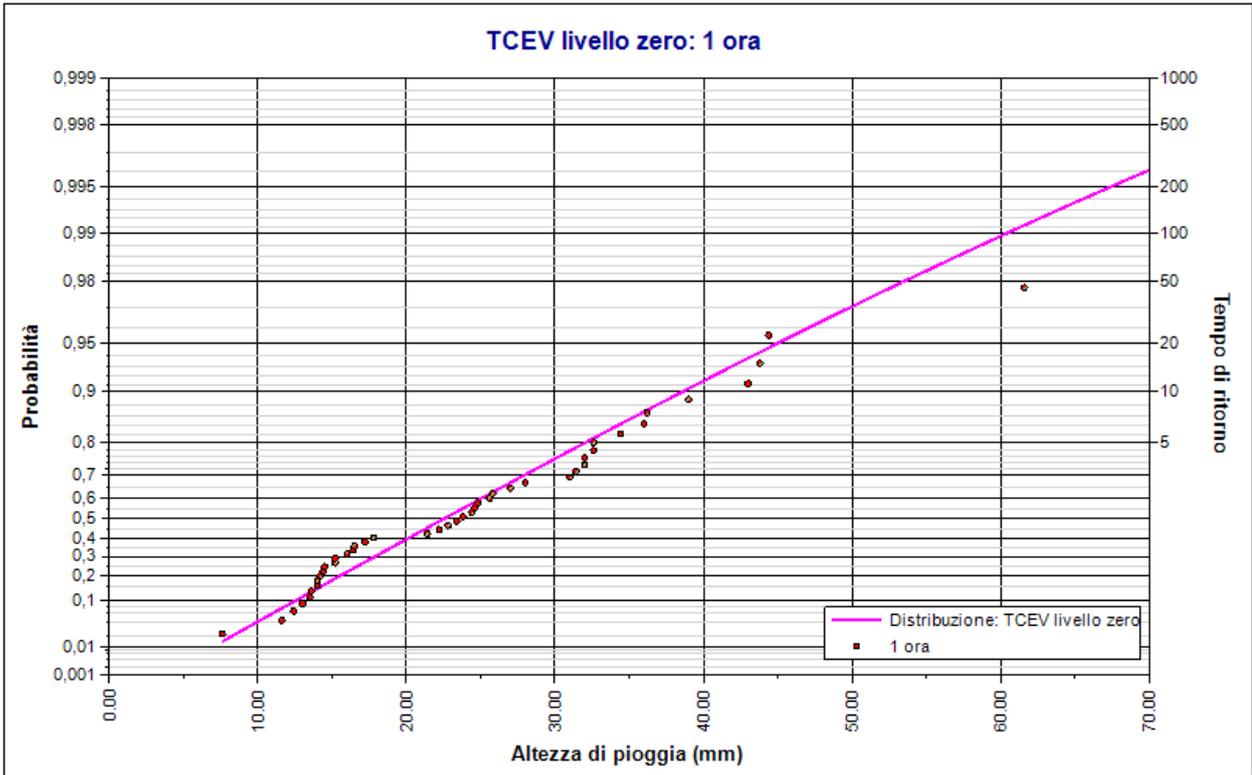
Fratili distribuzioni probabilistiche

Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2 anni	22.48	29.44	34.97	42.32	53.06
5 anni	32.05	40.13	45.76	55.29	69.24

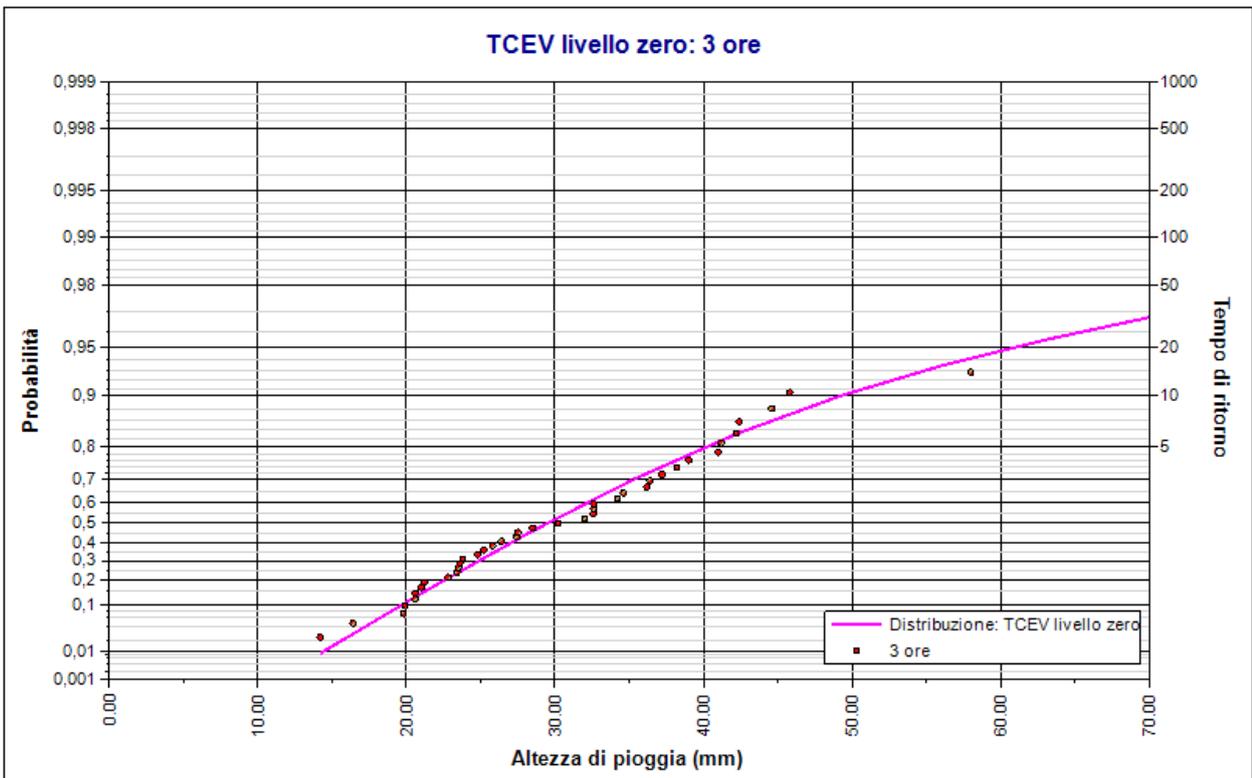
Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
10 anni	38.56	49.17	55.62	65.75	80.26
20 anni	44.98	60.86	68.98	76.76	91.11
50 anni	53.62	81.34	90.89	91.66	105.68
100 anni	60.40	98.63	108.29	102.99	117.05
200 anni	67.47	116.21	125.74	114.32	128.81
500 anni	77.31	139.47	148.77	129.30	145.02
1000 anni	85.15	157.06	166.18	140.64	157.80

Fattori di crescita

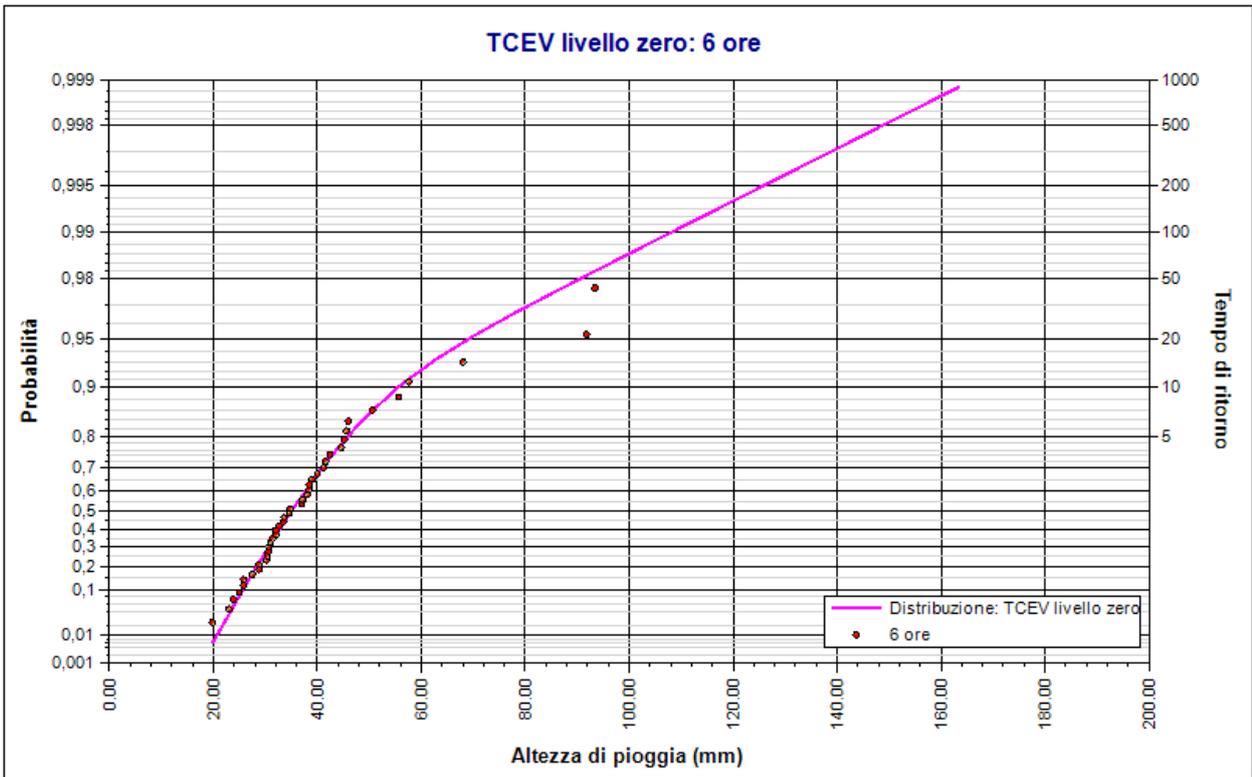
Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2 anni	0.92	0.89	0.89	0.92	0.94
5 anni	1.31	1.21	1.17	1.20	1.23
10 anni	1.58	1.48	1.42	1.42	1.42
20 anni	1.84	1.84	1.76	1.66	1.62
50 anni	2.19	2.45	2.33	1.98	1.88
100 anni	2.47	2.98	2.77	2.23	2.08
200 anni	2.76	3.51	3.22	2.47	2.29
500 anni	3.16	4.21	3.81	2.80	2.57
1000 anni	3.48	4.74	4.25	3.04	2.80



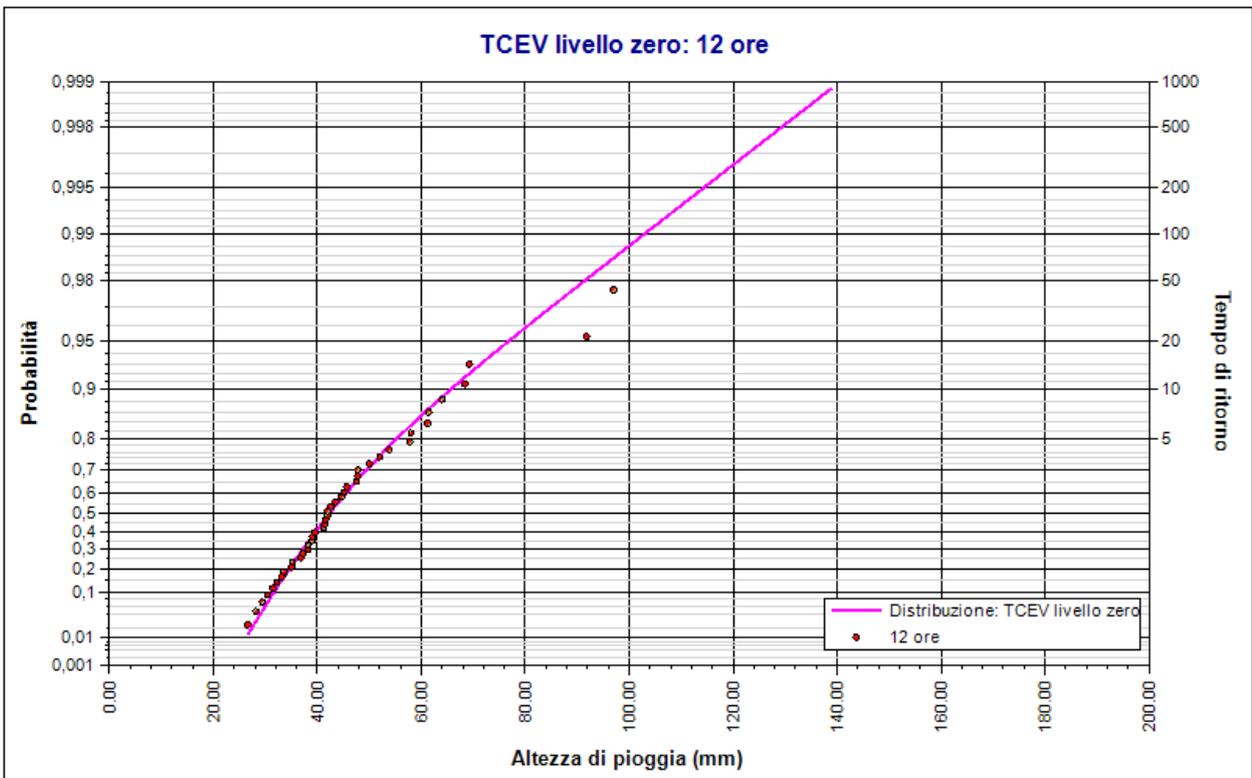
TCEV zero. TCEV livello zero: 1 ora. Durata 1 ora



TCEV zero. TCEV livello zero: 3 ore. Durata 3 ore



TCEV zero. TCEV livello zero: 6 ore. Durata 6 ore



TCEV zero. TCEV livello zero: 12 ore. Durata 12 ore

11 ALLEGATO 5: Rapporto sull'elaborazione probabilistica: TCEV – LIVELLO 1

Dati Elaborazione

Stazione di misura: TROPEA

Distribuzione probabilistica: TCEV primo livello

Metodo di stima dei parametri: Massima verosimiglianza

Elaborazioni presenti: 5 (1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore)

Elaborazioni valide: 5 (1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore)

Stima parametri

Parametro	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Dimensione campione	44	41	42	42	44
Valore medio	24.57	33.09	38.98	46.20	56.46
Dev. standard	11.22	15.10	15.56	15.34	18.81
.					
Parametri regionali					
Descrizione	Parametri zona: Calabria - Durata: 1 ora	Parametri zona: Calabria - Durata: 3 ore	Parametri zona: Calabria - Durata: 6 ore	Parametri zona: Calabria - Durata: 12 ore	Parametri zona: Calabria - Durata: 24 ore
Lambda*	0.19970	0.26140	0.28340	0.29150	0.36100
Teta*	2.07350	2.41000	2.31030	2.21480	1.94200
.					
Parametri stimati					
Lambda 1	11.23793	28.37531	66.41500	93.88463	40.38162
Teta 1	7.36536	7.33758	7.19377	8.10050	11.72557
Lambda 2	0.64136	1.04758	1.74244	2.26611	2.42429
Teta 2	15.27206	17.68357	16.61976	17.94098	22.77106

Espressioni delle CDF della distribuzione

TCEV primo livello: 1 ora	$F_x(x) = \exp \left[-11,24 \exp \left(-\frac{x}{7,365} \right) - 0,64 \exp \left(-\frac{x}{15,272} \right) \right]$
TCEV primo livello: 3 ore	$F_x(x) = \exp \left[-28,38 \exp \left(-\frac{x}{7,338} \right) - 1,05 \exp \left(-\frac{x}{17,684} \right) \right]$
TCEV primo livello: 6 ore	$F_x(x) = \exp \left[-66,41 \exp \left(-\frac{x}{7,194} \right) - 1,74 \exp \left(-\frac{x}{16,620} \right) \right]$
TCEV primo livello: 12 ore	$F_x(x) = \exp \left[-93,88 \exp \left(-\frac{x}{8,100} \right) - 2,27 \exp \left(-\frac{x}{17,941} \right) \right]$
TCEV primo livello: 24 ore	$F_x(x) = \exp \left[-40,38 \exp \left(-\frac{x}{11,726} \right) - 2,42 \exp \left(-\frac{x}{22,771} \right) \right]$

Espressioni delle Curve di crescita

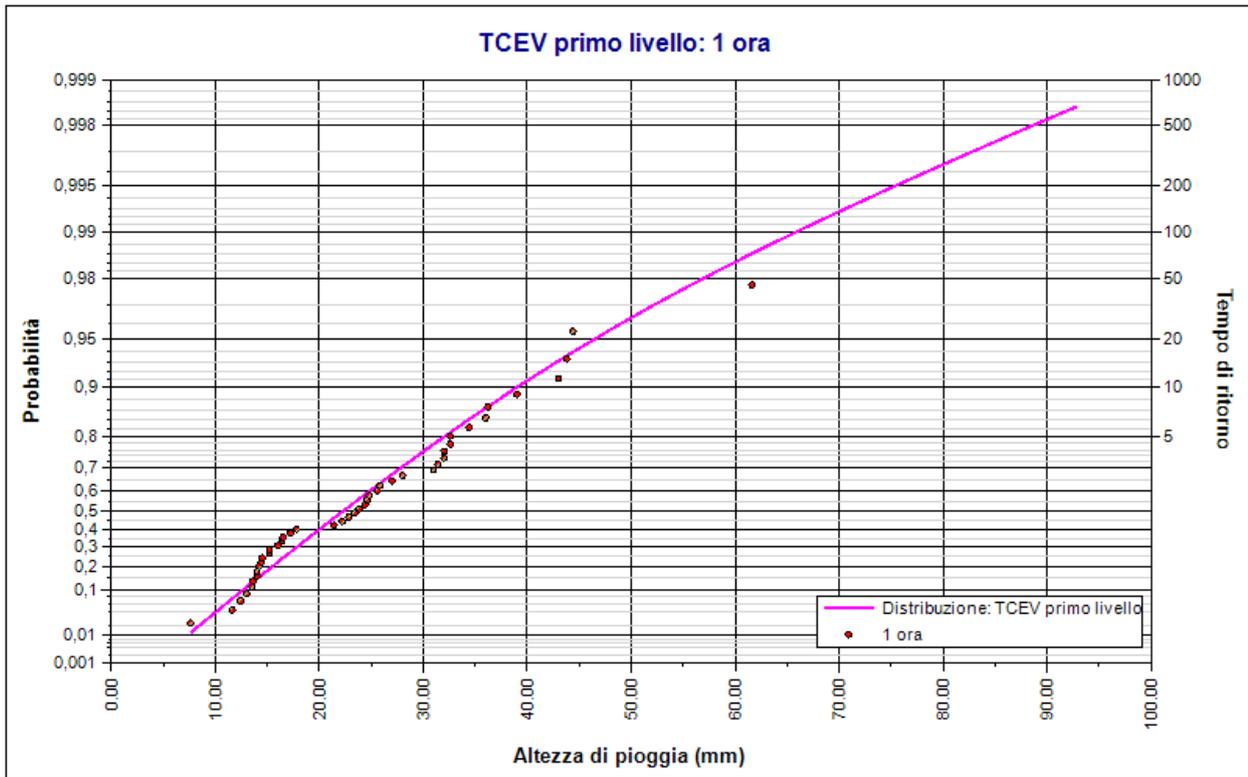
TCEV primo livello: 1 ora	$F_x(x) = \exp \left[-11,238 (28,333)^{-x'} - 0,641 (5,017)^{-x'} \right]$
TCEV primo livello: 3 ore	$F_x(x) = \exp \left[-28,375 (85,208)^{-x'} - 1,048 (6,325)^{-x'} \right]$
TCEV primo livello: 6 ore	$F_x(x) = \exp \left[-66,415 (202,815)^{-x'} - 1,742 (9,968)^{-x'} \right]$
TCEV primo livello: 12 ore	$F_x(x) = \exp \left[-93,885 (284,060)^{-x'} - 2,266 (12,815)^{-x'} \right]$
TCEV primo livello: 24 ore	$F_x(x) = \exp \left[-40,382 (126,407)^{-x'} - 2,424 (12,086)^{-x'} \right]$

Frattili distribuzioni probabilistiche

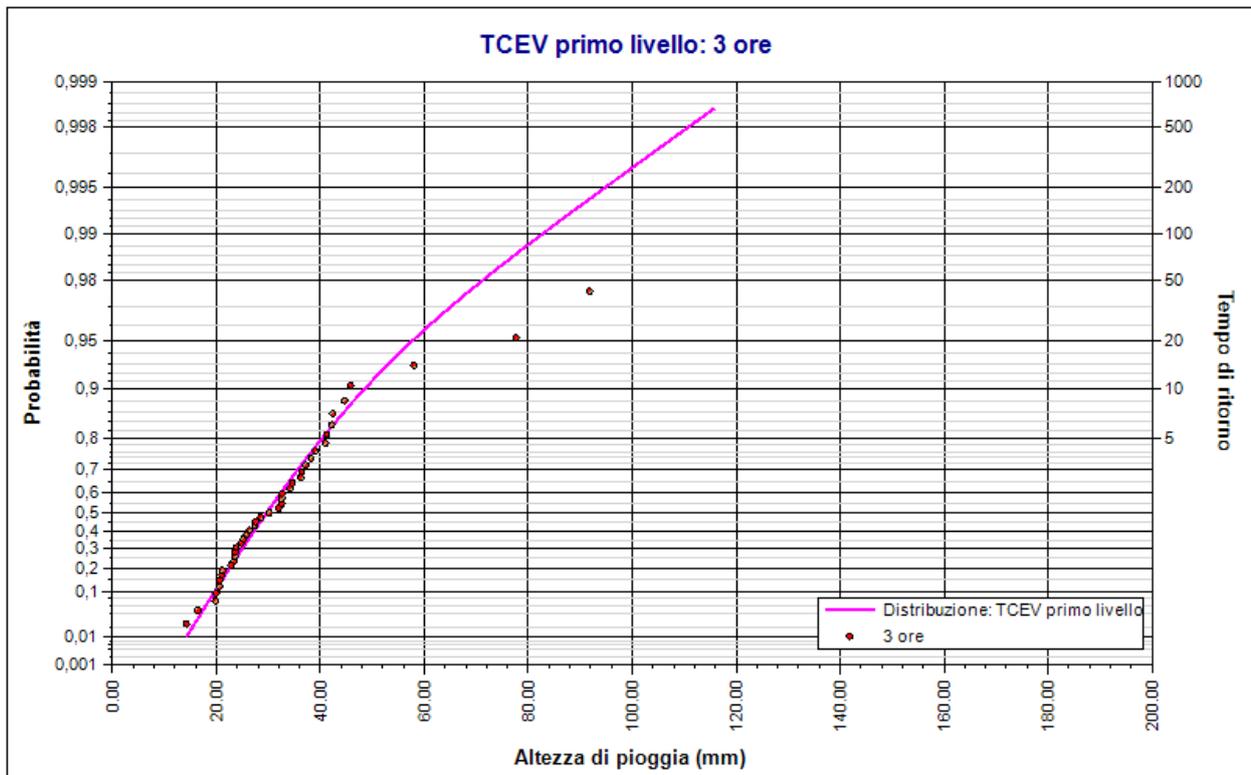
Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2 anni	22.30	29.67	35.38	42.68	52.65
5 anni	32.06	40.34	45.88	54.39	69.44
10 anni	39.08	48.54	53.86	63.19	81.65
20 anni	46.42	57.62	62.61	72.70	94.39
50 anni	57.03	71.37	75.63	86.67	112.38
100 anni	65.88	82.81	86.37	98.15	126.83
200 anni	75.38	94.72	97.53	110.11	141.81
500 anni	88.63	110.78	112.59	126.30	162.12
1000 anni	98.94	122.99	124.07	138.67	177.68

Fattori di crescita

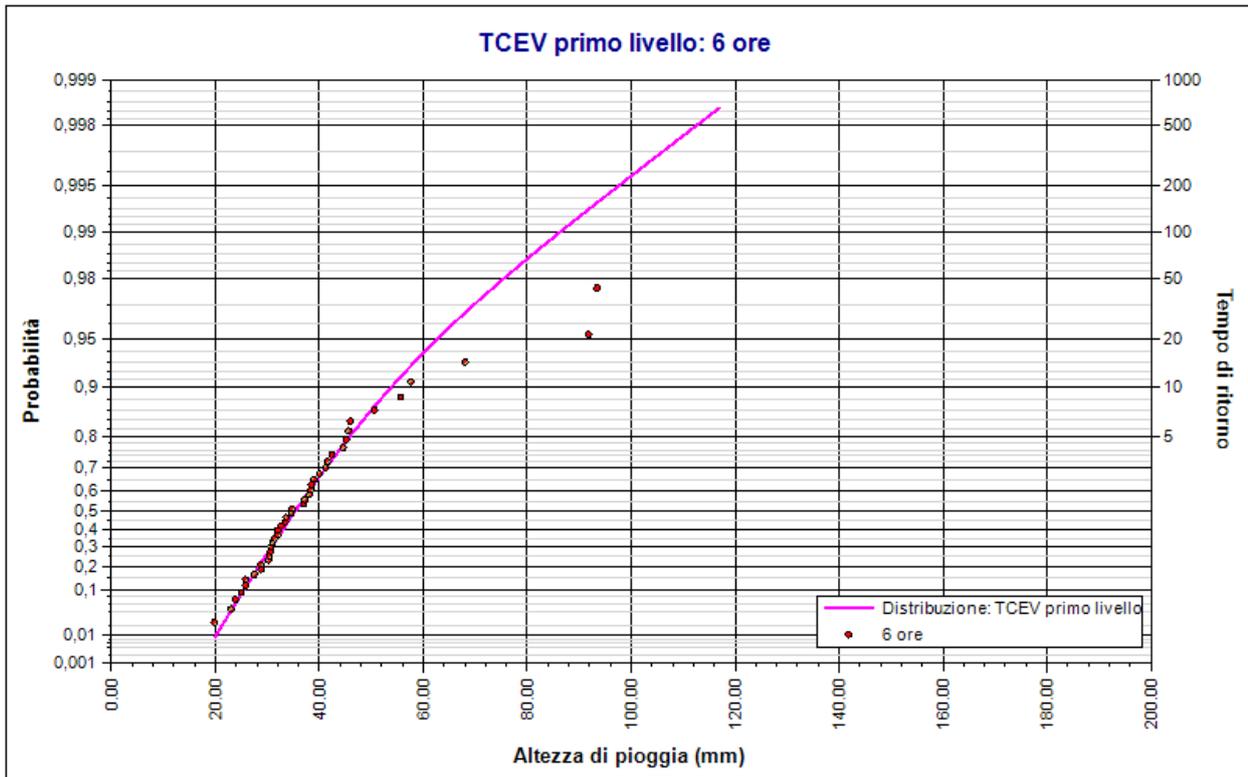
Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2 anni	0.91	0.91	0.93	0.93	0.93
5 anni	1.30	1.24	1.20	1.19	1.22
10 anni	1.59	1.49	1.41	1.38	1.44
20 anni	1.88	1.77	1.64	1.59	1.66
50 anni	2.32	2.19	1.98	1.89	1.98
100 anni	2.67	2.54	2.26	2.14	2.24
200 anni	3.06	2.90	2.55	2.41	2.50
500 anni	3.60	3.40	2.95	2.76	2.86
1000 anni	4.02	3.77	3.25	3.03	3.13



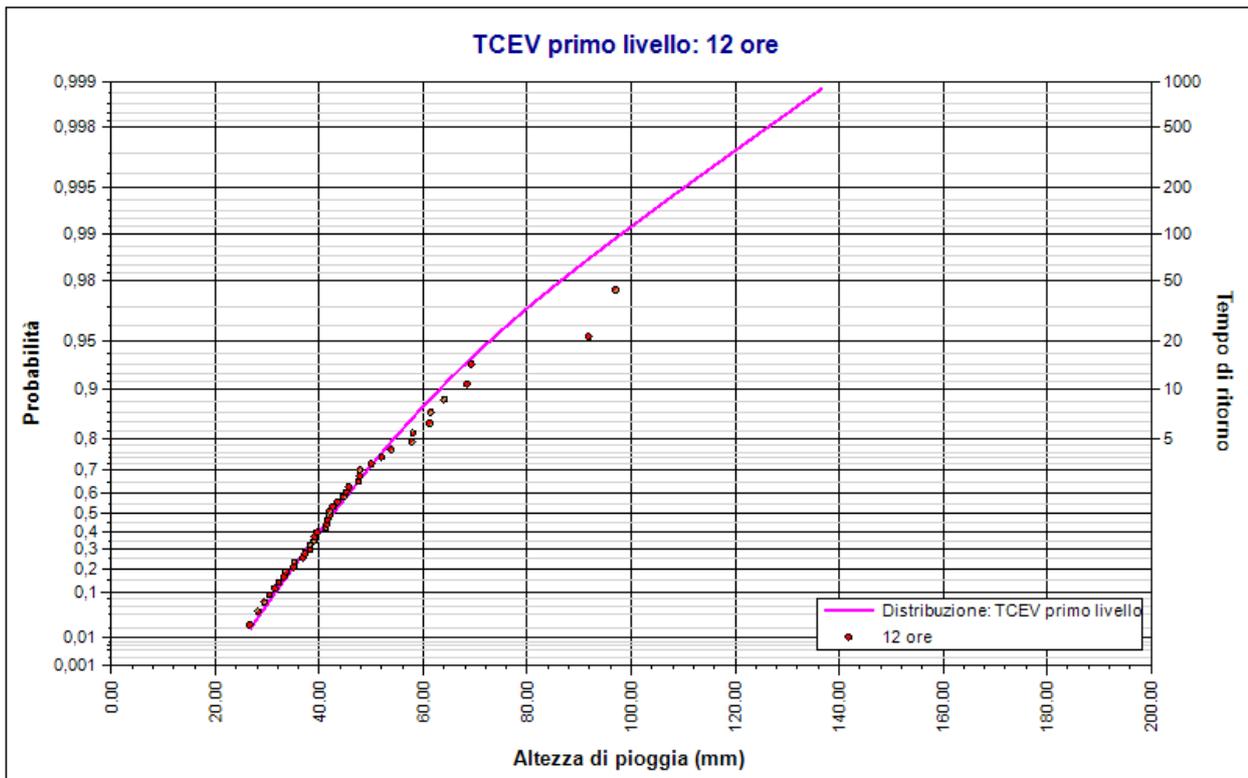
TCEV 1. TCEV primo livello: 1 ora. Durata 1 ora



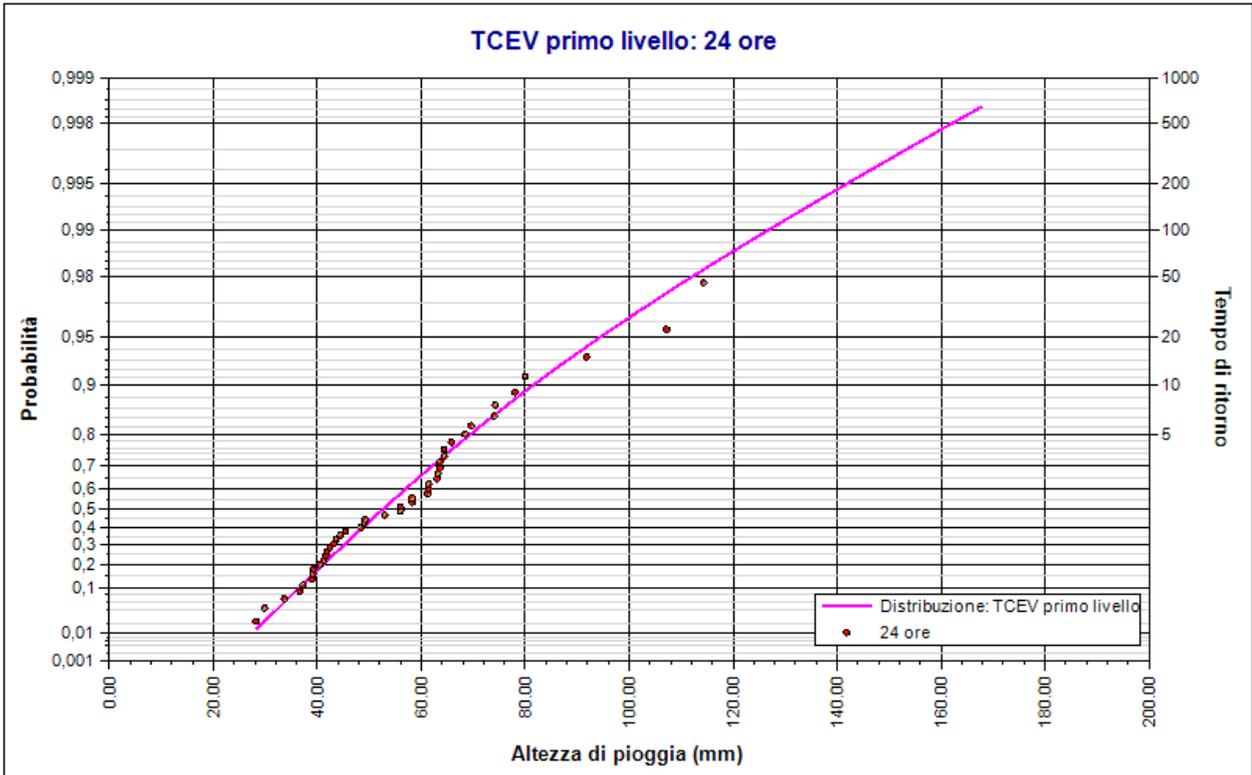
TCEV 1. TCEV primo livello: 3 ore. Durata 3 ore



TCEV 1. TCEV primo livello: 6 ore. Durata 6 ore



TCEV 1. TCEV primo livello: 12 ore. Durata 12 ore



TCEV 1. TCEV primo livello: 24 ore. Durata 24 ore

12 ALLEGATO 6: Rapporto sull'elaborazione probabilistica: TCEV – LIVELLO 2

Dati Elaborazione

Stazione di misura: TROPEA

Distribuzione probabilistica: TCEV secondo livello

Metodo di stima dei parametri: Massima verosimiglianza

Elaborazioni presenti: 5 (1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore)

Elaborazioni valide: 5 (1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore)

Stima parametri

Parametro	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Dimensione campione	44	41	42	42	44
Valore medio	24.57	33.09	38.98	46.20	56.46
Dev. standard	11.22	15.10	15.56	15.34	18.81
.					
Parametri regionali					
Descrizione	Parametri zona: Calabria - Sottozona : Tirrenica - Durata: 1 ora	Parametri zona: Calabria - Sottozona : Tirrenica - Durata: 3 ore	Parametri zona: Calabria - Sottozona : Tirrenica - Durata: 6 ore	Parametri zona: Calabria - Sottozona : Tirrenica - Durata: 12 ore	Parametri zona: Calabria - Sottozona : Tirrenica - Durata: 24 ore
Lambda*	0.19970	0.26140	0.28340	0.29150	0.36100
Teta*	2.07350	2.41000	2.31030	2.21480	1.94200
Lambda 1	13.03000	21.26000	25.17000	31.85000	31.54000
.					
Parametri stimati					
Teta 1	6.99428	7.97227	9.17829	10.45934	12.49064
Lambda 2	0.68879	0.92931	1.14489	1.39093	2.13462
Teta 2	14.50263	19.21318	21.20460	23.16534	24.25683

Espressioni delle CDF della distribuzione

TCEV secondo livello: 1 ora	$F_x(x) = \exp \left[-13,03 \exp \left(-\frac{x}{6,994} \right) - 0,69 \exp \left(-\frac{x}{14,503} \right) \right]$
TCEV secondo livello: 3 ore	$F_x(x) = \exp \left[-21,26 \exp \left(-\frac{x}{7,972} \right) - 0,93 \exp \left(-\frac{x}{19,213} \right) \right]$
TCEV secondo livello: 6 ore	$F_x(x) = \exp \left[-25,17 \exp \left(-\frac{x}{9,178} \right) - 1,14 \exp \left(-\frac{x}{21,205} \right) \right]$
TCEV secondo livello: 12 ore	$F_x(x) = \exp \left[-31,85 \exp \left(-\frac{x}{10,459} \right) - 1,39 \exp \left(-\frac{x}{23,165} \right) \right]$
TCEV secondo livello: 24 ore	$F_x(x) = \exp \left[-31,54 \exp \left(-\frac{x}{12,491} \right) - 2,13 \exp \left(-\frac{x}{24,257} \right) \right]$

Espressioni delle Curve di crescita

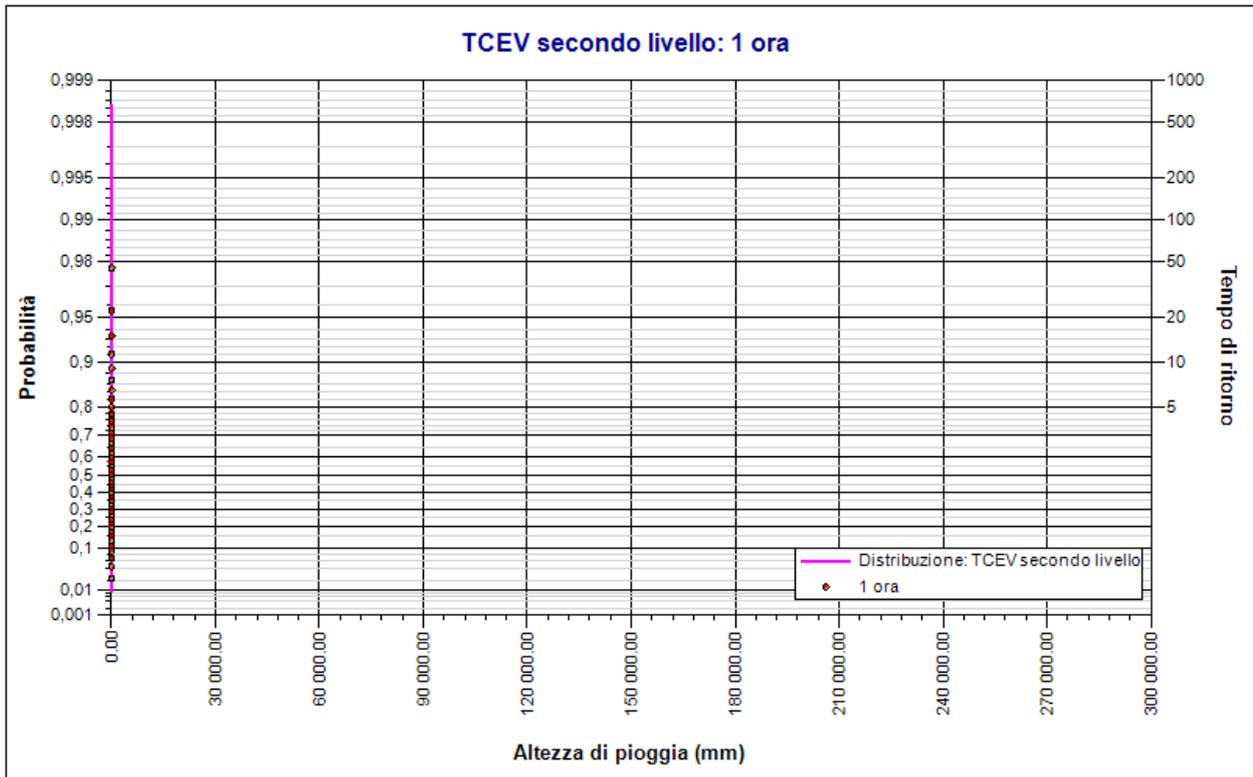
TCEV secondo livello: 1 ora	$F_x(x) = \exp \left[-13,030 (32,851)^{-x} - 0,689 (5,388)^{-x} \right]$
TCEV secondo livello: 3 ore	$F_x(x) = \exp \left[-21,260 (63,841)^{-x} - 0,929 (5,611)^{-x} \right]$
TCEV secondo livello: 6 ore	$F_x(x) = \exp \left[-25,170 (76,863)^{-x} - 1,145 (6,550)^{-x} \right]$
TCEV secondo livello: 12 ore	$F_x(x) = \exp \left[-31,850 (96,366)^{-x} - 1,391 (7,866)^{-x} \right]$
TCEV secondo livello: 24 ore	$F_x(x) = \exp \left[-31,540 (98,730)^{-x} - 2,135 (10,642)^{-x} \right]$

Frattili distribuzioni probabilistiche

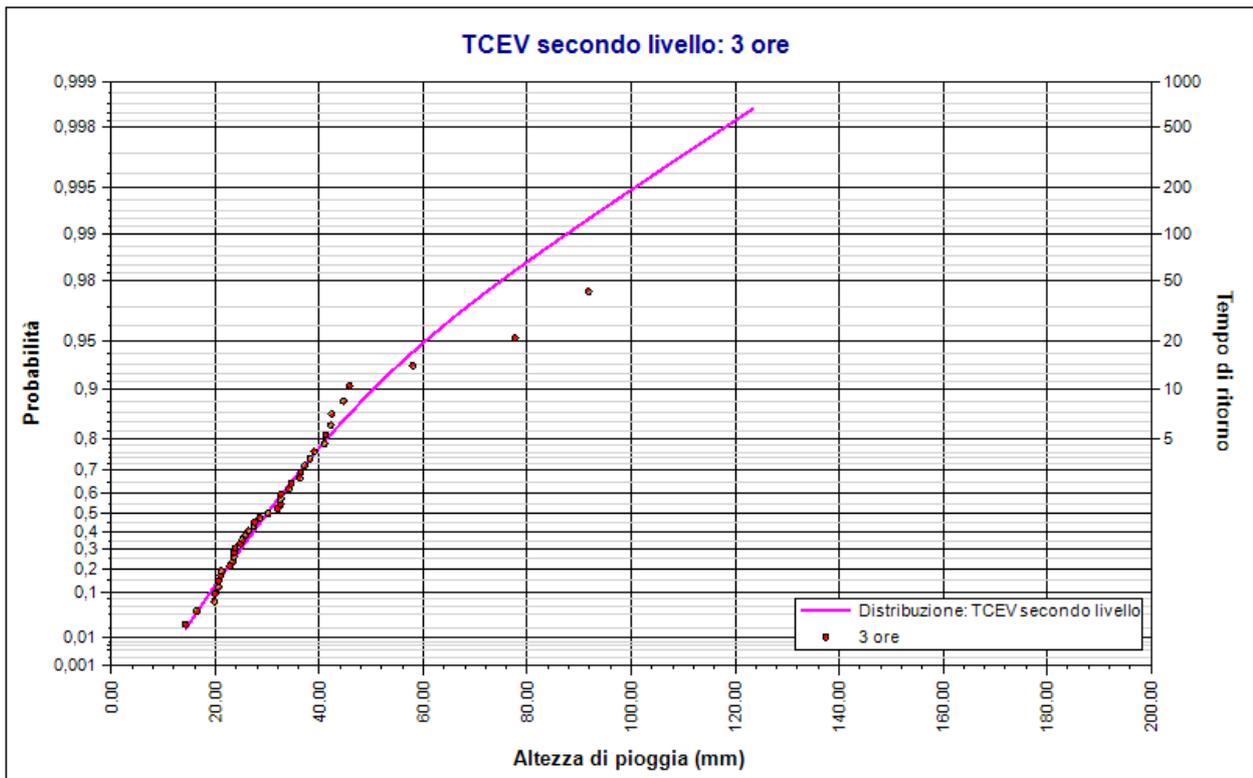
Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2 anni	22.21	29.94	36.23	43.81	53.00
5 anni	31.48	41.53	49.63	58.93	70.88
10 anni	38.15	50.43	59.82	70.29	83.90
20 anni	45.11	60.31	70.98	82.56	97.46
50 anni	55.19	75.24	87.59	100.60	116.63
100 anni	63.59	87.67	101.29	115.42	132.02
200 anni	72.61	100.61	115.53	130.87	147.97
500 anni	85.20	118.05	134.74	151.77	169.61
1000 anni	95.01	131.34	149.37	167.73	186.20

Fattori di crescita

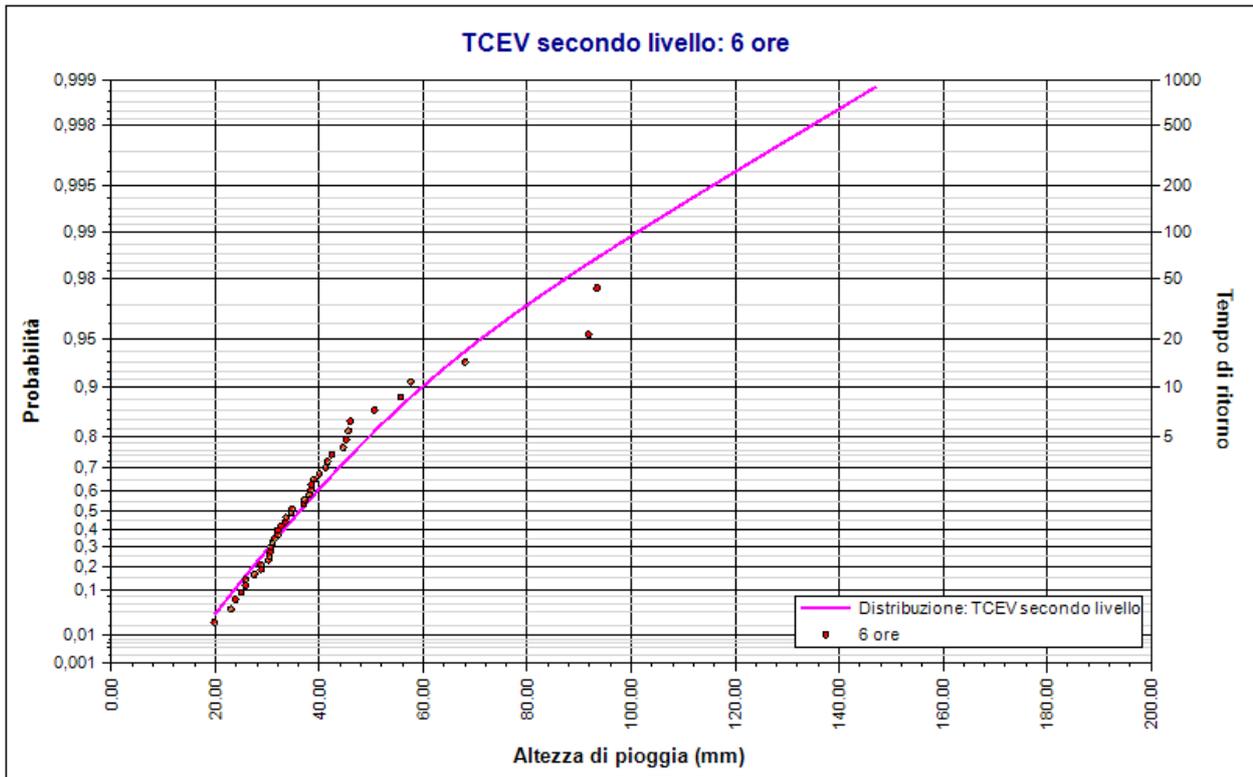
Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2 anni	0.91	0.90	0.91	0.92	0.92
5 anni	1.29	1.25	1.25	1.23	1.24
10 anni	1.56	1.52	1.50	1.47	1.46
20 anni	1.85	1.82	1.78	1.73	1.70
50 anni	2.26	2.27	2.20	2.11	2.03
100 anni	2.60	2.65	2.54	2.42	2.30
200 anni	2.97	3.04	2.90	2.74	2.58
500 anni	3.49	3.56	3.38	3.18	2.96
1000 anni	3.89	3.96	3.75	3.51	3.25



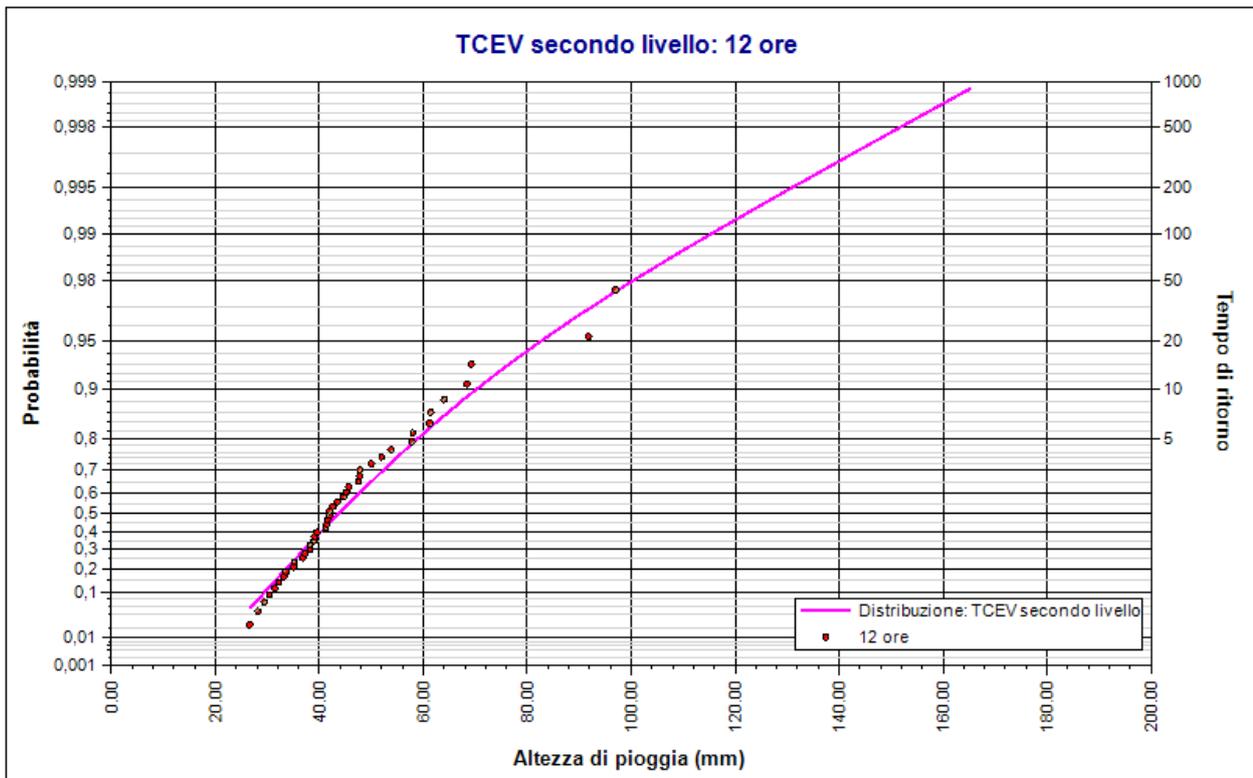
TCEV 2. TCEV secondo livello: 1 ora. Durata 1 ora



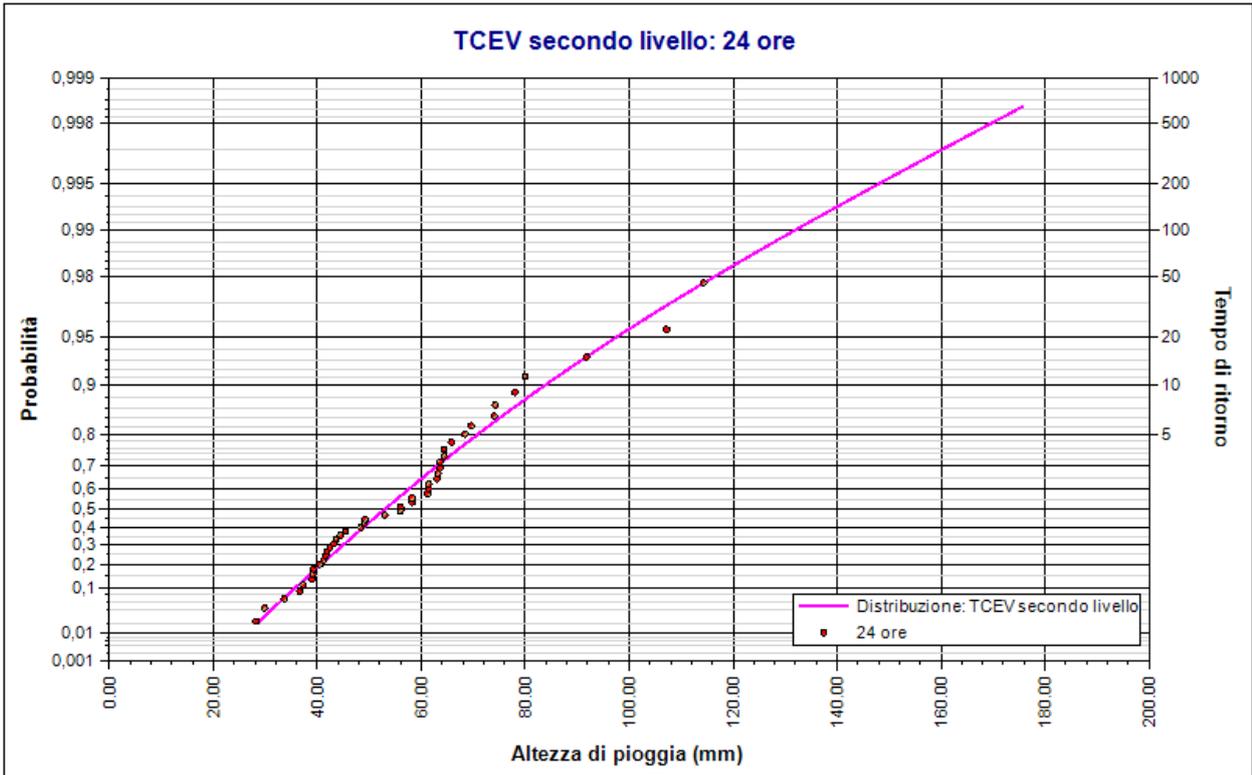
TCEV 2. TCEV secondo livello: 3 ore. Durata 3 ore



TCEV 2. TCEV secondo livello: 6 ore. Durata 6 ore



TCEV 2. TCEV secondo livello: 12 ore. Durata 12 ore



TCEV 2. TCEV secondo livello: 24 ore. Durata 24 ore