

REGIONE PUGLIA

PROVINCIA di FOGGIA

COMUNE di  
SERRACAPRIOLA

COMUNE di  
SAN PAOLO DI CIVITATE

COMUNE di  
TORREMAGGIORE

<p>Proponente</p>	 <p><b>PACIFICO ACQUAMARINA 2 S.r.l.</b> Sede: Piazza Walther Von Vogelweide, n. 8 - 39100 Bolzano (BZ) Pec: pacificoacquamarina2srl@legalmail.it P.iva: 04351410719</p>	<p>Sviluppo e Coordinamento</p>	 <p><b>PLAN A ENERGY S.R.L.</b> Sede: Via Cavour n.104 40026 Imola BO Pec: planaenergy@pec.it C.F e P.IVA : 03930841204</p>		
<p>Progettazione generale e progettazione elettrica</p>	 <p><b>STUDIO INGEGNERIA ELETTRICA</b> MEZZINA dott. ing. Antonio Via T. Solis 128   71016 San Severo (FG) Tel. 0882.228072   Fax 0882.243651 e-mail: info@studiomezzina.net Ordine degli ingegneri della Provincia di Foggia matr. n 1604</p>	<p>Supervisione scientifica piani culturali e monitoraggio</p>	 <p><b>Università di Foggia</b> Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimenti, Risorse Naturali e Ingegneria (DAFNE) Sede: via Antonio Gramsci,89/91 Foggia 71122 P.iva: 03016180717</p>		
<p>Studio e progetto ecologico vegetazionale</p>	 <p><b>Dott. Biol. Leonardo Beccarisi</b> Via D'Enghien, 43 - 73013 Galatina (LE) cell. 3209709895 E-Mail: beccarisi@gmail.com Ordine nazionale dei Biologi Albo-Sezione matr. n. AA_067313</p>	<p>Studio di impatto ambientale</p>	 <p><b>Dott.ssa Anastasia Agnoli</b> Via Armando Diaz, 37   73100 Lecce (LE) cell. 3515100328 E-Mail: anastasia.agnoli989@gmail.com</p>		
<p>Studio meteorologico</p>	<p><b>Dott. Biol. Elisa Gatto</b> Via S. Santo, 22   73044 Galatone (LE) cell. 3283433525 E-Mail: dottelisagatto@gmail.com Ordine nazionale dei Biologi matr.n. AA_090001</p>	<p>Studio idraulico geologico e geotecnico</p>	 <p><b>Dott. Nazario Di Lella</b> Tel./Fax 0882.991704   cell. 328 3250902 E-Mail: geol.dilella@gmail.com Ordine regionale dei Geologi della Puglia matr. n. 345</p>		
<p>Studio faunistico</p>	<p><b>Dott. Fabio Mastropasqua</b> Via Padre Pio da Pietrelcina 10   70020 Bitritto (BA) cell. 3201488569 E-Mail: fabiomastro77@gmail.com Collegio Interprovinciale degli Agrotecnici e degli Agrotecnici lauerati" matr n. 276</p>	<p>Rappresentazioni fotorealistiche</p>	 <p><b>Arch. Gaetano Fornarelli</b> Via Fulcignano Casale 17   73100 Lecce (LE) cell. 3358758545 E-Mail: forgamet@gmail.com Ordine degli Architetti della provincia di Lecce matr. n 1739</p>		
<p>Studio archeologico</p>	 <p><b>NOSTOI s.r.l.</b> <b>Dott.ssa Maria Grazia Liseno</b> Tel. 0972.081259   Fax 0972.83694 E-Mail: mgliseno@nostoisrl.it Elenco Nazionale Archeologo Fascia I matr n. 1646</p>	<p>Studio agrario e agro-voltaiico</p>	<p><b>Dott. Agr. Alfonso Mogavero</b> Viale Fortore 9/C 71121 Foggia Tel/Fax: 0881 723673 Cell. 335 6287405 E-Mail: studiomogavero@gmail.com Ordine dottori agronomi di Foggia n. 372</p>		
<p>Studio acustico</p>	 <p><b>Ing. Antonio Falcone</b> Tel. 0884.534378   Fax. 0884.534378 E-Mail: antonio.falcone@studiofalcone.eu Ordine degli Ingegneri di Foggia matr. n.2100</p>	<p>Studio strutturale</p>	 <p><b>Ing. Tommaso Monaco</b> Tel. 0885.429850   Fax 0885.090485 E-Mail: ing.tommaso@studiotecnicomonaco.it Ordine degli Ingegneri della provincia di Foggia matr. n. 2906</p>		
<p>Studio paesaggistico e di inserimento urbanistico</p>	 <p><b>Dott. Agr. Barnaba Marinosci</b> via Pilella 19, 73040 Alliste (LE) Cell. 329 3620201 E-Mail: barnabamarinosci@gmail.com Ordine dei Dottori Agronomi e Forestali provincia di Lecce matr. n 674</p>	<p>Consulenza topografica</p>	<p><b>Geom. Matteo Occhiochiuso</b> Tel. 328 5615292 E-Mail: matteo.occhiochiuso@virgilio.it Collegio dei Circondariale Geometri e Geometri Laureati di Lucera matr. n. 1101</p>		
<p>Opera</p>	<p><b>Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto Agri-Fotovoltaico denominato "TOVAGLIA" da realizzarsi in cave dismesse o da dismettere e recuperare, site in località "Masseria Tovaglia" nel territorio comunale di Serracapriola (FG) per una potenza complessiva di 26,557MWp nonchè delle opere connesse ed infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio dell'impianto</b></p>				
<p>AUTORITA' PROCEDENTE V.I.A. :</p>	 <p>Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica</p>	<p>AUTORITA' PROCEDENTE A.U. :</p>	 <p>REGIONE PUGLIA</p>		
<p>Oggetto</p>	<p>Nome Elaborato: 96WX1A8_Relazione_Idrologica.pdf Descrizione Elaborato: Relazione idrologica del progetto definitivo</p>				
<p>00</p>	<p>28/10/2022</p>	<p>Progetto definitivo</p>	<p>Geol. N. Di Lella</p>	<p>Ing. A. Mezzina</p>	<p>Pacifico Acquamarina 2 S.r.l.</p>
<p>Rev.</p>	<p>Data</p>	<p>Oggetto della revisione</p>	<p>Elaborazione</p>	<p>Verifica</p>	<p>Approvazione</p>
<p>Scala: Formato: A4/A3</p>	<p>Codice Pratica <b>96WX1A8</b></p>				

Sommario

1.	<b>PREMESSA</b> .....	2
2.	<b>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA</b> .....	2
3.	<b>P.A.I.: RISCHIO GEOMORFOLOGICO ED IDRAULICO</b> .....	8
4.	<b>IDROGEOLOGIA E CARATTERI DI PERMEABILITA'</b> .....	10
5.	<b>ANALISI MORFOLOGICA E INDIVIDUAZIONE DEI BACINI SCOLANTI</b> .....	15
6.	<b>DEFINIZIONE DEL BACINO (DATI FISIOGRAFICI)</b> .....	19
	<b>ALLEGATO REPORT IDROGRAMMI</b> .....	25

## 1. PREMESSA

Il presente studio Idrologico ed Idraulico riguarda un approfondimento analitico sulle condizioni di sicurezza idraulica per le aree su cui la Società PACIFICO ACQUAMARINA 2 S.r.l., con sede in Bolzano (BZ), piazza Walther Von Vogelweide, n. 8 - Pec: [pacificoacquamarina2srl@legalmail.it](mailto:pacificoacquamarina2srl@legalmail.it) - C.F. e P.IVA 04351410719, si propone di realizzare un impianto fotovoltaico in agro di Serracapriola Loc. Mass. Tovaglia il "Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto Agri-Fotovoltaico denominato "TOVAGLIA" da realizzarsi in cave dismesse o da dismettere e recuperare, site in località "Masseria Tovaglia" nel territorio comunale di Serracapriola (FG) per una potenza complessiva di 26,557MWp nonché delle opere connesse ed infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio dell'impianto".

Per tale scopo si è quindi proceduto ad eseguire un'analisi idrologica ed idraulica con riferimento al reticolo idrografico individuato nella cartografia IGM 1:25.000, ricostruito nel dettaglio su base DTM della C.T.R. della regione Puglia, con risoluzione DTM 8x8 m, rielaborato creando una maglia discreta con risoluzione DTM 2x2 m.

## 2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

L'area d'interesse è ubicata a circa 10,2 Km N-E dal centro abitato di Chieuti, in agro di Serracapriola, località Masseria Tovaglia.

La quota del sito è compresa tra gli 65 e i 25 m s.l.m., l'impianto risulta essere suddiviso in tre campi e cinque sottocampi produttivi estesi su una superficie complessiva di circa 26,31 ha.

Cartograficamente l'area è ubicata nella parte centrale della Tavolette IGM 1:25.000 – Tavv. 155 IV NE "Torre Fantine" – 155 IV SE "Chieuti" (FTV) e Tav. 115 III SE "Castello di Dragonara"; su cartografia CTR 5.000 ricade nell'elemento n. 382072-382111 (Campo FTV), agro di Serracapriola, e n. 395073 (SSE), agro di Torremaggiore.

Il territorio presenta una morfologia tipica dell'alta pianura foggiana, ed in particolare nella fascia in sinistra idraulica del F. Fortore, con ampie spianate che corrono parallele all'asse fluviale, sopraelevate di circa 100-150 metri al di sopra di esso, attraversate trasversalmente da un reticolo che da questi terrazzi superiori drenano le acque verso la Valle del Fortore, raccordandosi, con pianori appena inclinati, dai cigli dei terrazzi superiori verso la parte bassa valliva, mentre nella parte dei terrazzi più settentrionali, le linee di drenaggio corrono, in alcuni casi, verso la linea di costa, come nel caso di studio.

Nell'area in oggetto, non sono presenti forme di dissesto né attive né quiescenti o potenzialmente attivabili rilevate e/o segnalate; trovandoci su un terrazzo appena inclinato in direzione nord, da qui cominciano a presentarsi piccoli incanalamenti che mostrano vergenza generale in direzione N.

I litotipi presenti sull'area sono rappresentati da depositi di origine marina (Conglomerati di Campomarino), su cui si sono succeduti (zona orientale) depositi di elaborazione continentale legati alla presenza del F. Fortore, con deposizione ed abbandono di terrazzi fluviali di ordine crescente verso il basso (1°-2°-3°-4° ordine), a loro volta mascherati da un sottile strato di terreno vegetale/eluviale.

In base alla cartografia geologica di zona, il sito ricade in area di affioramento della formazione dei "Conglomerati di Campomarino", rappresentata da ghiaie e conglomerati di ambiente marino o continentale, in genere ricoperti da una coltre di terreno vegetale di spessore medio intorno a 1,5/2,0 m.

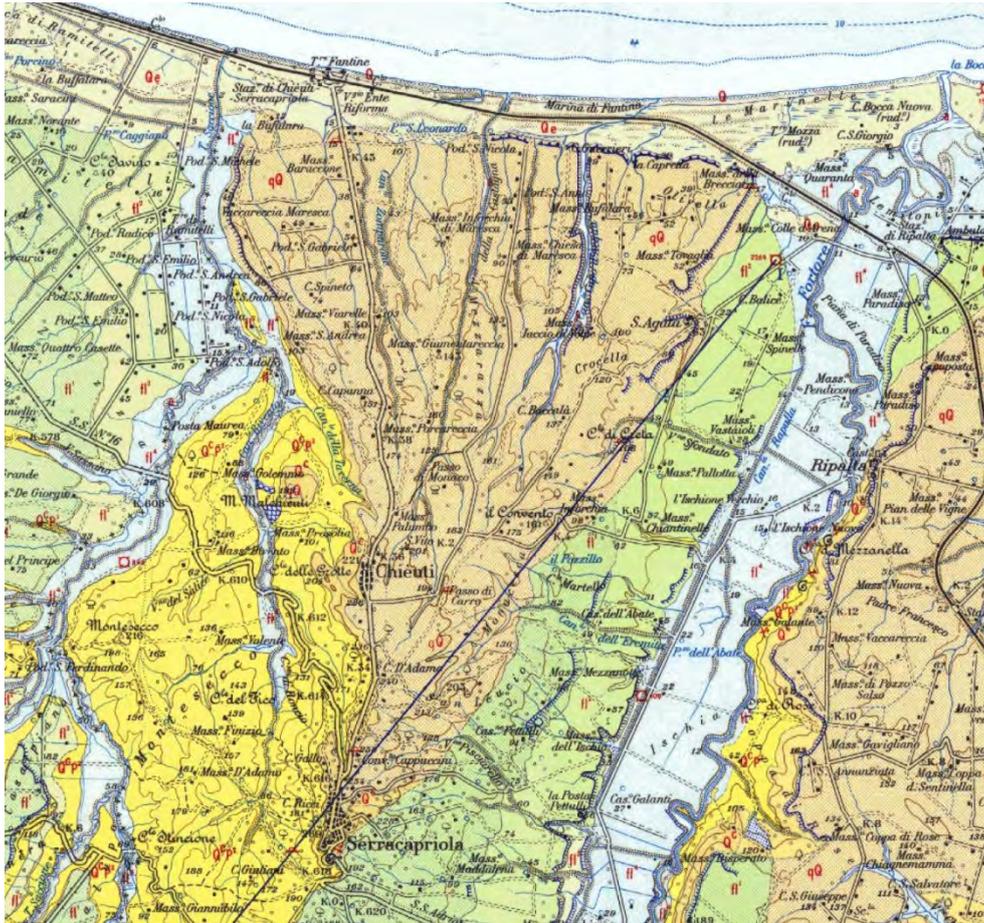
In corrispondenza delle aree di progetto, che corrispondono a cave estrattive di materiali conglomeratici (attive e abbandonate) la formazione conglomeratica, direttamente affiorante in parete e al fondo, si presenta quasi sempre consistente e tenacemente cementata, tanto da permettere l'escavazione con pareti dei fronti sub-verticali.



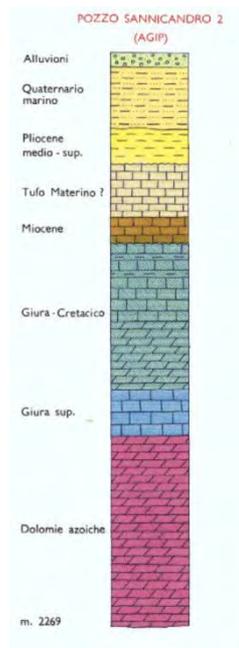
Cava di ghiaia "Abbandonata"



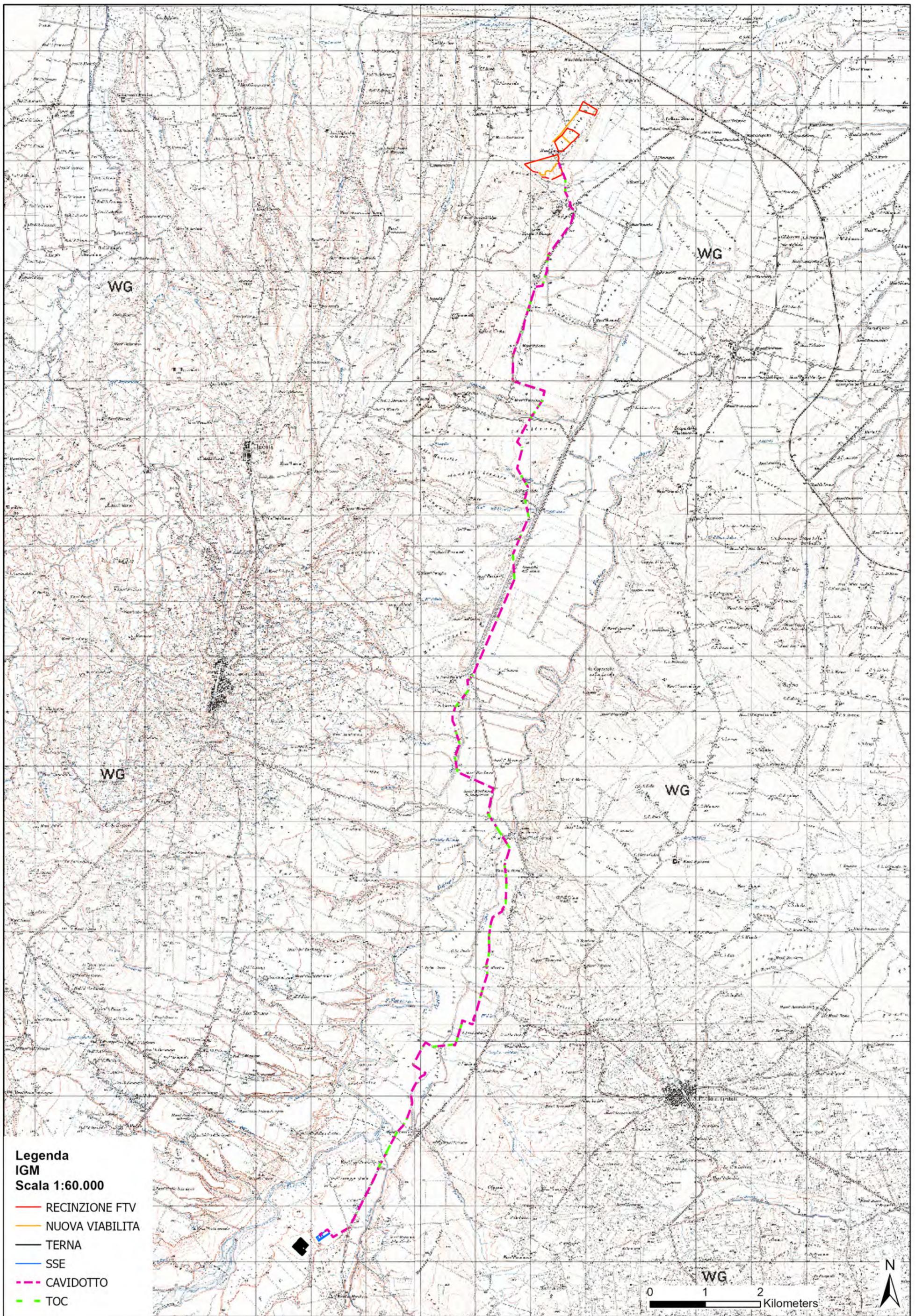
Cava di ghiaia "Attiva"

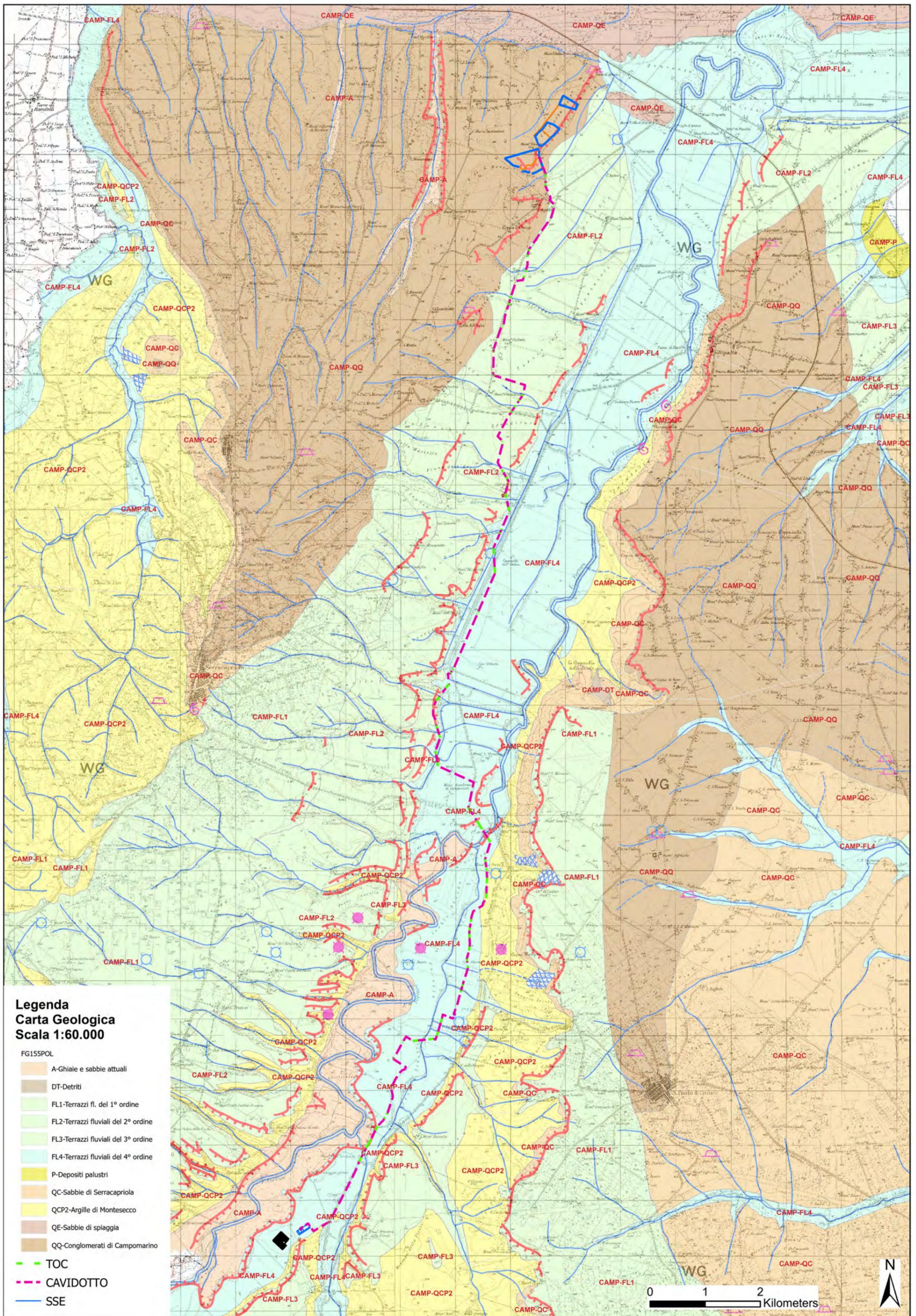


Stralcio Carta Geologica d'Italia – scala 1:100.000



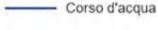
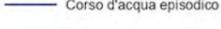
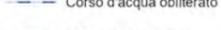
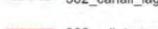
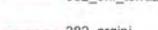
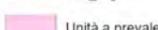
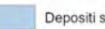
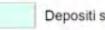
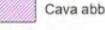
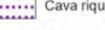
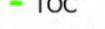
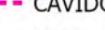
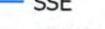
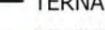
Serie stratigrafica Pozzo AGIP

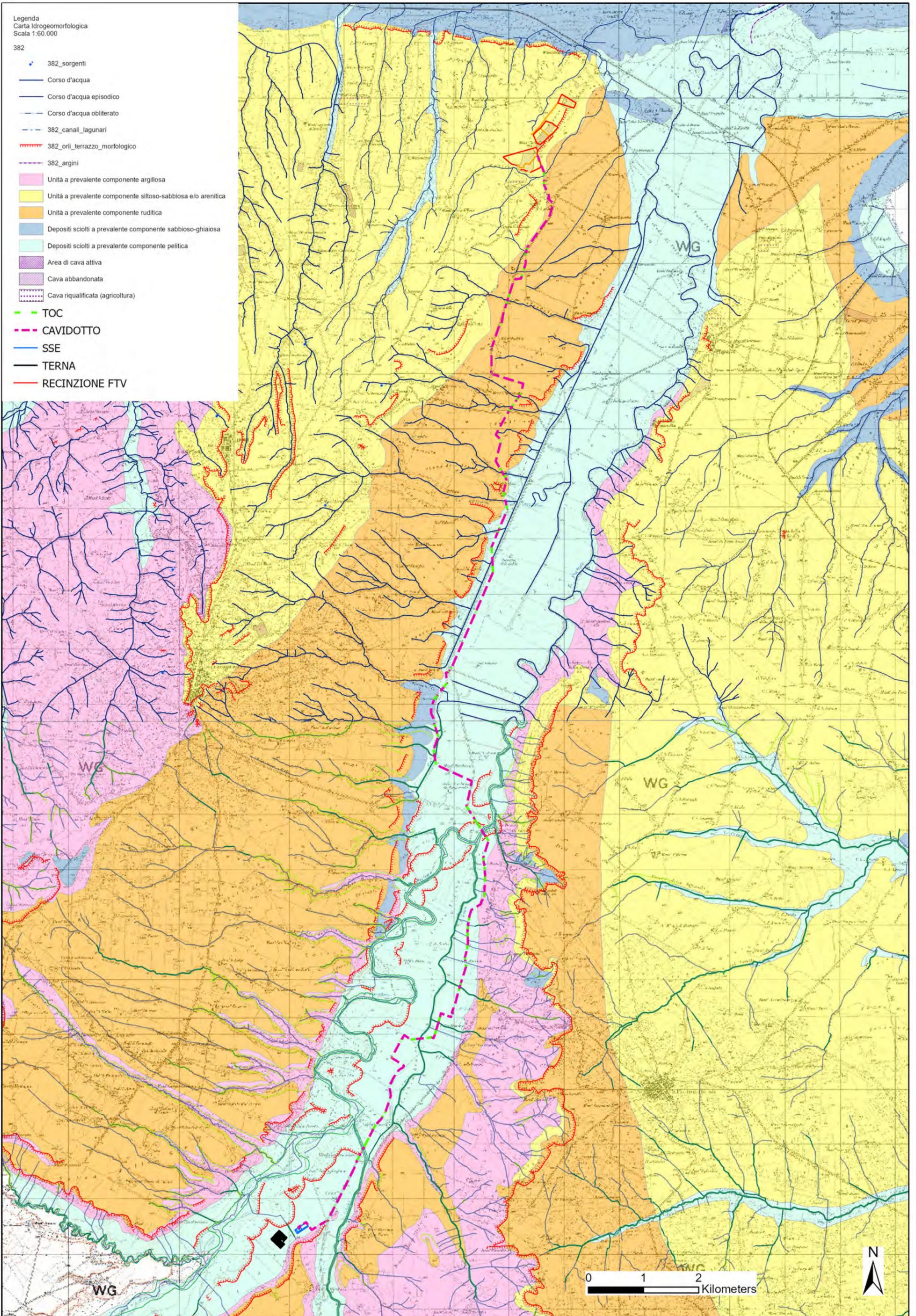




Legenda  
Carta Idrogeomorfologica  
Scala 1:60.000

382

-  382\_sorgenti
-  Corso d'acqua
-  Corso d'acqua episodico
-  Corso d'acqua obliterato
-  382\_canali\_lagunari
-  382\_orli\_terrazzo\_morfologico
-  382\_argini
-  Unità a prevalente componente argillosa
-  Unità a prevalente componente siltoso-sabbiosa e/o arenitica
-  Unità a prevalente componente ruditica
-  Depositi sciolti a prevalente componente sabbioso-ghialosa
-  Depositi sciolti a prevalente componente pelitica
-  Area di cava attiva
-  Cava abbandonata
-  Cava riqualificata (agricoltura)
-  TOC
-  CAVIDOTTO
-  SSE
-  TERNA
-  RECINZIONE FTV



### **3. P.A.I.: RISCHIO GEOMORFOLOGICO ED IDRAULICO**

Sotto il profilo del rischio geomorfologico del P.A.I., l'area campi fotovoltaici risulta essere esterna a qualsiasi area individuata dal Piano sia per quanto riguarda il rischio geomorfologico, sia per quanto riguarda il rischio alluvionamento.

Il P.A.I. di riferimento è quello dell'Autorità di Bacino Competente (Autorità di Bacini Distrettuale dell'Appennino Meridionale – Ex AdB Saccione e Fortore).

Trovandoci in presenza di litotipi consistenti, sabbie addensate in zone di cresta, nell'area di imposta dei campi fotovoltaici non sono segnalate né aree sottoposte a rischio idraulico, né a rischio morfologico.

Lo stesso dicasi per l'area in cui è prevista la realizzazione della futura Stazione Elettrica (SE) di trasformazione della RTN a 380/150 kV da inserire in entra-esce alla linea RTN 380 kV "Rotello 380 - San Severo 230, in agro di Torremaggiore, mentre il percorso del cavidotto, data la grande estensione lineare, circa 23,7 Km, attraversando il territorio di Serracapriola, S. Paolo di Civitate e Torremaggiore, entra in aree a rischio idraulico PAI.

Per i tratti che interesseranno le aree a rischio idraulico, gli assi stradali ed il reticolo idraulico secondario, verrà preferita la tecnica di posizionamento dei cavi di tipo TOC, in sottopasso dell'elemento lineare da superare, invece dello scavo a cielo aperto in trincea.



#### **4. IDROGEOLOGIA E CARATTERI DI PERMEABILITA'**

In riferimento alla presenza di falde nell'area d'interesse, è da rilevare che la cartografia relativa alle piezometriche di zona rappresentano la piezometrica (cfr. Carta Isopieze) essere posta ad una quota di circa 1 m. sul l.m., pertanto, trovandoci a quote comprese tra i 65 e 25 m. sul l.m., la piezometrica è soggiacente a non meno di 24,0 m. dal p.c. più basso.

Localmente, in virtù delle sequenze stratigrafiche e litologiche presenti, sabbie e ghiaie poggianti su argille plio-pleistoceniche, la falda è rinvenibile al contatto tra queste formazioni più superficiali e le argille grigio-azzurre plio-pleistoceniche, in genere alcune decine di metri al di sotto del livello base del mare, in pressione con risalita e stabilizzazione della tavola d'acqua in prossimità o poco al di sopra del livello base del mare.

##### **4.1. ACQUE SOTTERRANEE**

L'acqua meteorica ricadente nel bacino di interesse, in parte si infiltra, occupando ed alimentando direttamente la falda superficiale (di modesta capacità) contenuta nelle formazioni sabbioso-ghiaiose ed alluvionali terrazzate, in parte si concentra in piccoli fossi e scoline artificiali di drenaggio agricolo, conflueno presso le principali aste di drenaggio (F. Fortore); i fossi di cui prima sono attivi solo in caso di eventi meteorologici di importante consistenza pluviometrica, mentre non sono state rilevate presenze di emergenze sorgive in zona.

L'infiltrazione e la circolazione delle acque sotterranee nelle formazioni alluvionali e sabbioso-ghiaiose di base possono avvenire esclusivamente in forma diffusa per porosità di interstizi, andando ad alimentare la falda contenuta posta alla base dei livelli prevalentemente impermeabili a componente argillosa.

Questa falda si rinviene al tetto delle formazioni argillose plio-pleistoceniche delle argille grigio azzurre, tra i 40-80 m. dal p.c., alla base dei depositi sabbiosi delle Sabbie di Serra Capriola e dei Conglomerati di Campomarino, che in queste zone raggiungono potenze dell'ordine dei 50-100 metri, tipica della fascia costiera di Serracapriola.

##### **4.2. PERMEABILITÀ DEI LITOTIPI**

La localizzazione in profondità e l'estensione degli acquiferi sono determinate dall'alternanza delle formazioni idrogeologiche permeabili e semipermeabili.

In base alla presenza di una dislocazione verticale del substrato carbonatico (oltre -480 m da p.c.), caratterizzato da circolazione primaria per fatturazione e carsismo, su cui sono sovrapposte formazioni di depositi sedimentari a granulometria variabile tra le argille, le sabbie e ghiaie, dal punto di vista idrogeologico nell'area in esame si può distinguere una sola falda idrica utile avente caratteristiche di permeabilità variabile in funzione della maggiore o minore componente limo-argillosa presente nella formazione che la contiene (Sabbie di Serracapriola-Alluvioni Terrazzate) o nel maggiore/minore grado di cementazione delle facies conglomeratica.

COLONNA STRATIGRAFICA	LITOTIPI PREVALENTI	UNITA' LITOSTRATIGRAFICHE	ETA'	PERMEABILITA'		UNITA' IDROGEOLOGICHE
				TIPO	GRADO	
	Limi argillosi e sabbie siltose	Depositi lacustri	Olocene	Primaria (porosità d'interstizi)	Da poco permeabile ad impermeabile	Acquitrando
	Ghiaie e sabbie stratificate da poco a mediamente addensate con lenti limose	Depositi marini e alluvionali, terrazzati e non	Olocene-Pleistocene medio superiore		Mediamente permeabile	Acquifero alluvionale
	Limi argillosi con intercalazioni di sabbie	Argille Subappennine	Pleistocene inferiore -Pliocene medio		Impermeabile	Acquicludo
	Calcarenti a grana grossolana, tenere, porose "Tufo calcareo"	Calcarenti di Gravina		Poco permeabile	Acquifero sabbioso	
	Calcarei detritico-organogeni	Calcarenti bioclastiche e Calcarei massicci di scogliera	Miocene superiore	Secondaria (fessurazione e/o carsismo)	Da poco a mediamente permeabile	Acquifero carsico
	Calcarei e dolomie, stratificati e fratturati, a luoghi, carsificati	Calcarei delle Murge	Cretaceo inferiore-Giura superiore		Da mediamente permeabile a molto permeabile	

Fig. 1 Serie idrogeologica delle Unità dell'Avanfossa appenninica.

Estratto da Tesi di Laurea Di Lella Nazario in Idrogeologia e Geotermia – Univ. Di Bari Dip. di Geologia e Geofisica "Caratteri della circolazione idrica profonda del Tavoliere"

Sulla scorta di una stima indiretta del grado di permeabilità di ciascuna unità della locale serie litostratigrafica, basata sulla osservazione e correlazione di parametri diversi (fessurazione, grado di addensamento, granulometria predominante, cadenti piezometriche, ecc..), le condizioni idrogeologiche delle rocce presenti nel territorio di San Paolo C. risultano quelle schematizzate in Tabella 1.

### TABELLA N°1

FORMAZIONE	PERMEABILITÀ	LITOLOGIA	FALDA
Alluvioni e depositi marini sabbiosi/ghiaioso-conglomeratici	per porosità intergranulare e interstratale	Sabbioso-limoso sciolta incoerente / parzialmente coerente e ghiaie conglomeratiche	superficiale
Argille grigio azzurre e limi sabbiosi	porosità solo di tipo interstiziale (impermeabili)	sciolta coerente	assente
Basamento Calcareo mesozoico	permeabile per fessurazione e carsismo	lapidea	falda profonda

Il grado di permeabilità risulta variabile localmente, in relazione ai fattori più disparati quali: assortimento granulometrico, incisività di fenomenologie paracarsiche, struttura e diagenesi del deposito. In particolare le facies delle argille plioceniche grigio azzurre sono da ritenersi dotate di scarsa permeabilità e rappresentano il letto della falda superficiale posizionata in corrispondenza delle formazioni alluvionali e sabbiose sovrastanti.

I calcari sono invece dotati di permeabilità secondaria per fessurazione e carsismo.

In base ai criteri litologici descritti ed alle osservazioni di campagna, i terreni affioranti possono essere così classificati secondo il tipo di permeabilità.

➤ **Terreni permeabili per porosità intergranulare**

A questa categoria sono correlabili le rocce sciolte di natura sabbiosa-limoso inerenti all'area in esame, attribuibili ai "Depositi alluvionali e marini terrazzati".

Tali depositi hanno medie capacità di contenimento e di trasmissione idrica e pertanto svolgono, assieme alla componente calcarenitica dei depositi marini terrazzati, il ruolo idrostrutturale di acquifero superiore, vale a dire contengono una falda superficiale di modesta entità.

**Permeabilità:** Primaria, per porosità, e definita da un Coefficiente di Conducibilità variabile tra  $1,0 \times 10^{-4}$  e  $1,0 \times 10^{-6}$  cm/sec, in funzione delle componenti lenticolari argillose presenti localmente in interstrato.

➤ **Terreni permeabili per porosità intergranulare ed interstratale**

A questa categoria sono correlabili i depositi sciolti di natura calcarenitica sabbiosa e ghiaiosa. La porosità efficace di tali rocce risulta non trascurabile, difatti, sono considerate mediamente permeabili e svolgono il ruolo idrostrutturale di acquifero superficiale, vale a dire, di contenitore della falda superficiale pleistocenica, attribuibile alle unità basali delle "Sabbie e ghiaie di deposizione marina".

**Permeabilità:** Primaria, per porosità, e definita da un Coefficiente di Conducibilità variabile tra  $1,0 \times 10^{-3}$  e  $1,0 \times 10^{-5}$  cm/sec, in funzione delle componenti lenticolari argillose presenti localmente in interstrato.

➤ **Terreni impermeabili**

I terreni riconducibili alla formazione delle Argille grigio azzurre plioceniche, poiché dotate esclusivamente di porosità di tipo interstiziale, hanno grande capacità di contenimento idrico e, al contrario, la trasmissività risulta essere nulla. Sono attribuibili queste caratteristiche idrogeologiche alle unità argillose plioceniche.

Il ruolo idrostrutturale cui assurgono le rocce argillose in oggetto risulta essere quello di acquicludo e di base impermeabile per l'acquifero superiore.

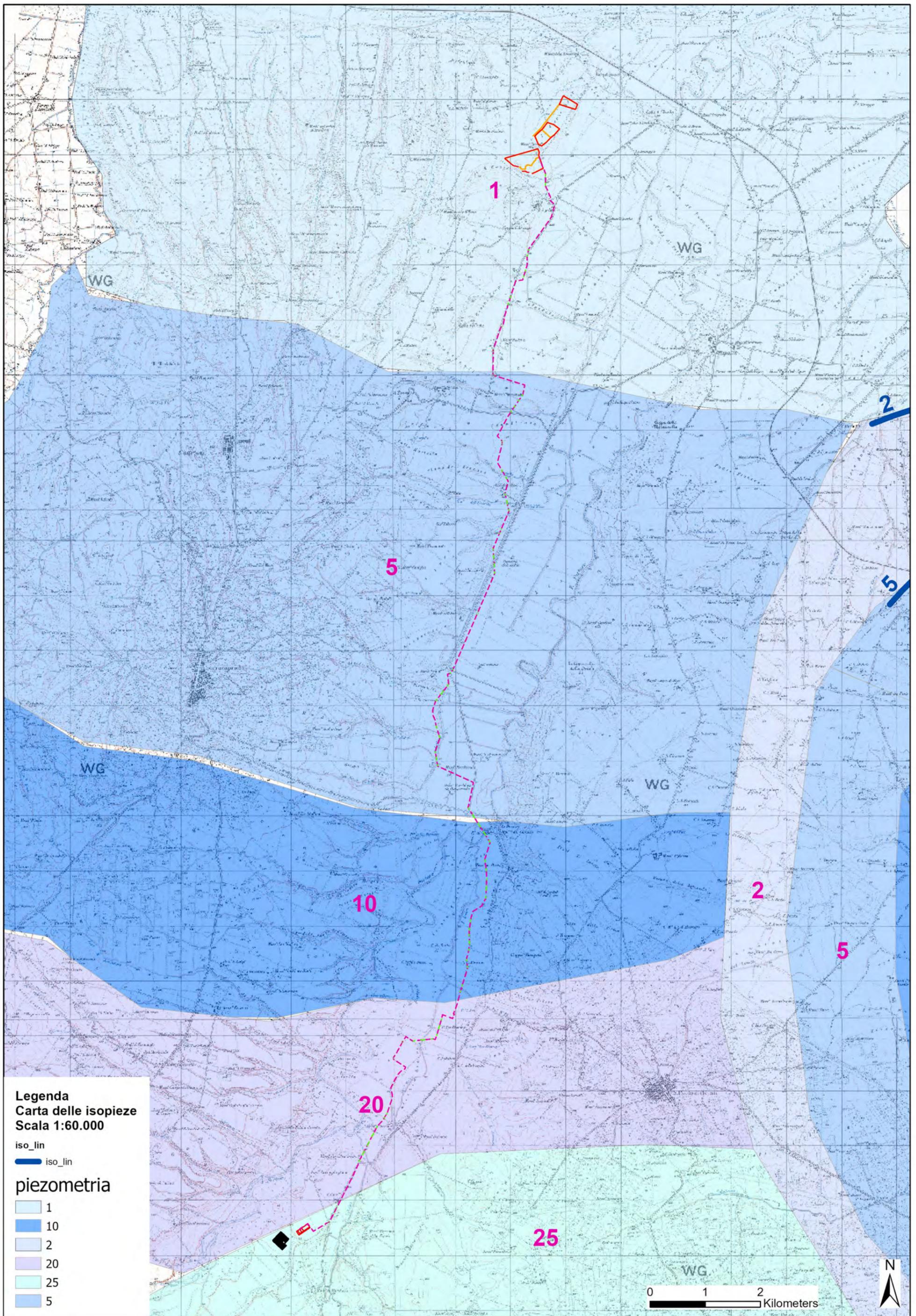
**Permeabilità:** Acquicludo, è definita da un Coefficiente di Conducibilità molto basso  $1,0 \times 10^{-5}$  e  $1,0 \times 10^{-7}$  cm/sec. Risulta comunque essere contenitore di una modesta falda discontinua in corrispondenza di livelli prevalentemente sabbioso fini, posti a quote prossime ai 300-500 m. dal p.c. rappresentante la cosiddetta Falda intermedia Pliocenica, rinvenibile esclusivamente ed in maniera discontinua nei territori dell'alto Tavoliere (sud di Torremaggiore, Sud di S. Severo, Nord di Lucera).

➤ **Rocce permeabili per fessurazione e per carsismo**

Sono rappresentati dai calcari del cretaceo. Più che un acquifero vero e proprio sfruttabile, in questa zona dove il basamento carbonatico è posto a quote elevate, rappresentano acque connate legate a bacini di accumulo petrolifero e gassoso. La presenza di fratture, piani di stratificazione, e condotti carsici dovuti all'allargamento di fratture e giunti di strato, costituiscono una rete fessurativa che conferisce all'ammasso roccioso un'elevata permeabilità che varia sia verticalmente che lateralmente al variare del grado di fratturazione e della natura litologica della roccia cretacea (Calcarea e calcareo-dolomitica).

L'elevata capacità di contenimento e di circolazione idrica, e l'elevata porosità efficace, rendono i calcari in oggetto idonei a svolgere il ruolo idrostrutturale di acquifero inferiore, ovvero di contenitore per la falda carsica profonda, direttamente collegate, come bacino di alimentazione, con la circolazione delle acque appartenenti all'Idrostruttura profonda del tavoliere e della fascia pedegarganica.

**Permeabilità:** Primaria, per fessurazione e carsismo, e definita da un Coefficiente di Conducibilità Idraulica variabile tra  $1,0 \times 10^{-6}$  e  $1,0 \times 10^{-2}$  cm/sec, con valori medi dell'ordine di  $1,0 \times 10^{-3}$  cm/sec, in funzione del grado di fratturazione e fessurazione del basamento carbonatico.



## **5. ANALISI MORFOLOGICA E INDIVIDUAZIONE DEI BACINI SCOLANTI**

L'area oggetto del presente studio riguarda la porzione del territorio comunale di Serracapriola che, nella nuova carta idrogeomorfologica redatta dall'Autorità di Bacino della Puglia, è interessata dalla presenza di un'asta del reticolo idrografico "secondario – episodico" che corre in direzione SW-NE.

Lo studio qui condotto si pone l'obiettivo oltre che di individuare il percorso idraulico di deflusso più aderente alla realtà dei luoghi, oltre che individuare i livelli di pericolosità idraulica valutando quindi le fasce dalle aree di impianto da realizzarsi.

L'asta del reticolo idrografico oggetto del presente studio, provenendo da monte, scorre in generale in direzione nord intersecando più a nord il tracciato autostradale della A14 e ancora più a nord la SS16 adriatica, per completare il suo percorso sulla costa adriatica.

Dall'analisi dell'orografia superficiale dei percorsi idraulici, effettuata con l'ausilio di software GIS di ultima generazione, si può osservare come l'intera area risulta essere ubicata in corrispondenza di un terrazzo morfologico appena ondulato, leggermente inclinato in direzione nord, direzione generale di deflusso del sistema scolante, delimitato ad ovest dalla valle del C.le Capo d'Acqua e più ad est dalla valle del F. Fortore, mentre a nord, in prossimità della autostrada A14, è presente un gradino morfologico che raccorda il terrazzo con la spianata de Le Marinelle.

Il reticolo che interessa l'area di progetto è rappresentato da impluvio di importanza idraulica secondaria, di estensione areale limitata, indicato nel presente studio come "TOV", che presenta una ramificazione con rango gerarchico di secondo livello ed estensione complessiva del bacino di poco superiore ai 3 km<sup>2</sup>.

Le valutazioni idrauliche del presente studio vengono condotte simulando la propagazione delle piene con riferimento ad un domino di calcolo bidimensionale partendo da una fascia sufficientemente idonea a valle dell'insediamento di progetto risalendo fino alla parte iniziale dei bacini, trovandoci appunto nella parte iniziale dello stesso.

### **ANALISI IDROLOGICA**

L'area di progetto è attraversata trasversalmente (S-N) dal reticolo minore su cui si è proceduto ad eseguire una verifica idrologica ed idraulica al fine di definirne le aree di possibile espansione alluvionale su tempi di ritorno pari a 30-200-500 anni.

Si è principalmente proceduto a definire l'area d'influenza idraulica sottesa, definendo i parametri fisiografici ed idrologici da assegnare, arrivando a definire le portate al colmo transitante nel tratto di impluvio sottoposto ad analisi, per tempi di ritorno di 30-200-500 anni.

Si sono quindi determinate le aree di espansione laterale al corso d'acqua escludendole dalle aree di progetto dell'impianto.

Per la determinazione delle altezze di pioggia si è fatto riferimento alle serie storiche della vicina stazione pluviometrica regionale di Serracapriola, analizzando ed elaborando le serie disponibili orarie per 1-3-6-12-24 ore, con un numero di osservazioni della serie pari a 51.

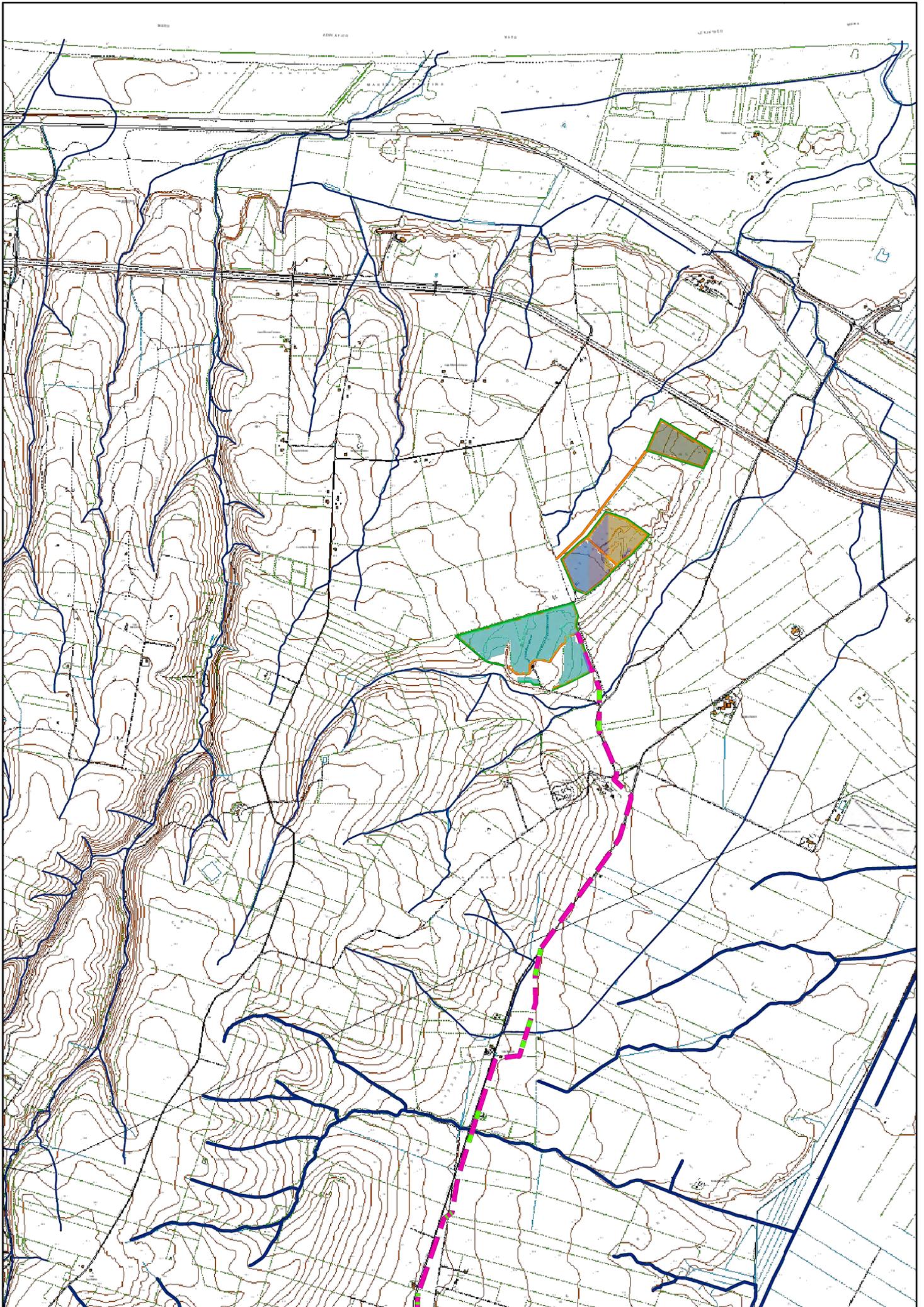
Per la elaborazione statistica dei dati pluviometrici è stato utilizzato il modello TCEV, con cui si analizzano sia stime puntuali che stime regionali (Puglia) come definite dai rapporti VAPI, determinando la curva di probabilità pluviometrica, una volta fissato il periodo di ritorno, e la pioggia di progetto per quel determinato tempo di ritorno.

Si è proceduto poi ad eseguire la trasformazione degli afflussi-deflussi, sui bacini naturali, mediante il modello idrologico SCS-CN, proposto dal Soil Conservation Service, in grado di simulare il deflusso superficiale in corrispondenza di una assegnata precipitazione.

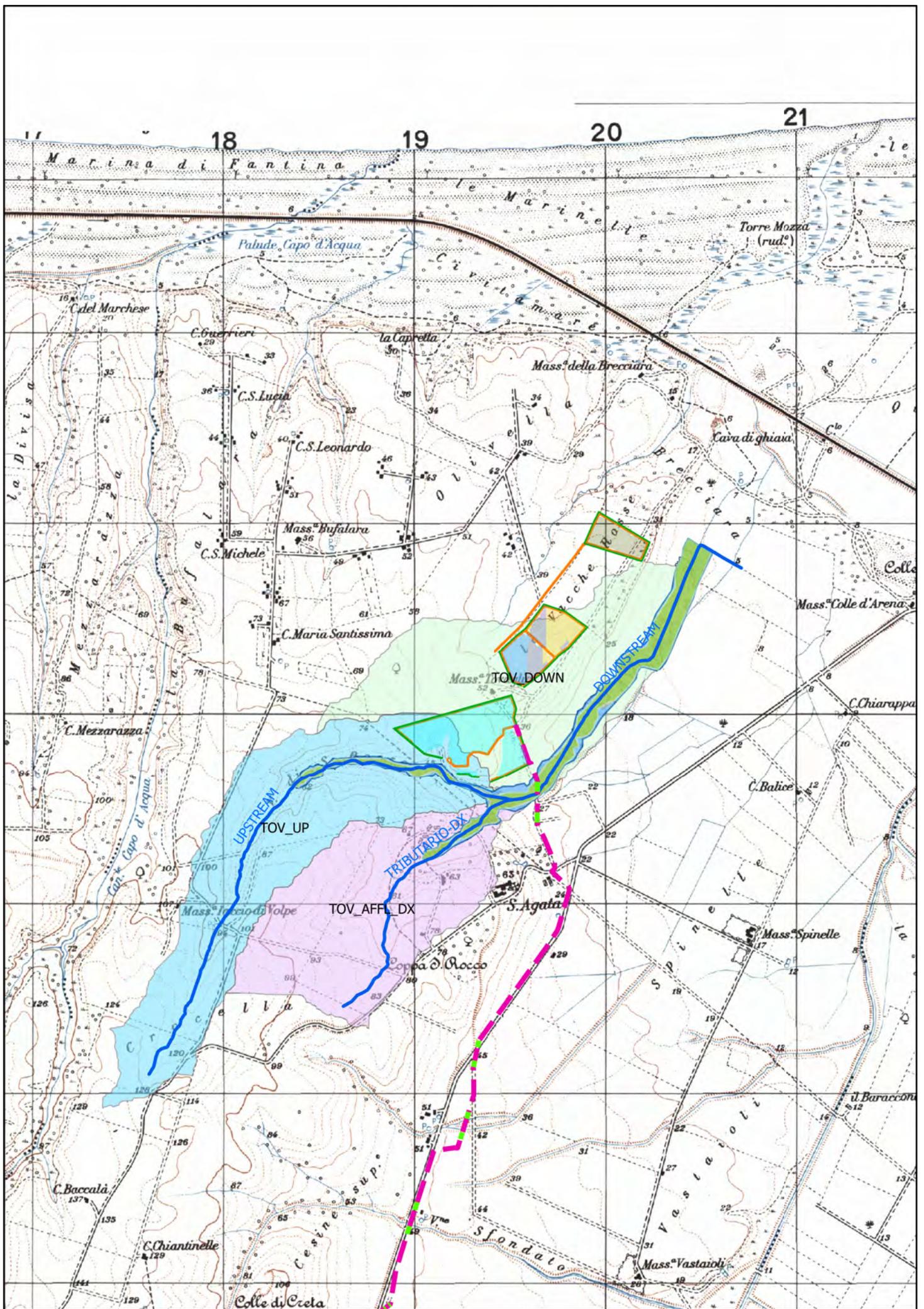
Per ciò che riguarda la trasformazione afflussi-deflussi, il processo è affrontato scomponendolo nelle due fasi riguardanti la determinazione delle piogge nette e la trasformazione delle piogge nette in deflussi superficiali.

La trasformazione afflussi-deflussi e calcolo dell'idrogramma permette di determinare la portata massima del tempo di picco, la durata totale dell'evento dei volumi affluiti e defluiti, del coefficiente di efflusso e del coefficiente udometrico.

Le piogge nette sono calcolate con il metodo del Curve Number (CN), proposto dall'SCS, in funzione dell'indice CN compreso tra 0 e 100 (= 75 assegnato), funzione del tipo di terreno, dell'utilizzazione del suolo e delle condizioni antecedenti di umidità.



Inquadramento dell'area d'intervento su CTR con indicazioni del reticolo idrografico riportato sulla Carta Idrogeomorfologica



Inquadramento dell'area di intervento su IGM 1:25000

## **6. DEFINIZIONE DEL BACINO (DATI FISIOGRAFICI)**

L'impluvio interessante l'area di progetto risulta essere n° 01 rappresentato da un doppio ordine gerarchico, con la presenza di un affluente e definito dal bacino (TOV) composto dai sub-bacini (TOV\_DOWN – TOV\_UP – TOV\_AFFL\_DX).

Per la definizione dei parametri idrologici da applicare nella verifica idraulica si è proceduto ad eseguire l'analisi idrologica del bacino determinando la sua estensione, quote e pendenza minime, massime, medie, lunghezza del tratto idraulico principale, determinazione della forma, ponendo le sezioni di chiusura a quote comprese tra circa 10 e 30 m., ubicate a valle delle aree di insediamento dei campi fotovoltaici.

L'analisi morfologica è stata eseguita utilizzando come base il DTM della CTR risoluzione 8x8 m, con ricampionamento dei dati portando la risoluzione a 2x2 m.

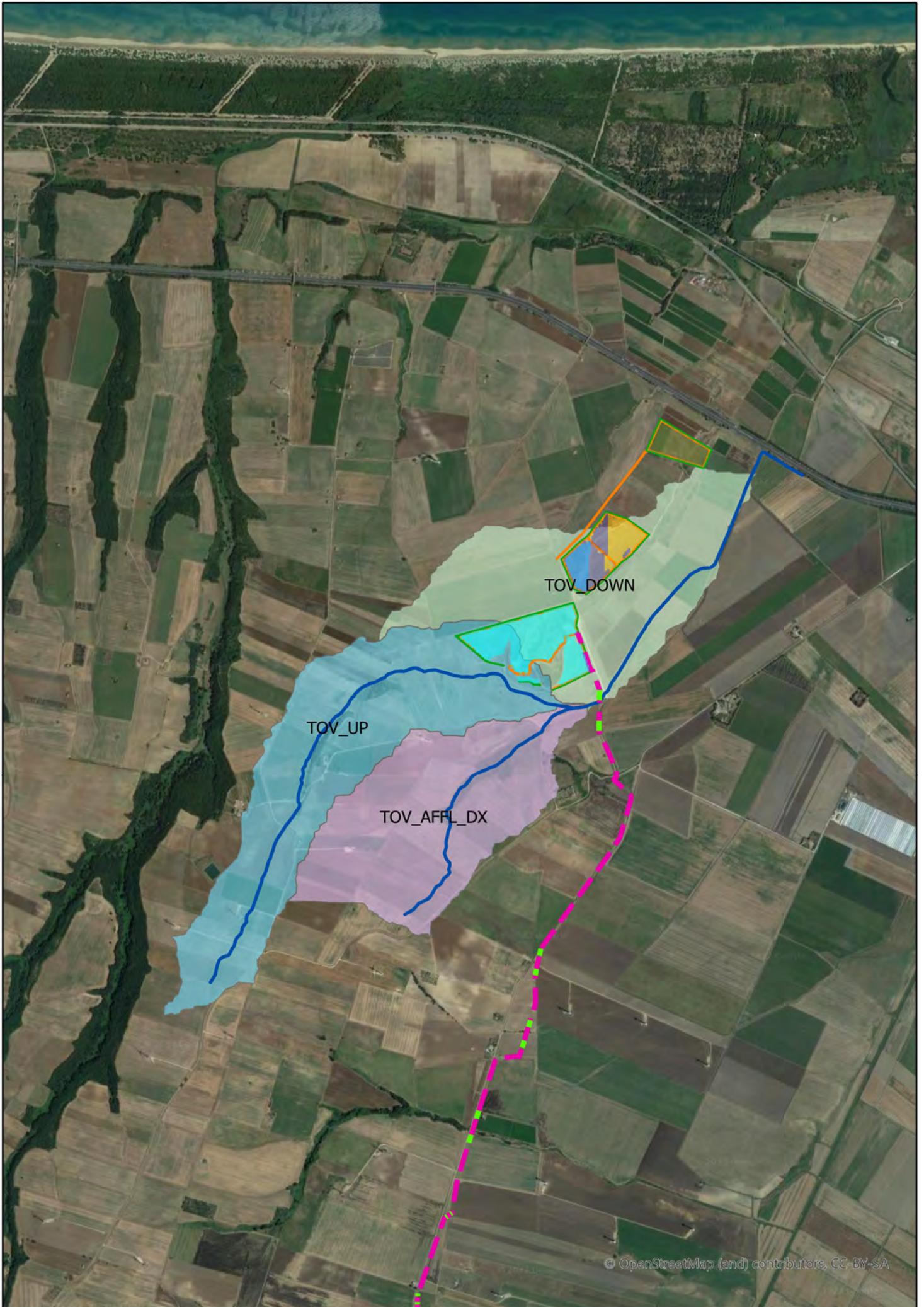
Dall'analisi morfologica si sono desunti i parametri morfometrici del bacino per la determinazione delle portate da assegnare nell'analisi idraulica.

Per l'analisi idrologica è stato applicato il modello a doppia componente (TCEV) con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni,

Per il modello TCEV, il software specifico "Runoff Lab" rende disponibili sia stime puntuali che stime regionali e miste con i diversi livelli di regionalizzazione definiti per questa distribuzione. I parametri regionali sono preinseriti per le diverse zone del territorio italiano come definite dai rapporti VAPI.

Lo stesso software ha permesso di eseguire l'interpretazione probabilistica delle serie pluviometriche riferite alla stazione pluviometrica di Serracapriola, il calcolo delle curve di probabilità pluviometrica, la definizione di pluviogrammi sintetici, la trasformazione afflussi-deflussi, arrivando a determinare le portate di picco alle sezioni di chiusura dei singoli bacini.

Si riportano di seguito i parametri morfometrici utilizzati per lo sviluppo delle metodologie di calcolo sopra citate, seguono poi i report delle analisi idrologiche eseguite.



Rappresentazione Bacini

**BACINO TOV - (DOWN)**

PARAMETRI FISIOGRAFICI DI UN BACINO IDROGRAFICO (TOV_DOWN)				
PARAMETRI		UNITA' DI MISURA	Bacino Idrografico	
Parametri di forma del bacino	Area totale del Bacino	km2	1.116	
	Perimetro del Bacino	km	7.028	
	Lunghezza del Canale Principale	km	1.99	
	Centroide	Est X	m	
		Nord Y	m	
	Larghezza media del bacino	km	0.56	
	Coefficiente di compattezza	-	1.88	
	Fattore di forma	-	0.2818	
Raggio di Circolarità	km	0.2839		

$$A_P = \frac{A}{L}$$

$$R_C = \frac{4\pi A}{P^2}$$

$K_c = \frac{A_P}{L} = 0.2818$   
 Kc = Coefficiente di compattezza  
 P = Perimetro o di la cuenca en Km  
 A = Area de la cuenca en Km<sup>2</sup>

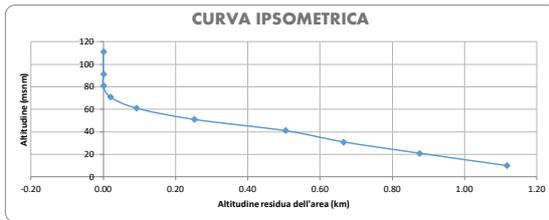
$R_c = \frac{4\pi A}{P^2} = 0.2839$   
 R<sub>c</sub> = Raggio de la circularidad  
 A = Area de la cuenca en Km<sup>2</sup>  
 P = Perimetro de la cuenca en Km

**CURVA CARATTERISTICA DI UN BACINO (TOV\_DOWN)  
 QUADRO DELL'AREA TRA CURVE DI LIVELLO**

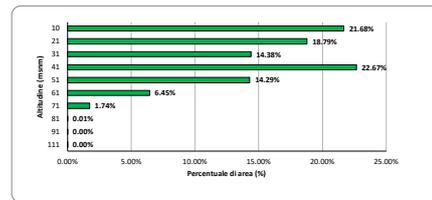
N°	QUOTA (mslm)			Area (km2)			Percentuale di superficie tra C.N.	Percentuale di superficie su C.N.	Ci*Ai
	Minima	Massima	Media "Ci"	Area Parziale (km <sup>2</sup> ) "Ai"	Area Cumulata (km2)	Area rimasta in superficie (km2)			
1	10	20	15.0	0.242012	0.24	1.12	21.68%	100.0	3.63
2	21	30	25.5	0.2098	0.45	0.87	18.79%	78.3	5.35
3	31	40	35.5	0.16056	0.61	0.66	14.38%	59.5	5.70
4	41	50	45.5	0.253056	0.87	0.50	22.67%	45.2	11.51
5	51	60	55.5	0.159528	1.02	0.25	14.29%	22.5	8.85
6	61	70	65.5	0.071984	1.10	0.09	6.45%	8.2	4.71
7	71	80	75.5	0.019436	1.12	0.02	1.74%	1.8	1.47
8	81	90	85.5	0.000068	1.12	0.00	0.01%	0.0	0.01
9	91	97	94.0	0.00004	1.12	0.00	0.00%	0.0	0.00
10	111	111	111.0	0.00002	1.12	0.00	0.00%	0.0	0.00
				<b>1.1165</b>			<b>100%</b>		<b>41.24</b>

**ALTITUDINE MEDIA DEL BACINO** 36.96 m.s.l.m

Curva Ipsometrica:



Poligono di frequenza delle altitudini:



PARAMETRI RETE IDROGRAFICA DEL BACINO (TOV_DOWN)				
PARAMETRI		UNITA' DI MISURA	Bacino idrografico	
Parametri della rete idrografica del bacino	Tipo di corrente	-	intermittente	
	Numero d'ordine Rami	Ordine 1	-	-
		Ordine 2	-	1
		Ordine 3	-	-
		Ordine 4	-	-
		Ordine 5	-	-
		Ordine 6	-	-
	N° Totale di rami	-	1	
	Grado di ramificazione	-	1	
	Frequenza di densità del fiume (Df)	no/km2	0.8961	
	Elevazione del canale principale	Altitudine max (Hmax)	mslm	111
		Altitudine min (Hmin)	mslm	10
	Pendenza media del fiume principale (Sm)	m/m	0.051	
	Altezza media del fiume principale (H)	mslm	50.5	
	Tempo di concentrazione (Tc)	ore	0.3551	

$$D_f = \frac{N^o \text{ rios}}{A}$$

Donde:  
 N° rios = Número de rios de la cuenca.  
 A = Area de la cuenca (km<sup>2</sup>).

$$S_m = \frac{(H_M - H_m)}{1000 \times L}$$

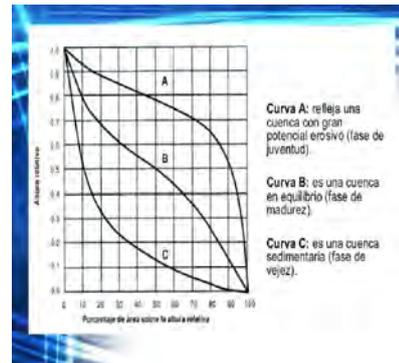
Donde:  
 H<sub>M</sub> = Pendenza media del curso principal (m/m).  
 H<sub>m</sub> = Longitud del curso principal (km).  
 L = Altura máxima o mínima del lecho del río principal, referidas al nivel medio de las aguas del mar (metros).

$$H = \frac{H_{max} + H_{min}}{2}$$

Donde:  
 H<sub>max</sub> = Altura máxima del lecho del río principal (metros).  
 H<sub>min</sub> = Altura mínima del lecho del río principal (metros).

$$T_c = 0.0195 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Donde:  
 T<sub>c</sub> = Tiempo de concentración (min).  
 L = Longitud del curso principal (m).  
 S = Pendenza media del curso principal (m/m).



- (UP)

PARAMETRI FISIOGRAFICI DI UN BACINO IDROGRAFICO (TOV_UP)			
PARAMETRI		UNITA' DI MISURA	Bacino Idrografico
Parametri di forma del bacino	Area totale del Bacino		km2
	Perimetro del Bacino		km
	Lunghezza del Canale Principale		km
	Centroide	Est X	m
		Nord Y	m
	Larghezza media del bacino		km
	Coefficiente di compattezza		-
	Fattore di forma		-
	Raggio di Circolarità		km

$$A_p = \frac{A}{L}$$

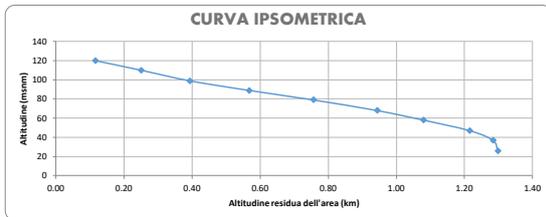
$$R_c = \frac{4\pi A}{P^2}$$

CURVA CARATTERISTICA DI UN BACINO (TOV\_UP)  
QUADRO DELL'AREA TRA CURVE DI LIVELLO

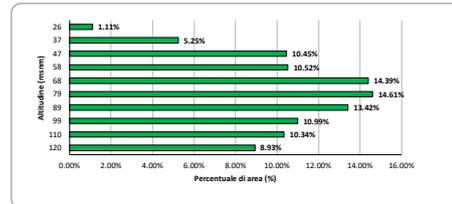
N°	QUOTA (mslm)			Area (km2)			Percentuale di superficie tra C.N.	Percentuale di superficie su C.N.	Ci*Ai
	Minima	Massima	Media "Ci"	Area Parziale (km²) "Ai"	Area Cumulata (km2)	Area rimasta in superficie (km2)			
1	26	36	31.0	0.014432	0.01	1.30	1.11%	100.0	0.45
2	37	46	41.5	0.068088	0.08	1.28	5.25%	98.9	2.83
3	47	57	52.0	0.135604	0.22	1.21	10.45%	93.6	7.05
4	58	67	62.5	0.136504	0.35	1.08	10.52%	83.2	8.53
5	68	78	73.0	0.186652	0.54	0.94	14.39%	72.7	13.63
6	79	88	83.5	0.1895	0.73	0.76	14.61%	58.3	15.82
7	89	98	93.5	0.174084	0.90	0.57	13.42%	43.7	16.28
8	99	109	104.0	0.142584	1.05	0.39	10.99%	30.3	14.83
9	110	119	114.5	0.134096	1.18	0.25	10.34%	19.3	15.35
10	120	130	125.0	0.115848	1.30	0.12	8.93%	8.9	14.48
				1.2974			100%		109.25

ALTITUDINE MEDIA DEL BACINO **84.23** m.s.l.m

Curva Ipsometrica:



Poligono di frequenza delle altitudini:



PARAMETRI RETE IDROGRAFICA DEL BACINO (TOV_UP)				
PARAMETRI		UNITA' DI MISURA	Bacino idrografico	
Parametri della rete idrografica del bacino	Tipo di corrente	-	intermittente	
	Numero d'ordine Rami	Ordine 1	-	1
		Ordine 2	-	-
		Ordine 3	-	-
		Ordine 4	-	-
		Ordine 5	-	-
		Ordine 6	-	-
	N° Totale di rami	-	1	
	Grado di ramificazione	-	1	
	Frequenza di densità del fiume (Dr)	rio/km2	0.7710	
	Elevazione del canale principale	Altitudine max (Hmax)	mslm	130
		Altitudine min (Hmin)	mslm	26
	Pendenza media del fiume principale (Sm)	m/m	0.034	
	Altezza media del fiume principale (H)	mslm	52	
Tempo di concentrazione (Tc)	ore	0.5685		

$$D_r = \frac{N^{\circ} \text{ rios}}{A}$$

Donde:  
N° rios = Número de rios de la cuenca.  
A = Área de la cuenca (km²).

$$S_m = \frac{(H_{\max} - H_{\min})}{1000 \times L}$$

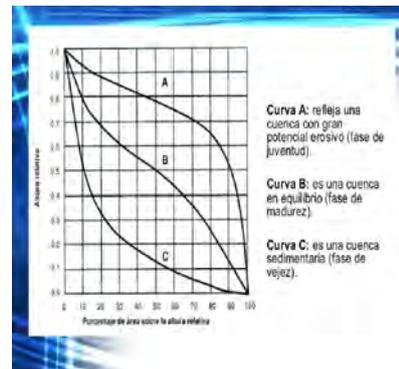
Donde:  
Sm = Pendenza media del corso principal (m/m)  
L = Longitud del curso principal (km)  
Hmax, Hmin = Altura máxima y mínima del lecho del río principal, referidas al nivel medio de las aguas del mar (msnm).

$$H = \frac{H_{\max} + H_{\min}}{2}$$

Donde:  
Hmax = Altura máxima del lecho del río principal (msnm).  
Hmin = Altura mínima del lecho del río principal (msnm).

$$T_c = 0.0195 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Donde:  
Tc = Tiempo de concentración (min).  
L = Longitud del curso principal (m).  
S = Pendenza media del curso principal (m/m).



Curva A: refleja una cuenca con gran potencial erosivo (fase de juventud).  
Curva B: es una cuenca en equilibrio (fase de madurez).  
Curva C: es una cuenca sedimentaria (fase de vejez).

(AFFL\_DX)

PARAMETRI FISIOGRAFICI DI UN BACINO IDROGRAFICO (TOV_AFFL_DX)				
PARAMETRI		UNITA' DI MISURA	Bacino Idrografico	
Parametri di forma del bacino	Area totale del Bacino	km2	0.964	
	Perimetro del Bacino	km	4.835	
	Lunghezza del Canale Principale	km	1.57	
	Centroide	Est X	m	
		Nord Y	m	
	Larghezza media del bacino	km	0.61	
	Coefficiente di compattezza	-	1.39	
	Fattore di forma	-	0.3911	
	Raggio di Circolarità	km	0.5182	

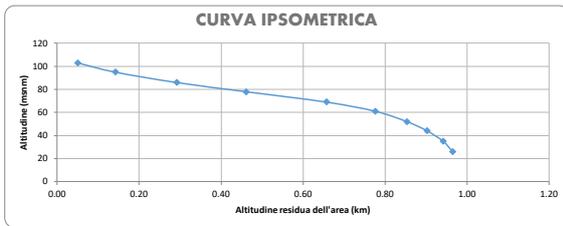
$$A_p = \frac{A}{L} \qquad R_c = \frac{4\pi A}{P^2}$$

CURVA CARATTERISTICA DI UN BACINO (TOV\_AFFL\_DX)  
QUADRO DELL'AREA TRA CURVE DI LIVELLO

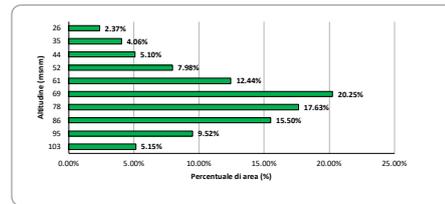
N°	QUOTA (mslm)			Area (km2)			Percentuale di superficie tra C.N.	Percentuale di superficie su C.N.	Ci*Ai
	Minima	Massima	Media "Ci"	Area Parziale (km <sup>2</sup> ) "Ai"	Area Cumulata (km2)	Area rimasta in superficie (km2)			
1	26	34	30.0	0.022876	0.02	0.96	2.37%	100.0	0.69
2	35	43	39.0	0.03914	0.06	0.94	4.06%	97.6	1.53
3	44	51	47.5	0.0492	0.11	0.90	5.10%	93.6	2.34
4	52	60	56.0	0.0769	0.19	0.85	7.98%	88.5	4.31
5	61	68	64.5	0.119916	0.31	0.78	12.44%	80.5	7.73
6	69	77	73.0	0.195268	0.50	0.66	20.25%	68.0	14.25
7	78	85	81.5	0.16994	0.67	0.46	17.63%	47.8	13.85
8	86	94	90.0	0.1494	0.82	0.29	15.50%	30.2	13.45
9	95	102	98.5	0.09178	0.91	0.14	9.52%	14.7	9.04
10	103	111	107.0	0.049664	0.96	0.05	5.15%	5.2	5.31
				<b>0.9641</b>			<b>100%</b>		<b>72.50</b>

ALTITUDINE MEDIA DEL BACINO **75.20** m.s.l.m

Curva Ipsometrica:



Poligono di frequenza delle altitudini:



PARAMETRI RETE IDROGRAFICA DEL BACINO (TOV_AFFL_DX)				
PARAMETRI		UNITA' DI MISURA	Bacino idrografico	
Parametri della rete idrografica del bacino	Tipo di corrente	-	intermittente	
	Numero d'ordine Rami	Ordine 1	-	1
		Ordine 2	-	-
		Ordine 3	-	-
		Ordine 4	-	-
		Ordine 5	-	-
		Ordine 6	-	-
	N° Totale di rami	-	1	
	Grado di ramificazione	-	1	
	Frequenza di densità del fiume (Dr)	rio/km2	1.0373	
	Elevazione del canale principale	Altitudine max (Hmax)	mslm	111
		Altitudine min (Hmin)	mslm	26
		Pendenza media del fiume principale (Sm)	m/m	0.054
	Altezza media del fiume principale (H)	mslm	42.5	
	Tempo di concentrazione (Tc)	ore	0.2886	

$$D_r = \frac{N^{\circ} \text{rios}}{A}$$

Donde:  
 $N^{\circ} \text{rios}$  = Número de rios de la cuenca.  
 $A$  = Área de la cuenca (km<sup>2</sup>).

$$S_m = \frac{(H_M - H_m)}{1000 \times L}$$

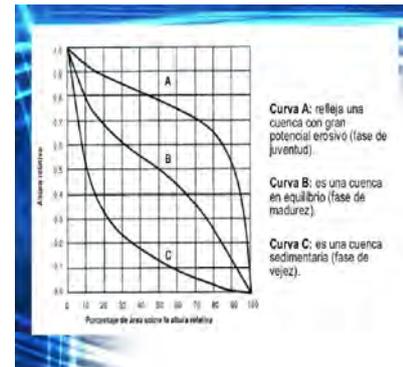
Donde:  
 $S_m$  = Pendiente media del cauce principal (m/m).  
 $H_m$  = Longitud del cauce principal (m).  
 $H_M$  = Altura máxima y mínima del lecho del río principal, referidos al nivel medio de las aguas del mar (msnm).

$$H = \frac{H_{max} + H_{min}}{2}$$

Donde:  
 $H_{max}$  = Altura máxima del lecho del río principal (msnm).  
 $H_{min}$  = Altura mínima del lecho del río principal (msnm).

$$T_c = 0.0195 \frac{L^{0.77}}{S^{0.388}}$$

Donde:  
 $T_c$  = Tiempo de concentración (min).  
 $L$  = Longitud del curso principal (m).  
 $S$  = Pendiente media del curso principal (m/m).



## RIEPILOGO DATI IDROLOGICI

Portate al colmo

Bacino	Q (TR) 30 mc/s	Q (TR 200) mc/s	Q (TR 500) mc/s
TOV_DOWN	7.2	13.8	17.4
TOV_UP	6.6	12.4	15.6
TOV_AFFL_DX	7.2	13.9	17.6

## ALLEGATO REPORT IDROGRAMMI

## Rapporto sulla stazione di misura:

<b>SERRACAPRIOLA-TOV_DOWN_30</b>
----------------------------------

**Descrizione**

TOVAGLIA\_DOWN

**Dati Stazione****Codice:** 16249**Bacino:** TOV\_DOWN**Comune:** SERRACAPRIOLA**Quota:** 270.0 m s.l.m.**Latitudine:** 41,8**Longtudine:** 15,15**Dati Serie****Serie presenti:** 5**Durate presenti:** 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore**Minima dimensione serie:** 51**Massima dimensione serie:** 52

<b>Serie n. 1</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 1 ORA
<b>Durata</b>	1 ora
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 2</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 3 ORE
<b>Durata</b>	3 ore
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 3</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 6 ORE
<b>Durata</b>	6 ore
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 4</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 12 ORE
<b>Durata</b>	12 ore

<b>Serie n. 4</b>	
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 5</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 24 ORE
<b>Durata</b>	24 ore
<b>Descrizione</b>	

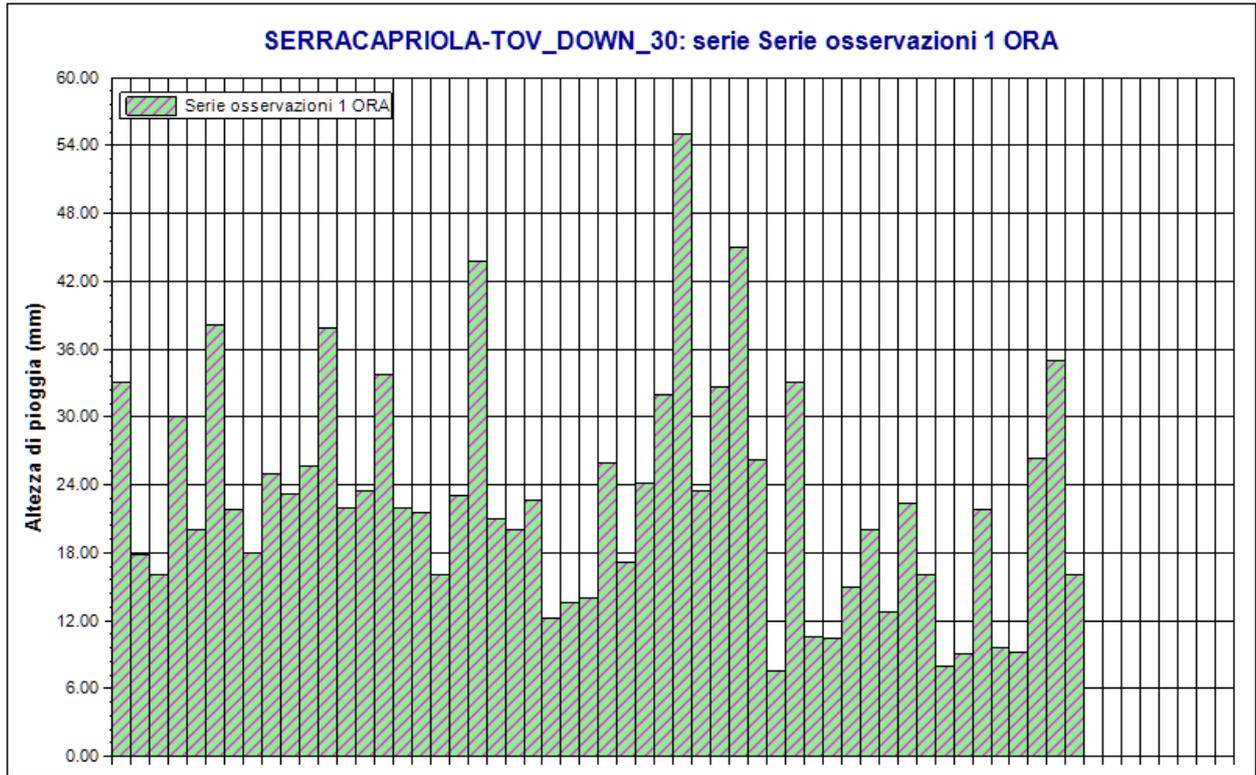
### Serie osservazioni

n	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1	33.0	18.6	29.0	32.4	50.2
2	17.8	18.8	37.8	75.4	89.6
3	16.0	34.4	41.6	53.0	69.2
4	30.0	30.4	30.4	30.4	34.0
5	20.0	59.0	63.6	65.0	68.6
6	38.2	44.2	63.6	64.2	66.4
7	21.8	31.2	41.8	64.4	74.2
8	18.0	41.6	52.0	59.6	82.0
9	25.0	34.2	40.6	50.6	52.2
10	23.2	54.0	73.0	88.2	121.4
11	25.6	57.2	78.2	87.2	87.8
12	37.8	40.4	49.2	58.8	59.2
13	22.0	33.0	39.2	41.0	49.0
14	23.4	36.4	36.4	37.2	37.8
15	33.8	61.4	78.0	85.4	105.4
16	22.0	33.2	33.6	55.0	67.6
17	21.6	32.4	45.2	64.0	96.8
18	16.0	26.6	37.2	44.0	56.6
19	23.0	49.6	49.8	71.8	72.0
20	43.8	33.8	34.2	35.6	43.0
21	21.0	31.6	37.8	43.8	45.4
22	20.0	31.2	48.8	54.4	64.6
23	22.6	23.4	40.8	45.2	45.6
24	12.2	27.4	34.2	49.8	67.8
25	13.6	23.8	26.6	33.2	36.0
26	14.0	36.6	37.4	38.4	46.4
27	26.0	20.8	22.6	27.8	46.8
28	17.2	38.6	42.2	56.0	106.6
29	24.2	35.4	42.0	44.6	63.6
30	32.0	88.0	98.2	103.2	122.4
31	55.0	31.2	37.6	50.4	54.0
32	23.4	42.4	43.0	43.6	57.8

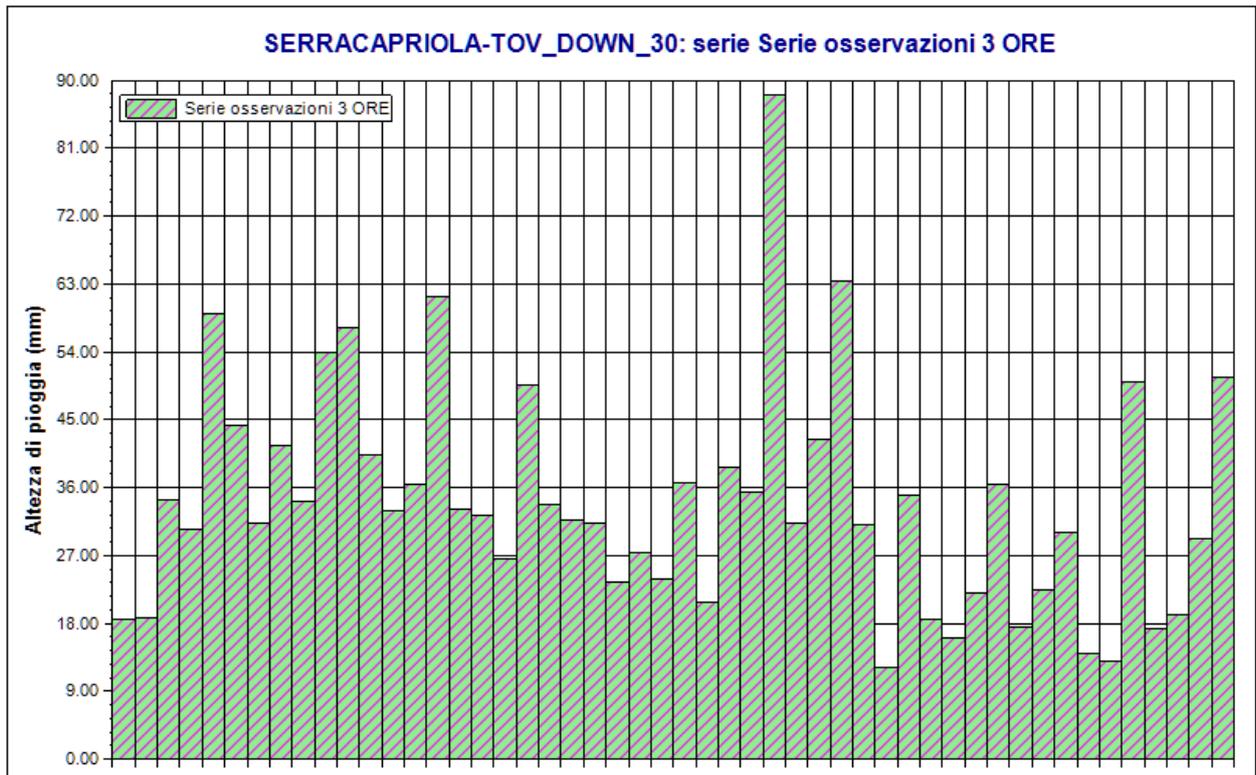
n	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
33	32.6	63.4	69.2	77.2	77.2
34	45.0	31.0	31.2	32.2	43.0
35	26.2	12.2	12.6	18.8	31.2
36	7.6	35.0	39.8	40.4	40.4
37	33.0	18.6	27.0	39.6	56.6
38	10.6	16.0	24.4	35.0	36.6
39	10.4	22.0	37.0	74.2	80.6
40	15.0	36.4	52.0	52.8	52.8
41	20.0	17.4	24.4	30.0	48.0
42	12.8	22.4	22.4	22.4	35.6
43	22.4	30.0	40.0	68.0	90.4
44	16.0	14.0	20.0	23.0	45.0
45	8.0	13.0	25.0	44.6	57.8
46	9.0	50.0	64.8	71.8	73.6
47	21.8	17.2	21.0	32.0	32.4
48	9.6	19.2	26.0	31.8	41.8
49	9.2	29.2	29.2	51.4	86.4
50	26.4	50.6	65.2	97.6	100.6
51	35.0	22.0	33.0	36.0	47.8
52	16.0	-	-	-	-

### Dati Statistici

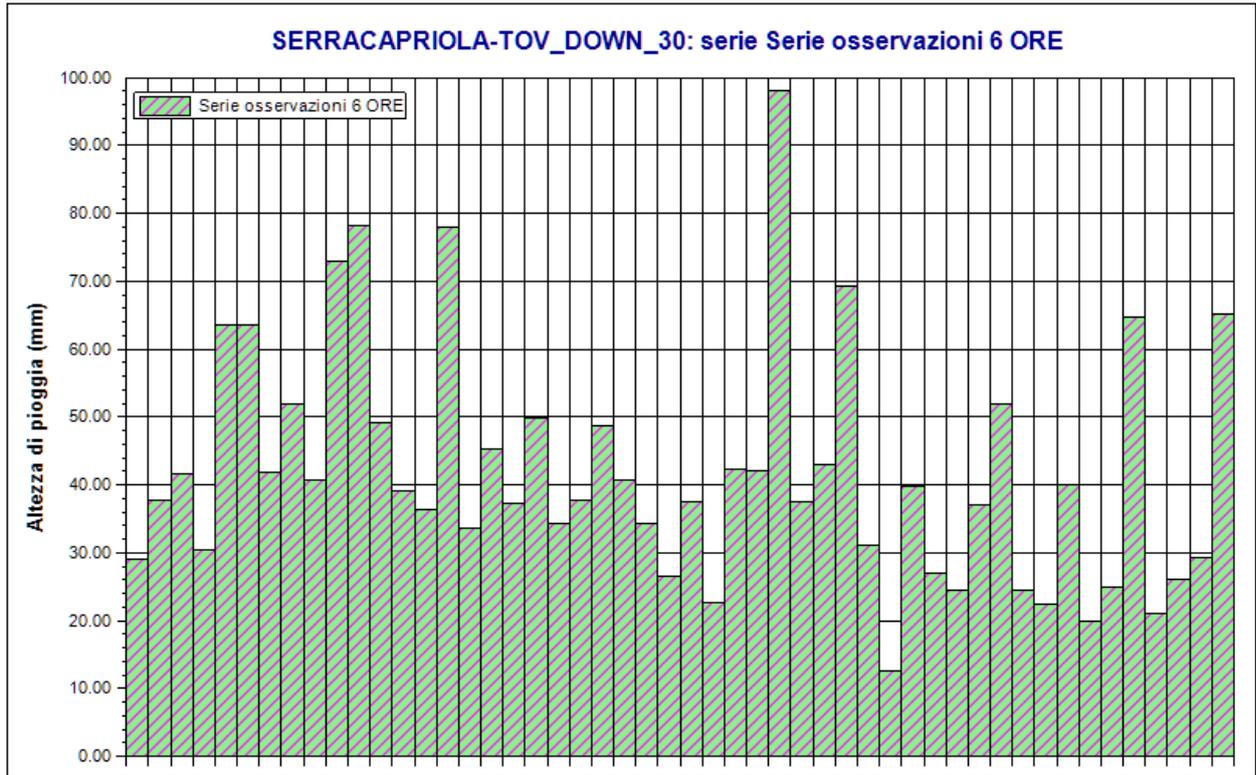
Parametro	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Dimensione campione	52	51	51	51	51
Somma dei dati	1179.8	1720.4	2129.8	2632.4	3217.8
Valore minimo	7.6	12.2	12.6	18.8	31.2
Valore massimo	55.0	88.0	98.2	103.2	122.4
Valore medio	22.69	33.73	41.76	51.62	63.09
Dev. standard	10.12	15.04	17.34	20.06	23.34
Coef. variazione	0.446	0.446	0.415	0.389	0.370
Coef. asimmetria	0.906	1.200	1.129	0.675	0.820



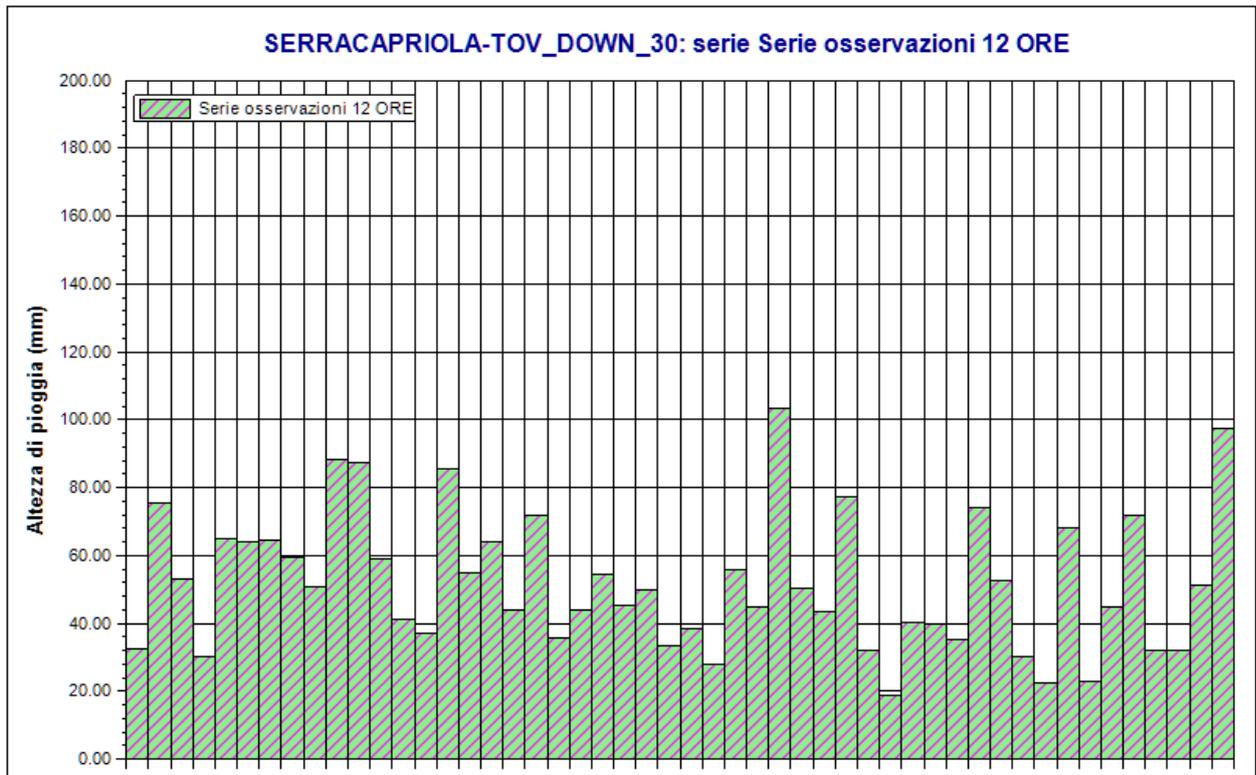
SERRACAPRIOLA-TOV\_DOWN\_30. Serie osservazioni 1 ORA. Durata 1 ora



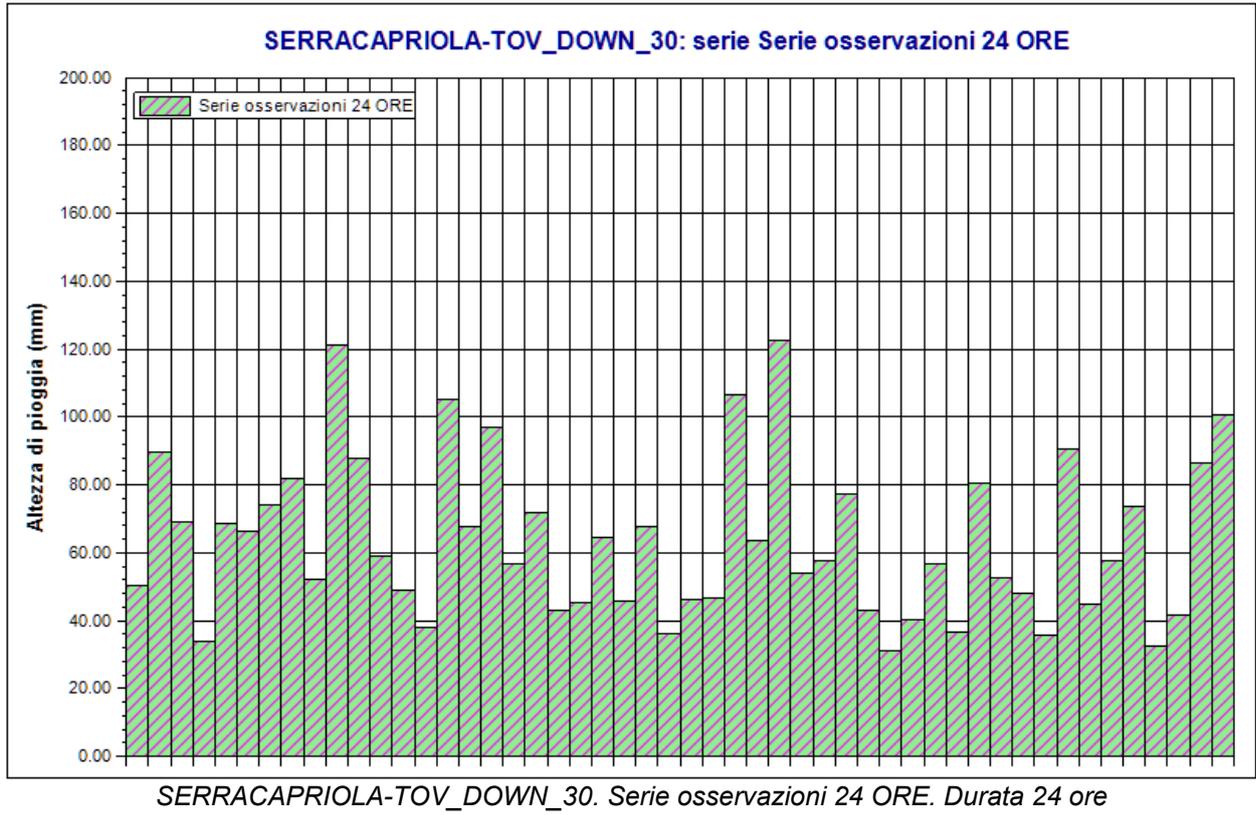
SERRACAPRIOLA-TOV\_DOWN\_30. Serie osservazioni 3 ORE. Durata 3 ore



SERRACAPRIOLA-TOV\_DOWN\_30. Serie osservazioni 6 ORE. Durata 6 ore



SERRACAPRIOLA-TOV\_DOWN\_30. Serie osservazioni 12 ORE. Durata 12 ore



## Rapporto sull'elaborazione probabilistica:

### Elaborazione TCEV primo livello TOV\_DOWN\_30

#### Modello TCEV (Two Components Extreme Value)

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 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  $\Lambda_1$  e  $\Lambda_2$  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 ha che la CDF di  $y$  è data da:

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

avendo posto:

$$\mathcal{G}_* = \frac{\mathcal{G}_2}{\mathcal{G}_1} \quad \text{e} \quad \Lambda_* = \frac{\Lambda_2}{\Lambda_1^{1/\mathcal{G}_*}}$$

La media della distribuzione TCEV è data dall'espressione:

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

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

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

Il coefficiente di variazione teorico dipende da  $\Lambda_1$ ,  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  ed è quindi indipendente da  $\mathcal{G}_1$ .

Il coefficiente di asimmetria teorico dipende da  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  ed è quindi indipendente da  $\Lambda_1$  e  $\mathcal{G}_1$ .

### **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  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  e delle sottoregioni di queste, più limitate, in cui sia costante pure il coefficiente di variazione e, quindi, il parametro  $\Lambda_1$ .

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  $\Lambda^*$  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  $\Lambda^*$ ,  $\mathcal{G}^*$  e  $\Lambda_1$ .  $\Lambda_1$  può quindi essere stimato in base a tutte le serie storiche ricadenti nella sottozona.

In una sottozona rimane costante la CDF di  $x/\mu$ . Infatti dall'espressione della CDF della TCEV, introducendo i parametri  $\Lambda^*$  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

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

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:

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

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

b) Al livello di regionalizzazione uno, in cui i parametri  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  sono stimati a livello regionale e  $\Lambda_1$  e  $\mathcal{G}_1$  dalla singola serie:

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

c) Al livello di regionalizzazione due, in cui i parametri  $\Lambda^*$ ,  $\mathcal{G}^*$  e  $\Lambda_1$  sono stimati a livello regionale e  $\mathcal{G}_1$  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:

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

## Dati Elaborazione

Stazione di misura: SERRACAPRIOLA-TOV\_DOWN\_30

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	52	51	51	51	51
Valore medio	22.69	33.73	41.76	51.62	63.09
Dev. standard	10.12	15.04	17.34	20.06	23.34
<b>Parametri regionali</b>					
Descrizione	Parametri zona: Puglia - Durata: Unica				
Lambda*	0.77200	0.77200	0.77200	0.77200	0.77200
Teta*	2.35200	2.35200	2.35200	2.35200	2.35200
<b>Parametri stimati</b>					
Lambda 1	12.33540	15.95556	21.70403	22.77489	45.16353
Teta 1	5.26146	7.31896	8.53805	10.43280	11.00886
Lambda 2	2.24669	2.50645	2.85676	2.91586	3.90107
Teta 2	12.37496	17.21418	20.08149	24.53794	25.89284

### Espressioni delle CDF della distribuzione

TCEV primo livello: Serie osservazioni 1 ORA	$F_x(x) = \exp \left[ -12.34 \exp \left( -\frac{x}{5.261} \right) - 2.25 \exp \left( -\frac{x}{12.375} \right) \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 3 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -15.96 \exp \left( -\frac{x}{7.319} \right) - 2.51 \exp \left( -\frac{x}{17.214} \right) \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 6 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -21.70 \exp \left( -\frac{x}{8.538} \right) - 2.86 \exp \left( -\frac{x}{20.081} \right) \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 12 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -22.77 \exp \left( -\frac{x}{10.433} \right) - 2.92 \exp \left( -\frac{x}{24.538} \right) \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 24 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -45.16 \exp \left( -\frac{x}{11.009} \right) - 3.90 \exp \left( -\frac{x}{25.893} \right) \right]$

### Espressioni delle Curve di crescita

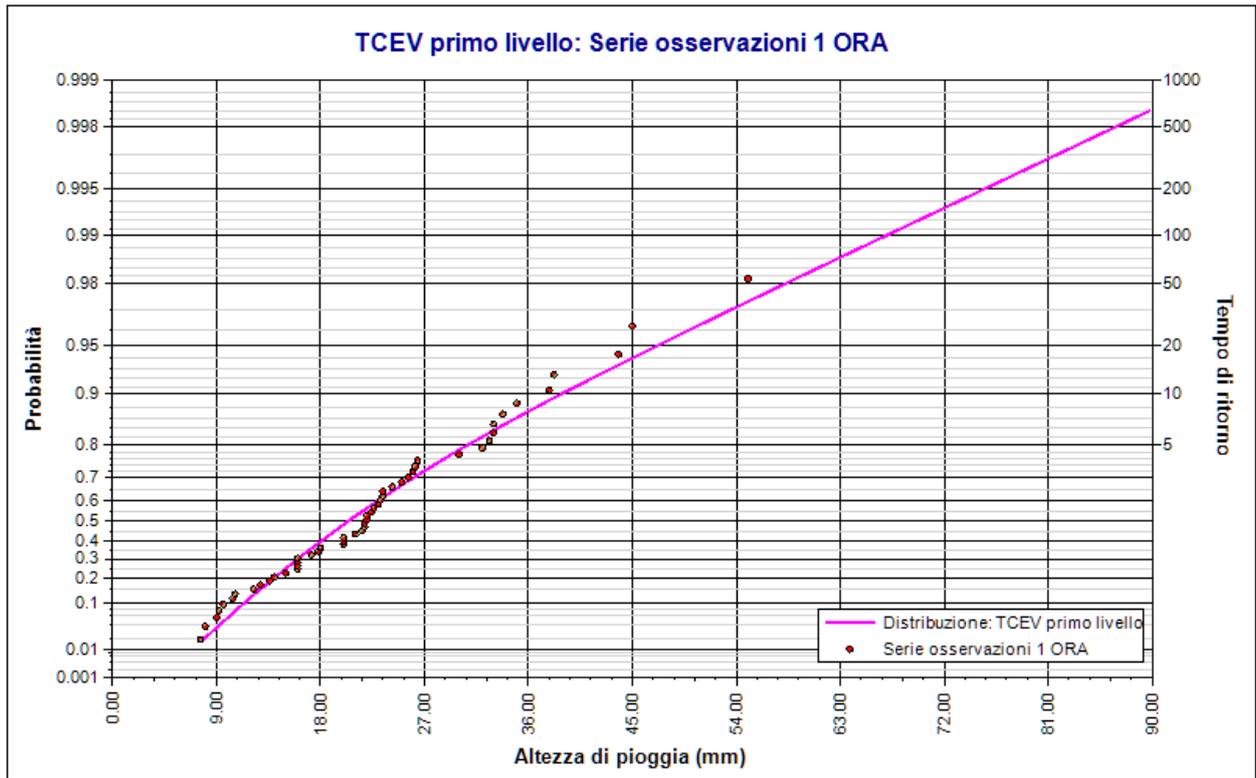
TCEV primo livello: Serie osservazioni 1 ORA	$F_X(x) = \exp \left[ -12.335 (83.521)^{-x} - 2.247 (6.563)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 3 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -15.956 (108.033)^{-x} - 2.506 (7.322)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 6 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -21.704 (146.955)^{-x} - 2.857 (8.345)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 12 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -22.775 (154.206)^{-x} - 2.916 (8.518)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 24 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -45.164 (305.796)^{-x} - 3.901 (11.395)^{-x} \right]$

### Frattili distribuzioni probabilistiche

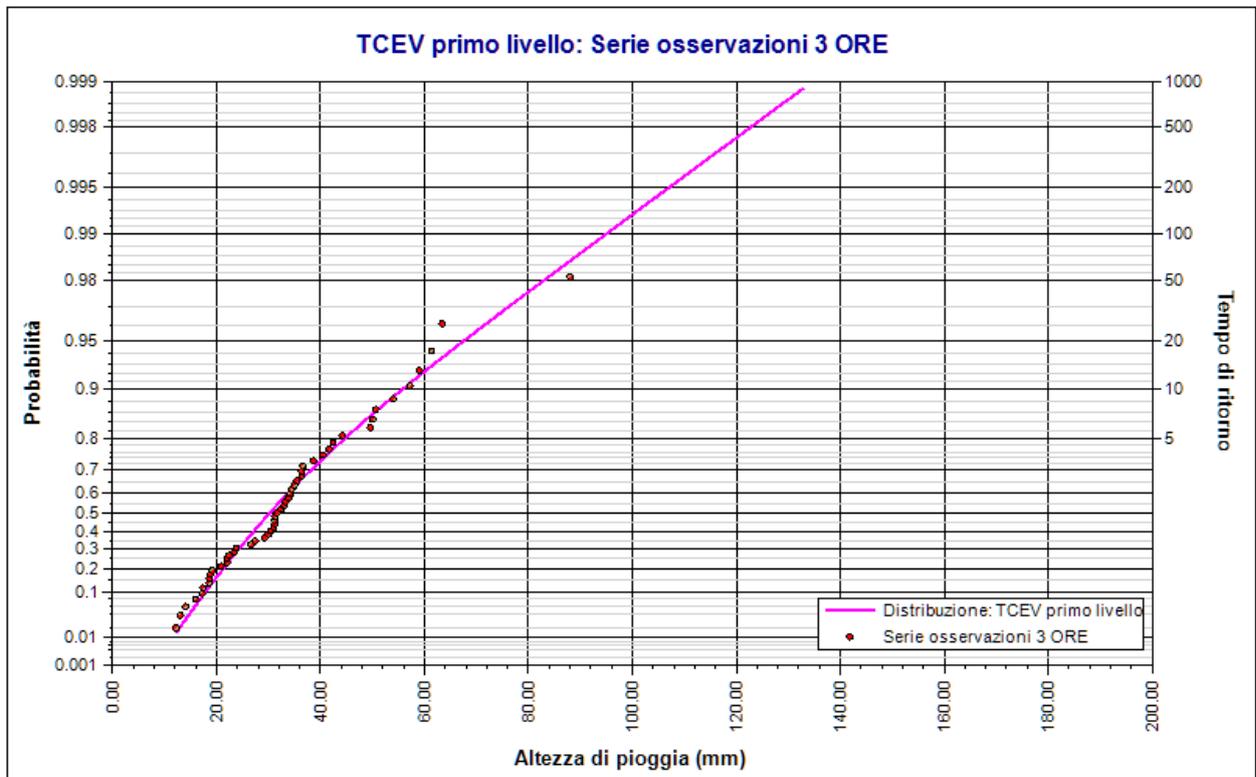
Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2 anni	20.33	30.17	37.82	46.72	56.83
5 anni	30.74	44.65	54.71	67.35	78.61
10 anni	38.81	55.87	67.80	83.35	95.49
20 anni	47.16	67.49	81.35	99.91	112.96
50 anni	58.42	83.15	99.62	122.23	136.52
100 anni	66.99	95.07	113.53	139.23	154.45
200 anni	75.57	107.01	127.46	156.24	172.41
500 anni	86.92	122.79	145.87	178.74	196.15
1000 anni	95.50	134.72	159.79	195.75	214.10

### Fattori di crescita

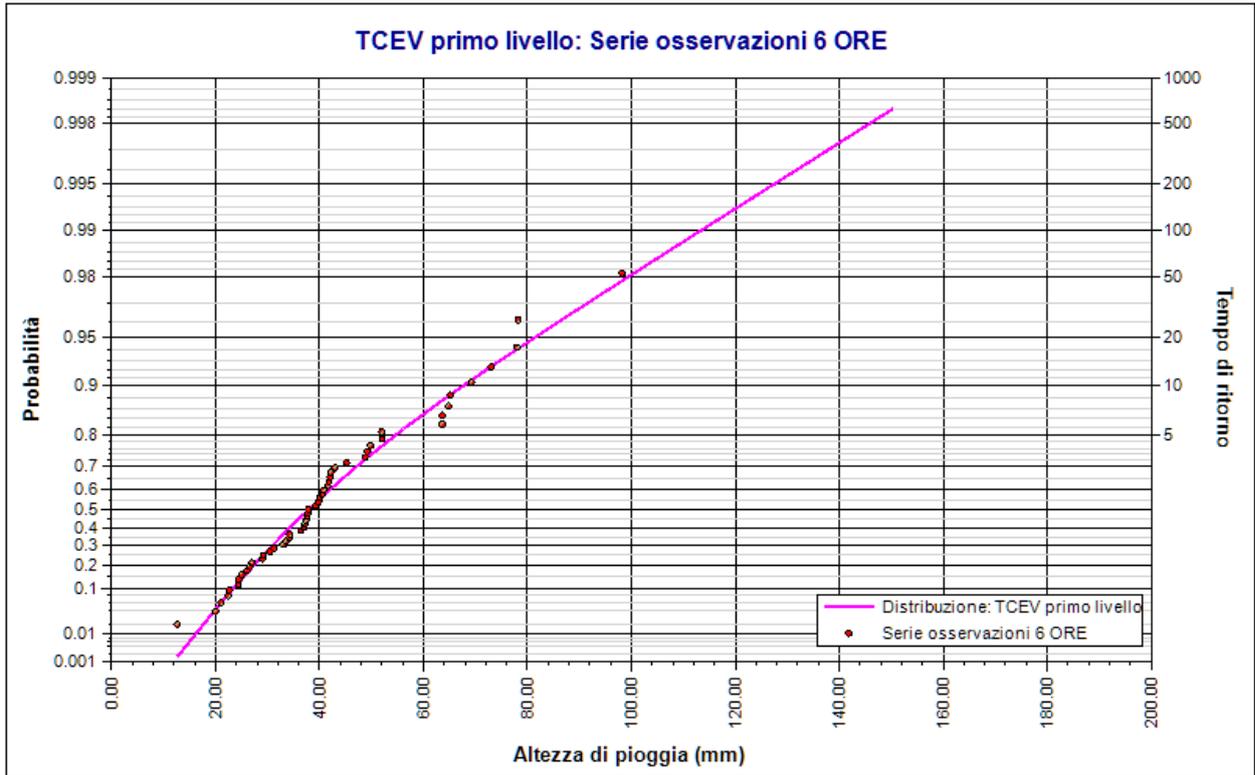
Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2 anni	0.87	0.88	0.89	0.89	0.90
5 anni	1.32	1.30	1.28	1.28	1.25
10 anni	1.67	1.63	1.59	1.59	1.52
20 anni	2.03	1.97	1.91	1.90	1.79
50 anni	2.51	2.43	2.34	2.33	2.17
100 anni	2.88	2.77	2.66	2.65	2.45
200 anni	3.25	3.12	2.99	2.97	2.74
500 anni	3.73	3.58	3.42	3.40	3.11
1000 anni	4.10	3.93	3.75	3.72	3.40



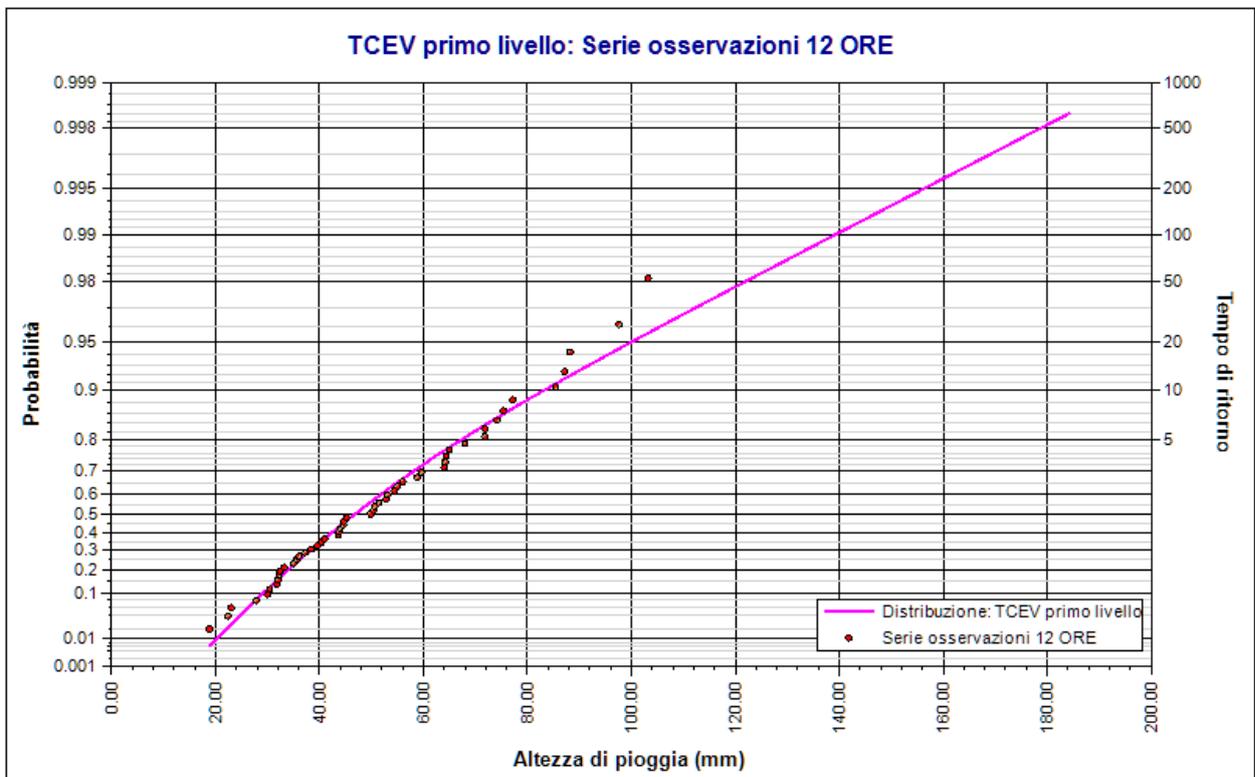
Elaborazione TCEV primo livello TOV\_DOWN\_30. TCEV primo livello: Serie osservazioni 1 ORA. Durata 1 ora



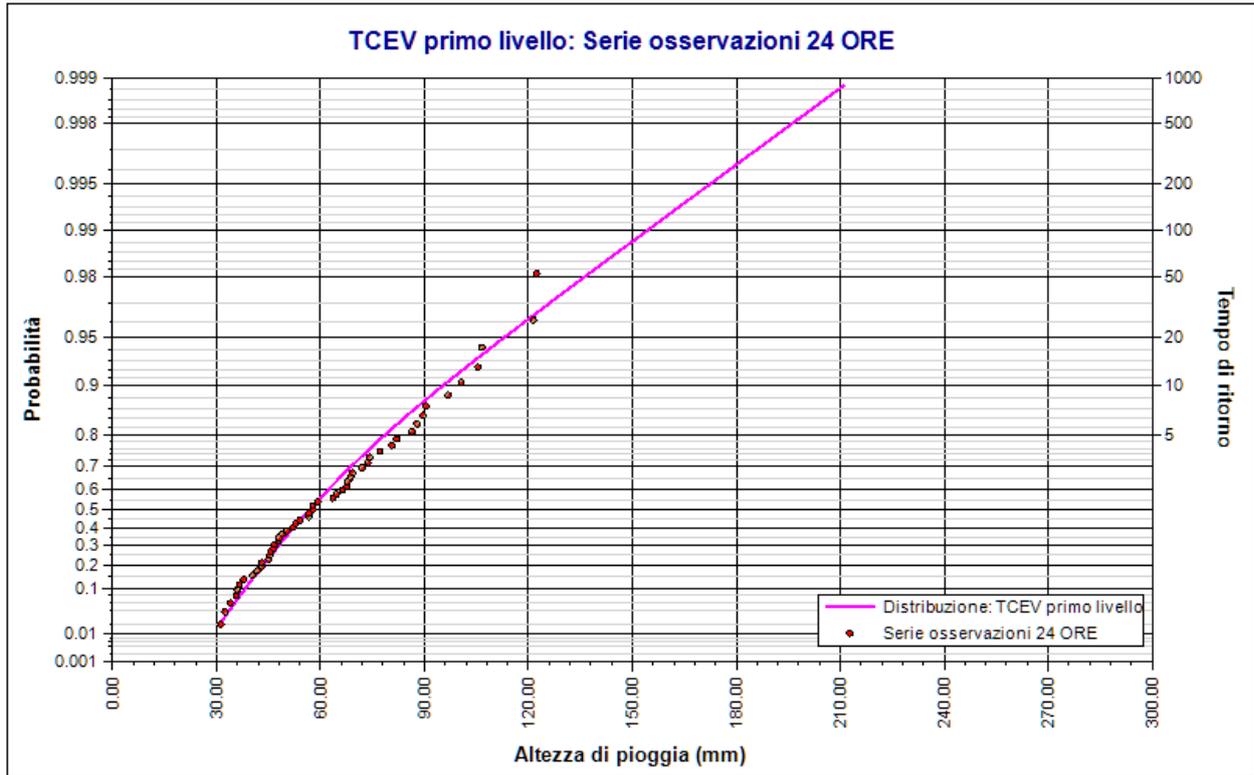
Elaborazione TCEV primo livello TOV\_DOWN\_30. TCEV primo livello: Serie osservazioni 3 ORE. Durata 3 ore



Elaborazione TCEV primo livello TOV\_DOWN\_30. TCEV primo livello: Serie osservazioni 6 ORE. Durata 6 ore



Elaborazione TCEV primo livello TOV\_DOWN\_30. TCEV primo livello: Serie osservazioni 12 ORE. Durata 12 ore



Elaborazione TCEV primo livello TOV\_DOWN\_30. TCEV primo livello: Serie osservazioni 24 ORE.  
Durata 24 ore

## Rapporto sulla curva di pioggia:

<b>Curva pioggia calcolata TCEV PRIMO LIVELLO TOV_DOWN_30</b>
---

## Dati Curva di pioggia

Tipo: Curva di pioggia calcolata

Elaborazione probabilistica: Elaborazione TCEV primo livello TOV\_DOWN\_30

Tempo di ritorno: 30.000 anni

Numero punti: 5

Durate di calcolo: 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore

## Tabella punti di calcolo

n	Durata		Altezza (mm)
	(ore)	(minuti)	
1	1.000	60	52.124
2	3.000	180	74.390
3	6.000	360	89.408
4	12.000	720	109.752
5	24.000	1440	123.349

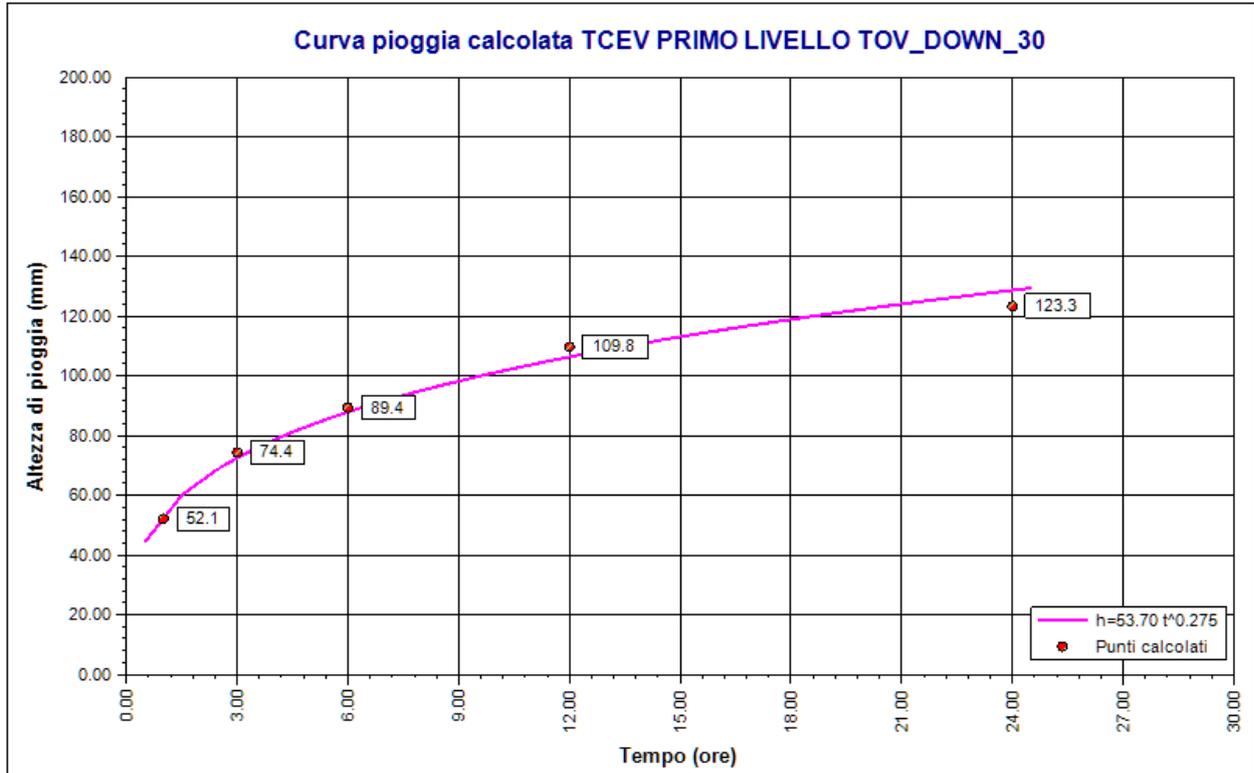
## Risultati interpolazione

Coefficienti curva			Espressione
a	n	correlazione (r)	
53.70	0.27	1.00	$h(t) = 53.7 t^{0.275}$

## Valori curva di pioggia

t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)
1	53.702	9	98.267	17	117.048
2	64.979	10	101.156	18	118.902
3	72.644	11	103.842	19	120.683
4	78.624	12	106.357	20	122.397
5	83.600	13	108.724	21	124.051
6	87.899	14	110.962	22	125.648
7	91.705	15	113.087	23	127.193

t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)
8	95.135	16	115.112	24	128.691



*Curva pioggia calcolata TCEV PRIMO LIVELLO TOV\_DOWN\_30*

## Rapporto pluviogramma sintetico:

<b>Pluviogramma sintetico TCEV I LIV TOV_DOWN_30</b>
--

## Dati Pluviogramma

Tipo: Pluviogramma sintetico

Curva di pioggia: Curva pioggia calcolata TCEV PRIMO LIVELLO TOV\_DOWN\_30

Durata: 0.355 ore

Altezza di pioggia complessiva: 42.212 mm

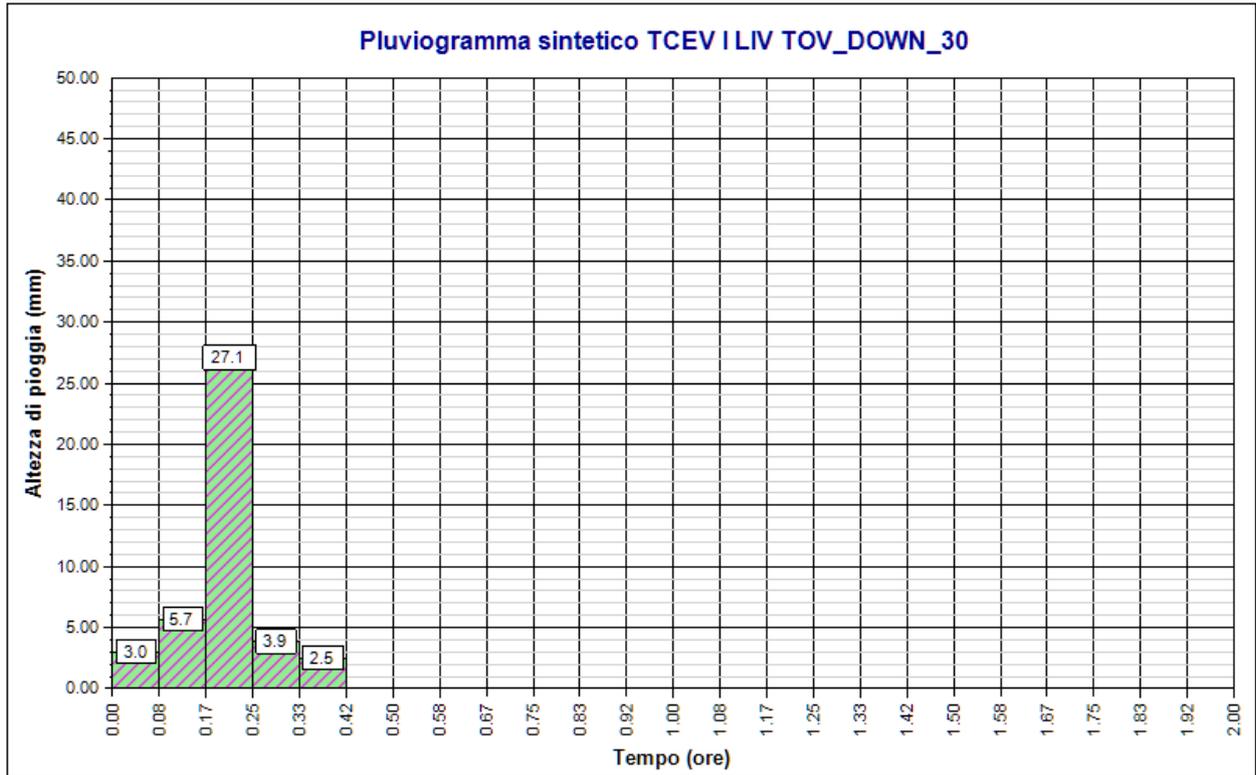
Intervallo di discretizzazione: 5

## Curva di pioggia

Coefficienti curva		Espressione
a	n	
53.70	0.27	<b><math>h(t) = 53.7 t^{0.275}</math></b>

## Tabella pluviogramma

n	Estremi intervallo (ore)		Estremi intervallo (minuti)		Altezza (mm)
	t(i)	t(i+1)	t(i)	t(i+1)	
1	0.000	0.083	0	5	3.020
2	0.083	0.167	5	10	5.694
3	0.167	0.250	10	15	27.116
4	0.250	0.333	15	20	3.870
5	0.333	0.417	20	25	2.512



Pluviogramma sintetico TCEV I LIV TOV\_DOWN\_30

**Rapporto idrogramma:****Idrogramma SCS TCEV I TOV\_DOWN\_30****Modello SCS-CN**

Il modello idrologico SCS-CN permette di simulare il deflusso superficiale in corrispondenza di una data precipitazione. Il processo di trasformazione afflussi-deflussi è suddiviso nelle seguenti fasi:

- a) Determinazione delle piogge nette;
- b) Trasformazione delle piogge nette in deflussi superficiali.

È necessario definire un pluviogramma, che viene considerato uniformemente distribuito sull'intero bacino.

Le piogge nette si calcolano, a partire dal pluviogramma, secondo il metodo del Curve Number (CN) proposto dall'SCS (Soil Conservation Service). L'equazione di continuità:

$$R = P - S$$

dove:

- $R$  è il deflusso fino all'istante  $t$  (mm)
- $P$  è la precipitazione fino all'istante  $t$  (mm)
- $S$  sono le perdite fino all'istante  $t$  (mm)

viene modificata ipotizzando che vi sia una relazione di proporzionalità tra perdite  $S$  e massima altezza immagazzinabile nel terreno a saturazione,  $S'$  (mm):

$$\frac{S}{S'} = \frac{R}{P}$$

e assume la forma seguente:

$$R = \frac{P^2}{P + S'} [mm]$$

che definisce l'andamento nel tempo del deflusso  $R$  nota la precipitazione  $P$  e la massima infiltrazione  $S'$ .

Considerando che un'aliquota di  $P$  si invasa nelle depressioni superficiali o si infiltra prima che il deflusso abbia inizio, si può scrivere:

$$R = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S'} [mm]$$

essendo  $Ia$  (mm) la perdita iniziale (*Initial abstraction*).

L'unico parametro del modello risulta quindi essere l'altezza massima immagazzinabile nel terreno a saturazione  $S'$  (mm), che si ricava dalla seguente formula:

$$S' = \frac{25400}{CN} - 254$$

dove  $CN$  (*Curve Number*) è un indice compreso tra 0 e 100 fornito dalle tabelle SCS in funzione del tipo di terreno, dell'utilizzazione del suolo e delle condizioni antecedenti di umidità.

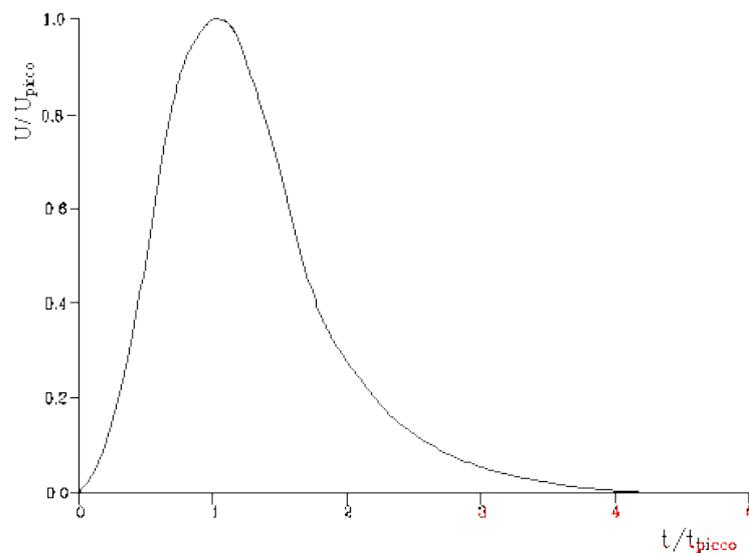
La trasformazione afflussi-deflussi quindi è ottenuta tramite l'idrogramma unitario SCS (1972) di seguito riportato, che richiede come unico parametro il tempo  $t_{LAG}$  (ore) pari al ritardo tra il baricentro del diagramma delle piogge nette e il picco dell'idrogramma unitario. Si può porre  $t_{LAG}=0,6 t_c$  con  $t_c$  tempo di corrivazione del bacino in esame.

L'istante e la portata di picco rispetto alla precipitazione unitaria sono calcolati come:

$$t_{picco} = 0,5\Delta t + t_{lag}$$

$$U_{picco} = 0,2084 \frac{A}{t_{picco}}$$

dove  $t_{picco}$  è il tempo in ore del picco dell'idrogramma unitario,  $\Delta t$  è l'intervallo di calcolo espresso in ore,  $U_{picco}$  è la portata massima dell'idrogramma unitario espressa in  $m^3/s/mm$  e  $A$  è l'area del sottobacino misurata in  $km^2$ .



*Idrogramma unitario adimensionalizzato SCS*

La portata è ottenuta tramite la sommatoria che discretizza l'integrale di convoluzione:

$$Q(i) = \sum_{j=1}^i U(j)P(i-j+1)$$

dove  $Q(i)$  è la portata alla fine dell'intervallo  $i$ -esimo,  $U(j)$  è la  $j$ -esima ordinata dell'idrogramma unitario, ricavabile dalla precedente figura, e  $P(i)$  è la pioggia netta all'intervallo  $i$ -esimo.

### Dati Idrogramma

Tipo: Idrogramma SCS

**Pluviogramma di input:** Pluviogramma sintetico TCEV I LIV TOV\_DOWN\_30

**Superficie del bacino:** 1.1 kmq

**Tlag:** 0.355 ore

**Astrazione iniziale:** 2.0 mm

**Curve Number:** 75.0

**Intervallo di calcolo:** 5 minuti

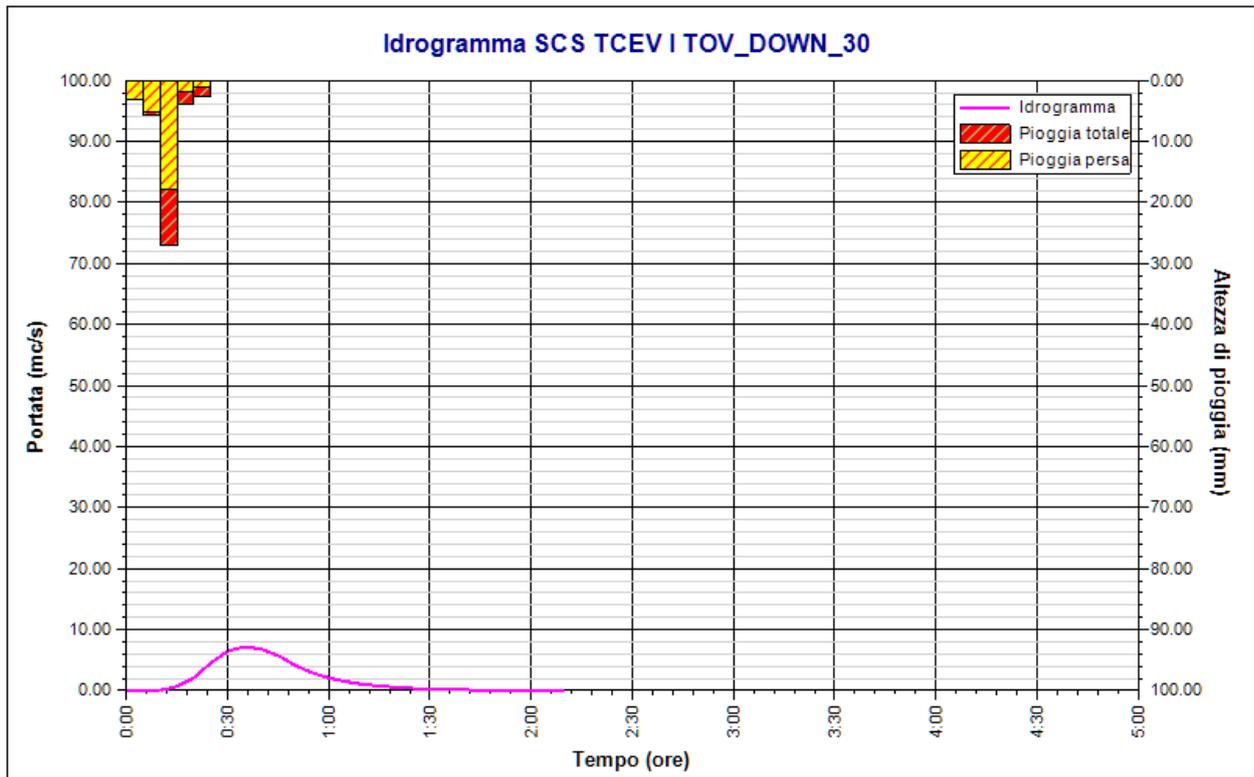
### Tabella idrogramma

n	Tempo		Afflusso (mm)	Pioggia persa (mm)	Pioggia netta (mm)	Portata (mc/s)
	(ore)	(minuti)				
1	0.000	0	3.020	3.008	0.012	0.0
2	0.083	5	5.694	5.213	0.481	0.0
3	0.167	10	27.116	17.951	9.165	0.0
4	0.250	15	3.870	1.913	1.957	0.7
5	0.333	20	2.512	1.179	1.334	2.1
6	0.417	25	0.000	0.000	0.000	4.5
7	0.500	30	0.000	0.000	0.000	6.4
8	0.583	35	0.000	0.000	0.000	7.2
9	0.667	40	0.000	0.000	0.000	6.8
10	0.750	45	0.000	0.000	0.000	5.7
11	0.833	50	0.000	0.000	0.000	4.1
12	0.917	55	0.000	0.000	0.000	2.9
13	1.000	60	0.000	0.000	0.000	2.1
14	1.083	65	0.000	0.000	0.000	1.5
15	1.167	70	0.000	0.000	0.000	1.0
16	1.250	75	0.000	0.000	0.000	0.7
17	1.333	80	0.000	0.000	0.000	0.5
18	1.417	85	0.000	0.000	0.000	0.4
19	1.500	90	0.000	0.000	0.000	0.3
20	1.583	95	0.000	0.000	0.000	0.2
21	1.667	100	0.000	0.000	0.000	0.1
22	1.750	105	0.000	0.000	0.000	0.1
23	1.833	110	0.000	0.000	0.000	0.1
24	1.917	115	0.000	0.000	0.000	0.0
25	2.000	120	0.000	0.000	0.000	0.0
26	2.083	125	0.000	0.000	0.000	0.0
27	2.167	130	0.000	0.000	0.000	0.0

### Tabella risultati

Parametro	Valore	U.M.
Portata massima	7.2	mc/s
Istante picco	0.583	ore

Parametro	Valore	U.M.
Istante picco	35.0	minuti
Durata totale evento	2.167	ore
Volume afflusso	46	mc x 1000
Volume deflusso	14	mc x 1000
Altezza afflusso	42.212	mm
Altezza deflusso	12.962	mm
Coeff. deflusso	0.31	-
Coeff. udometrico	6.53	mc/s/kmq



Idrogramma SCS TCEV I TOV\_DOWN\_30

## Rapporto sulla stazione di misura:

<b>SERRACAPRIOLA-TOV_DOWN_200</b>
-----------------------------------

**Descrizione**

TOVAGLIA\_DOWN

**Dati Stazione****Codice:** 16249**Bacino:** TOV\_DOWN**Comune:** SERRACAPRIOLA**Quota:** 270.0 m s.l.m.**Latitudine:** 41,8**Longtudine:** 15,15**Dati Serie****Serie presenti:** 5**Durate presenti:** 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore**Minima dimensione serie:** 51**Massima dimensione serie:** 52

<b>Serie n. 1</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 1 ORA
<b>Durata</b>	1 ora
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 2</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 3 ORE
<b>Durata</b>	3 ore
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 3</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 6 ORE
<b>Durata</b>	6 ore
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 4</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 12 ORE
<b>Durata</b>	12 ore

<b>Serie n. 4</b>	
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 5</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 24 ORE
<b>Durata</b>	24 ore
<b>Descrizione</b>	

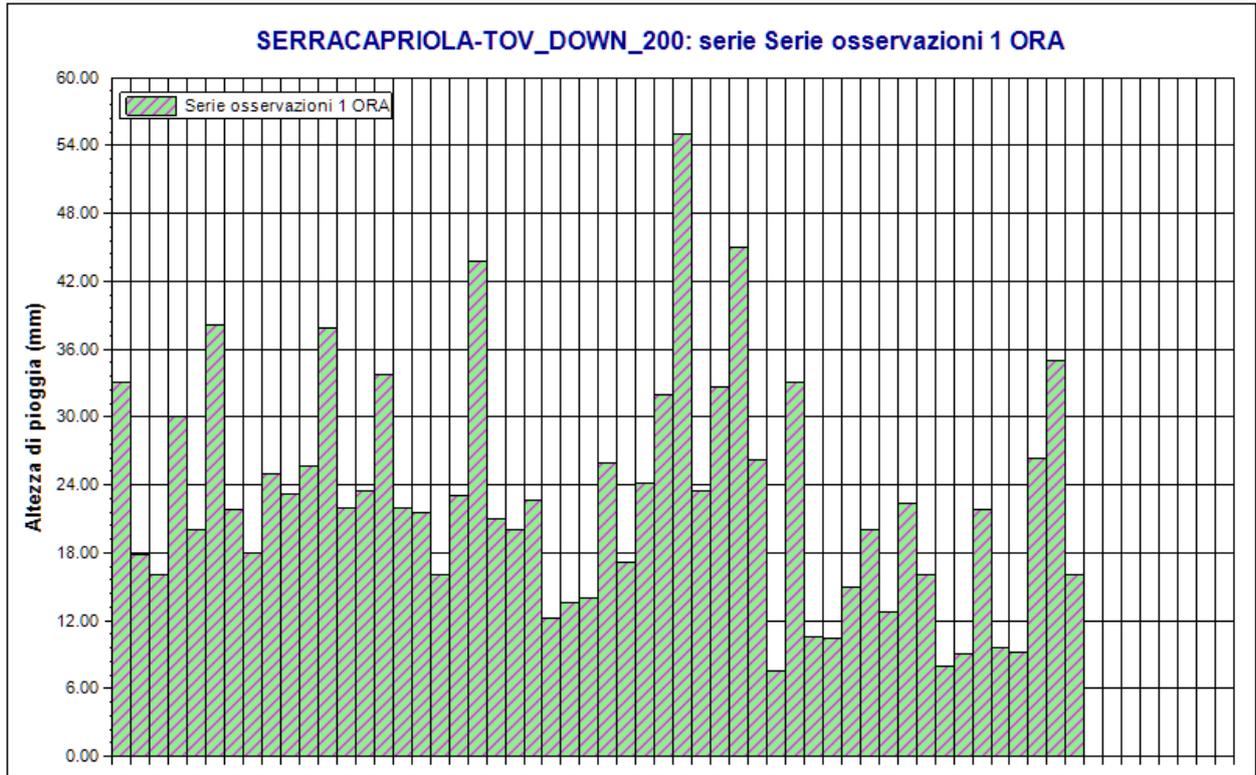
### Serie osservazioni

n	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1	33.0	18.6	29.0	32.4	50.2
2	17.8	18.8	37.8	75.4	89.6
3	16.0	34.4	41.6	53.0	69.2
4	30.0	30.4	30.4	30.4	34.0
5	20.0	59.0	63.6	65.0	68.6
6	38.2	44.2	63.6	64.2	66.4
7	21.8	31.2	41.8	64.4	74.2
8	18.0	41.6	52.0	59.6	82.0
9	25.0	34.2	40.6	50.6	52.2
10	23.2	54.0	73.0	88.2	121.4
11	25.6	57.2	78.2	87.2	87.8
12	37.8	40.4	49.2	58.8	59.2
13	22.0	33.0	39.2	41.0	49.0
14	23.4	36.4	36.4	37.2	37.8
15	33.8	61.4	78.0	85.4	105.4
16	22.0	33.2	33.6	55.0	67.6
17	21.6	32.4	45.2	64.0	96.8
18	16.0	26.6	37.2	44.0	56.6
19	23.0	49.6	49.8	71.8	72.0
20	43.8	33.8	34.2	35.6	43.0
21	21.0	31.6	37.8	43.8	45.4
22	20.0	31.2	48.8	54.4	64.6
23	22.6	23.4	40.8	45.2	45.6
24	12.2	27.4	34.2	49.8	67.8
25	13.6	23.8	26.6	33.2	36.0
26	14.0	36.6	37.4	38.4	46.4
27	26.0	20.8	22.6	27.8	46.8
28	17.2	38.6	42.2	56.0	106.6
29	24.2	35.4	42.0	44.6	63.6
30	32.0	88.0	98.2	103.2	122.4
31	55.0	31.2	37.6	50.4	54.0
32	23.4	42.4	43.0	43.6	57.8

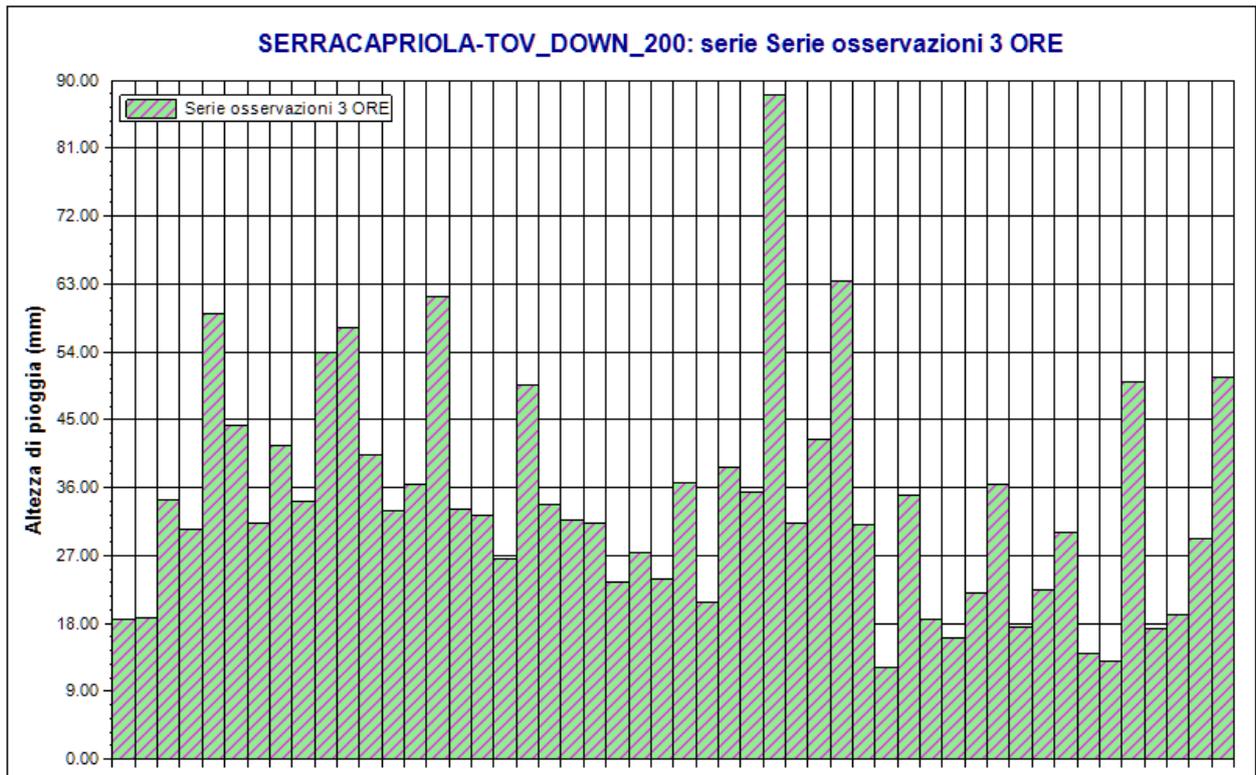
n	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
33	32.6	63.4	69.2	77.2	77.2
34	45.0	31.0	31.2	32.2	43.0
35	26.2	12.2	12.6	18.8	31.2
36	7.6	35.0	39.8	40.4	40.4
37	33.0	18.6	27.0	39.6	56.6
38	10.6	16.0	24.4	35.0	36.6
39	10.4	22.0	37.0	74.2	80.6
40	15.0	36.4	52.0	52.8	52.8
41	20.0	17.4	24.4	30.0	48.0
42	12.8	22.4	22.4	22.4	35.6
43	22.4	30.0	40.0	68.0	90.4
44	16.0	14.0	20.0	23.0	45.0
45	8.0	13.0	25.0	44.6	57.8
46	9.0	50.0	64.8	71.8	73.6
47	21.8	17.2	21.0	32.0	32.4
48	9.6	19.2	26.0	31.8	41.8
49	9.2	29.2	29.2	51.4	86.4
50	26.4	50.6	65.2	97.6	100.6
51	35.0	22.0	33.0	36.0	47.8
52	16.0	-	-	-	-

### Dati Statistici

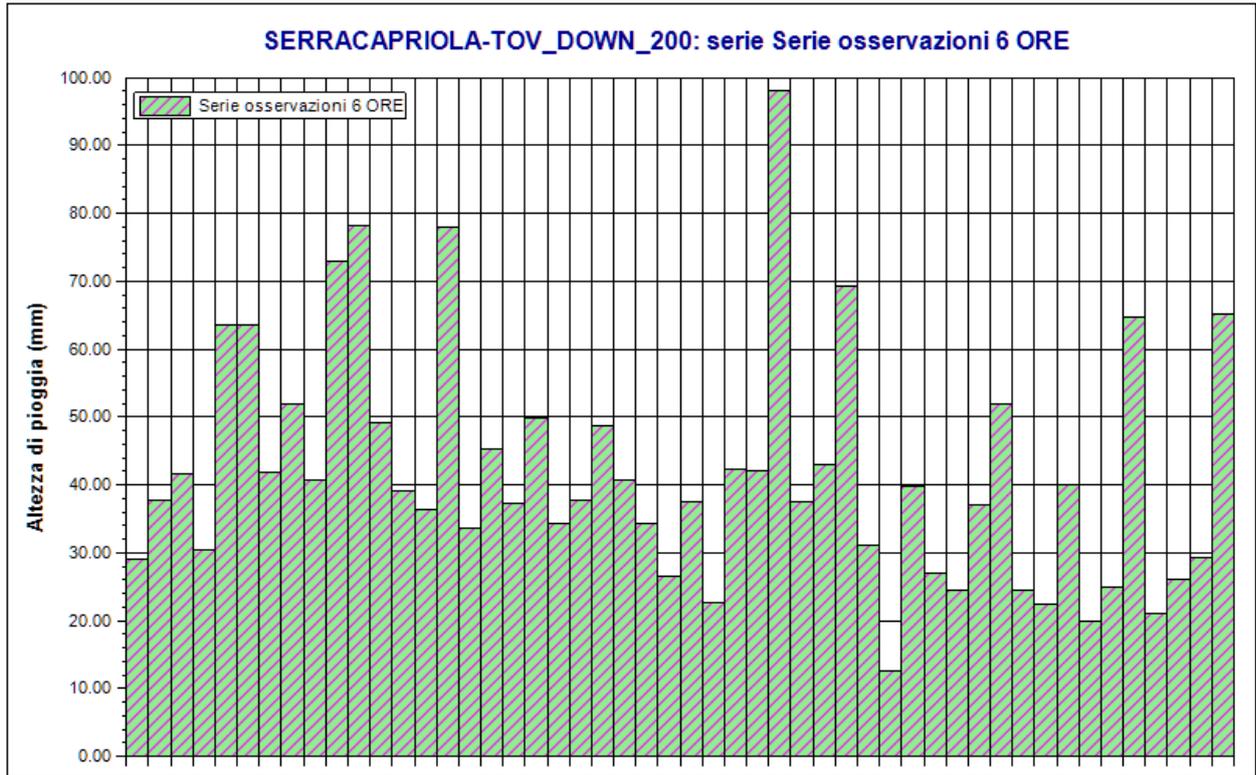
Parametro	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Dimensione campione	52	51	51	51	51
Somma dei dati	1179.8	1720.4	2129.8	2632.4	3217.8
Valore minimo	7.6	12.2	12.6	18.8	31.2
Valore massimo	55.0	88.0	98.2	103.2	122.4
Valore medio	22.69	33.73	41.76	51.62	63.09
Dev. standard	10.12	15.04	17.34	20.06	23.34
Coef. variazione	0.446	0.446	0.415	0.389	0.370
Coef. asimmetria	0.906	1.200	1.129	0.675	0.820



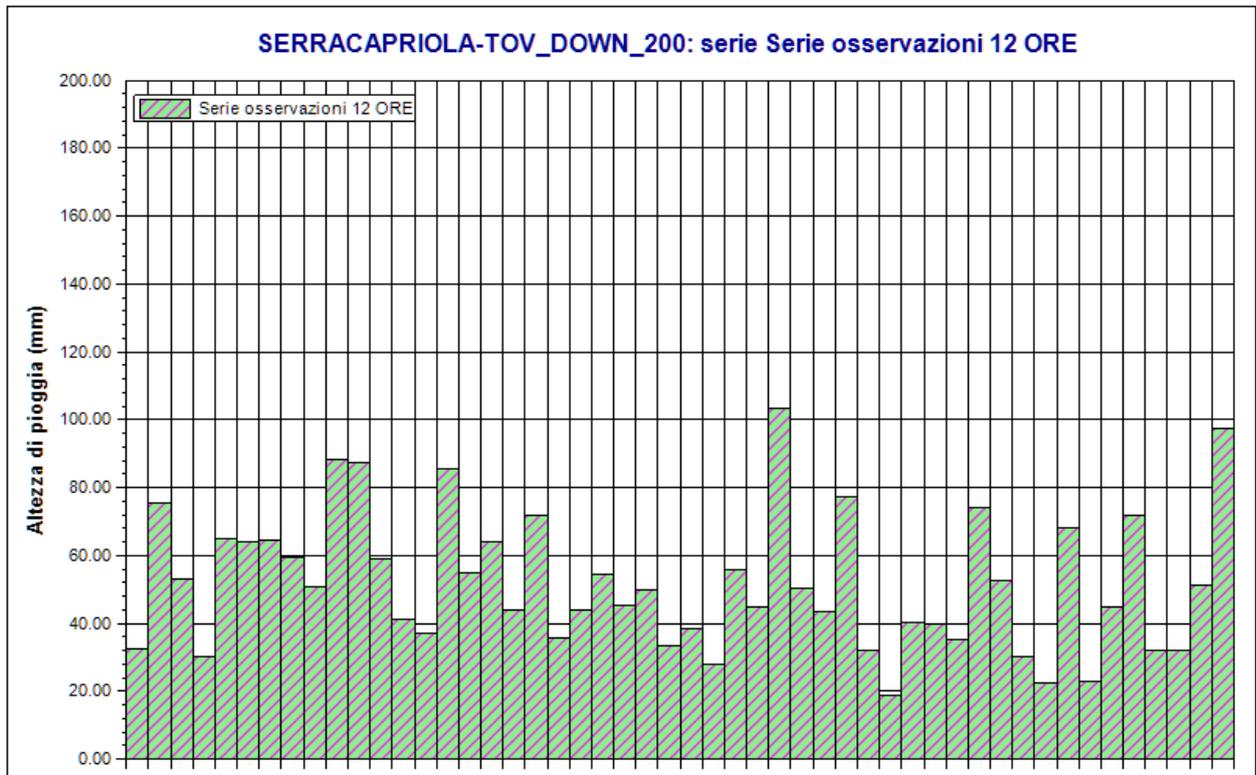
SERRACAPRIOLA-TOV\_DOWN\_200. Serie osservazioni 1 ORA. Durata 1 ora



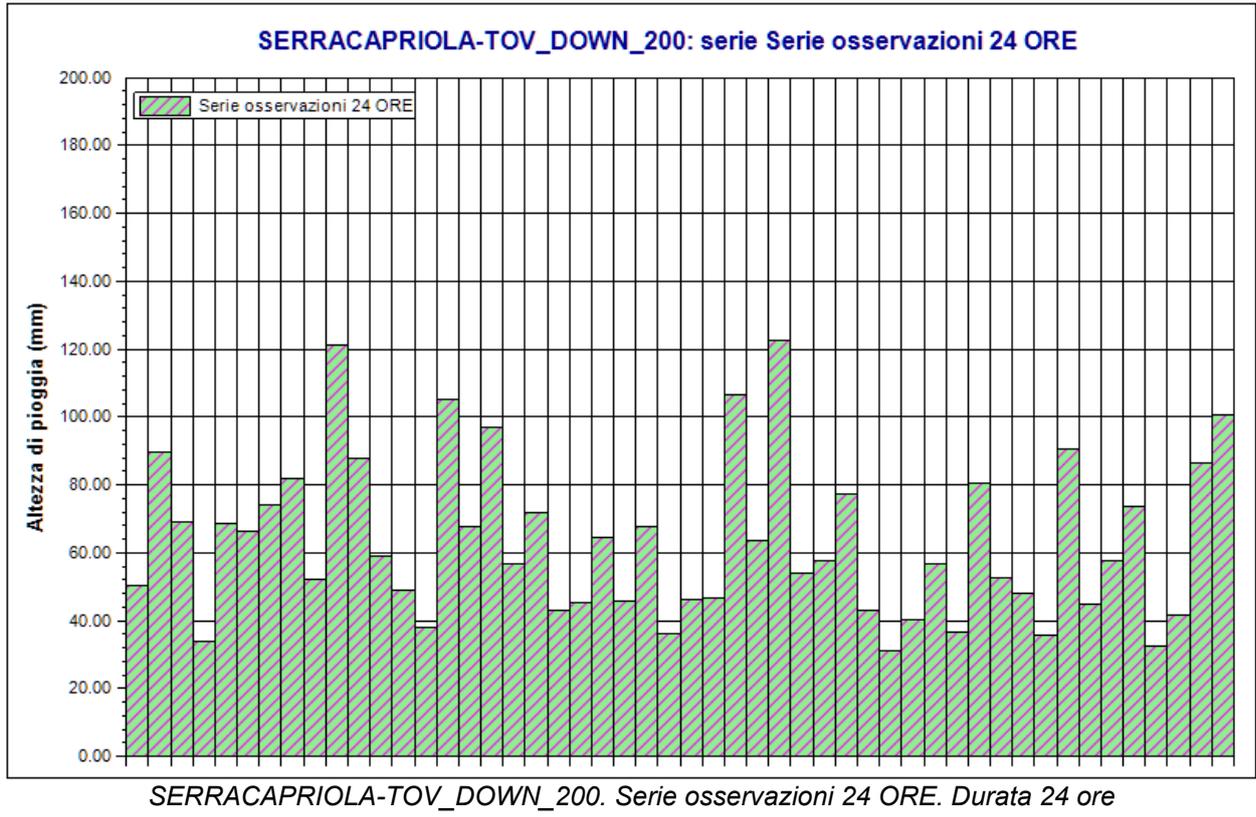
SERRACAPRIOLA-TOV\_DOWN\_200. Serie osservazioni 3 ORE. Durata 3 ore



SERRACAPRIOLA-TOV\_DOWN\_200. Serie osservazioni 6 ORE. Durata 6 ore



SERRACAPRIOLA-TOV\_DOWN\_200. Serie osservazioni 12 ORE. Durata 12 ore



**Rapporto sull'elaborazione probabilistica:****Elaborazione TCEV primo livello TOV\_DOWN\_200****Modello TCEV (Two Components Extreme Value)**

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 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  $\Lambda_1$  e  $\Lambda_2$  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 ha che la CDF di  $y$  è data da:

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

avendo posto:

$$\mathcal{G}_* = \frac{\mathcal{G}_2}{\mathcal{G}_1} \quad \text{e} \quad \Lambda_* = \frac{\Lambda_2}{\Lambda_1^{1/\mathcal{G}_*}}$$

La media della distribuzione TCEV è data dall'espressione:

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

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

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

Il coefficiente di variazione teorico dipende da  $\Lambda_1$ ,  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  ed è quindi indipendente da  $\mathcal{G}_1$ .

Il coefficiente di asimmetria teorico dipende da  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  ed è quindi indipendente da  $\Lambda_1$  e  $\mathcal{G}_1$ .

### **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  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  e delle sottoregioni di queste, più limitate, in cui sia costante pure il coefficiente di variazione e, quindi, il parametro  $\Lambda_1$ .

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  $\Lambda^*$  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  $\Lambda^*$ ,  $\mathcal{G}^*$  e  $\Lambda_1$ .  $\Lambda_1$  può quindi essere stimato in base a tutte le serie storiche ricadenti nella sottozona.

In una sottozona rimane costante la CDF di  $x/\mu$ . Infatti dall'espressione della CDF della TCEV, introducendo i parametri  $\Lambda^*$  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

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

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:

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

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

b) Al livello di regionalizzazione uno, in cui i parametri  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  sono stimati a livello regionale e  $\Lambda_1$  e  $\mathcal{G}_1$  dalla singola serie:

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

c) Al livello di regionalizzazione due, in cui i parametri  $\Lambda^*$ ,  $\mathcal{G}^*$  e  $\Lambda_1$  sono stimati a livello regionale e  $\mathcal{G}_1$  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:

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

## Dati Elaborazione

Stazione di misura: SERRACAPRIOLA-TOV\_DOWN\_200

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	52	51	51	51	51
Valore medio	22.69	33.73	41.76	51.62	63.09
Dev. standard	10.12	15.04	17.34	20.06	23.34
<b>Parametri regionali</b>					
Descrizione	Parametri zona: Puglia - Durata: Unica				
Lambda*	0.77200	0.77200	0.77200	0.77200	0.77200
Teta*	2.35200	2.35200	2.35200	2.35200	2.35200
<b>Parametri stimati</b>					
Lambda 1	12.33540	15.95556	21.70403	22.77489	45.16353
Teta 1	5.26146	7.31896	8.53805	10.43280	11.00886
Lambda 2	2.24669	2.50645	2.85676	2.91586	3.90107
Teta 2	12.37496	17.21418	20.08149	24.53794	25.89284

### Espressioni delle CDF della distribuzione

TCEV primo livello: Serie osservazioni 1 ORA	$F_x(x) = \exp \left[ -12.34 \exp \left( -\frac{x}{5.261} \right) - 2.25 \exp \left( -\frac{x}{12.375} \right) \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 3 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -15.96 \exp \left( -\frac{x}{7.319} \right) - 2.51 \exp \left( -\frac{x}{17.214} \right) \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 6 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -21.70 \exp \left( -\frac{x}{8.538} \right) - 2.86 \exp \left( -\frac{x}{20.081} \right) \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 12 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -22.77 \exp \left( -\frac{x}{10.433} \right) - 2.92 \exp \left( -\frac{x}{24.538} \right) \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 24 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -45.16 \exp \left( -\frac{x}{11.009} \right) - 3.90 \exp \left( -\frac{x}{25.893} \right) \right]$

### Espressioni delle Curve di crescita

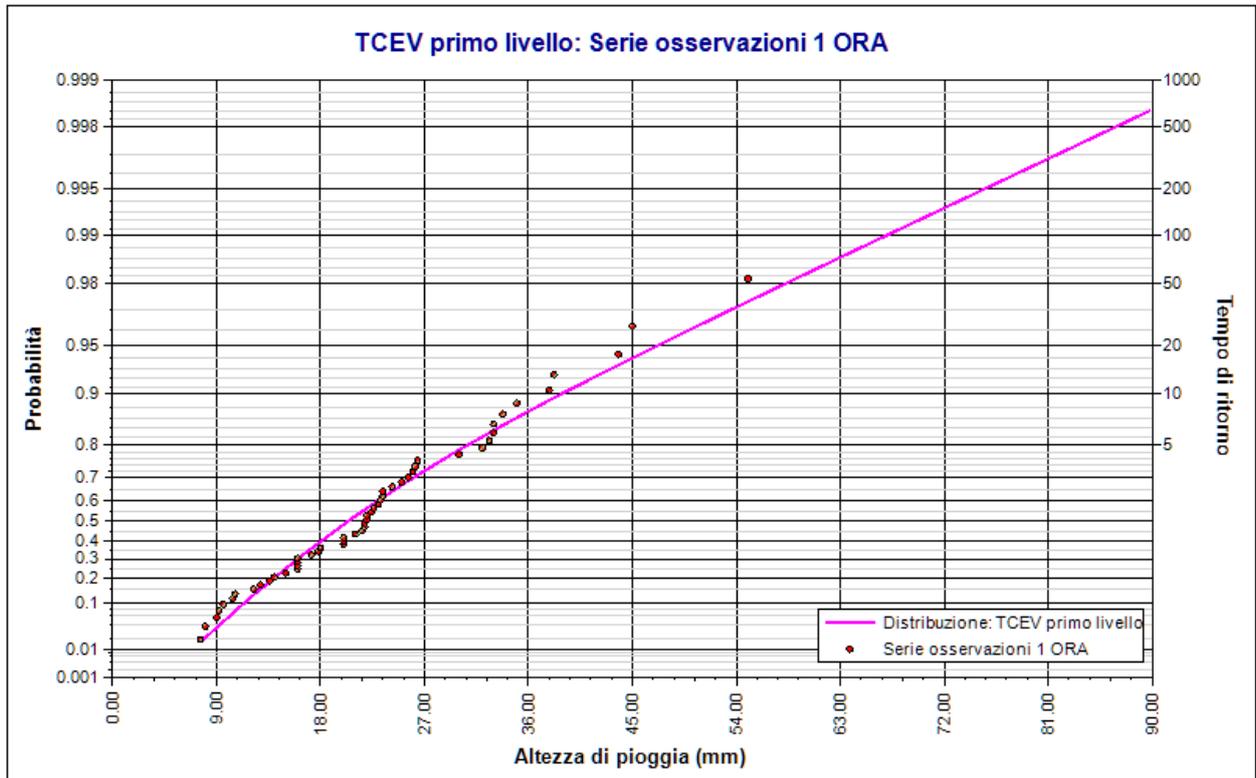
TCEV primo livello: Serie osservazioni 1 ORA	$F_X(x) = \exp \left[ -12.335 (83.521)^{-x} - 2.247 (6.563)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 3 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -15.956 (108.033)^{-x} - 2.506 (7.322)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 6 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -21.704 (146.955)^{-x} - 2.857 (8.345)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 12 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -22.775 (154.206)^{-x} - 2.916 (8.518)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 24 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -45.164 (305.796)^{-x} - 3.901 (11.395)^{-x} \right]$

### Frattili distribuzioni probabilistiche

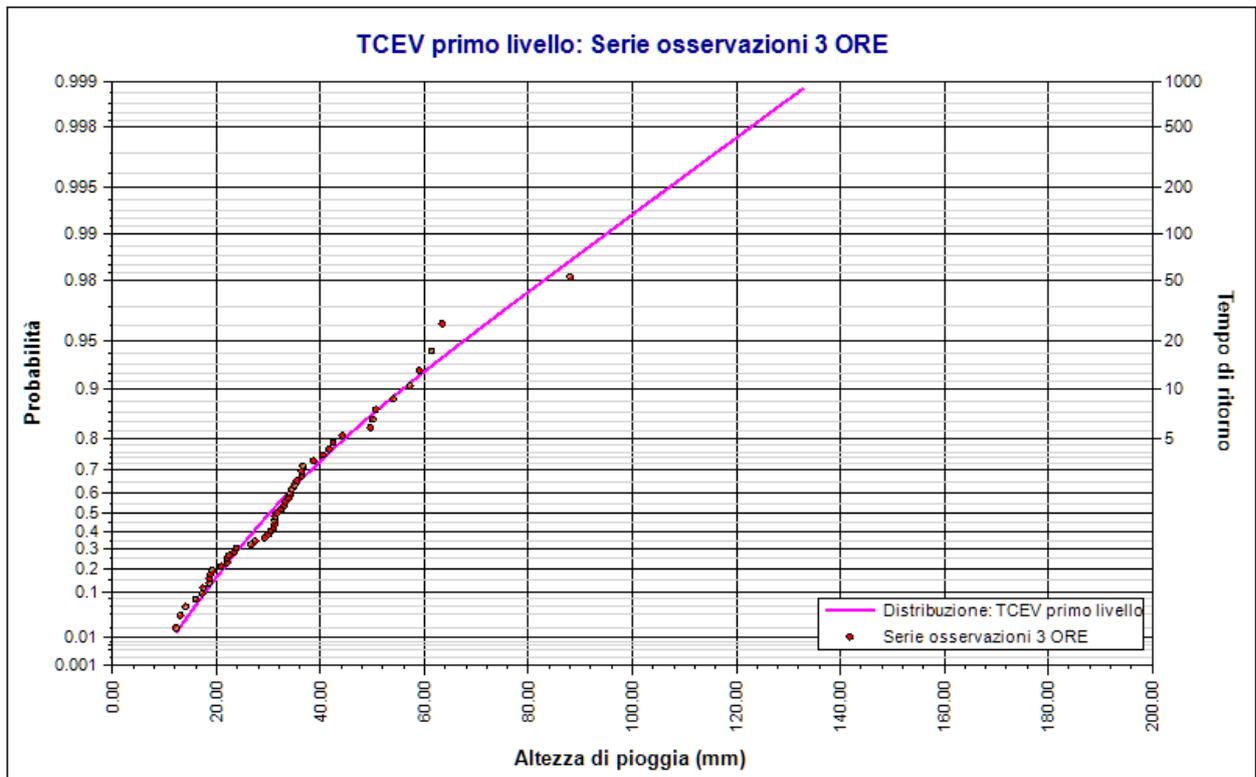
Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2 anni	20.33	30.17	37.82	46.72	56.83
5 anni	30.74	44.65	54.71	67.35	78.61
10 anni	38.81	55.87	67.80	83.35	95.49
20 anni	47.16	67.49	81.35	99.91	112.96
50 anni	58.42	83.15	99.62	122.23	136.52
100 anni	66.99	95.07	113.53	139.23	154.45
200 anni	75.57	107.01	127.46	156.24	172.41
500 anni	86.92	122.79	145.87	178.74	196.15
1000 anni	95.50	134.72	159.79	195.75	214.10

### Fattori di crescita

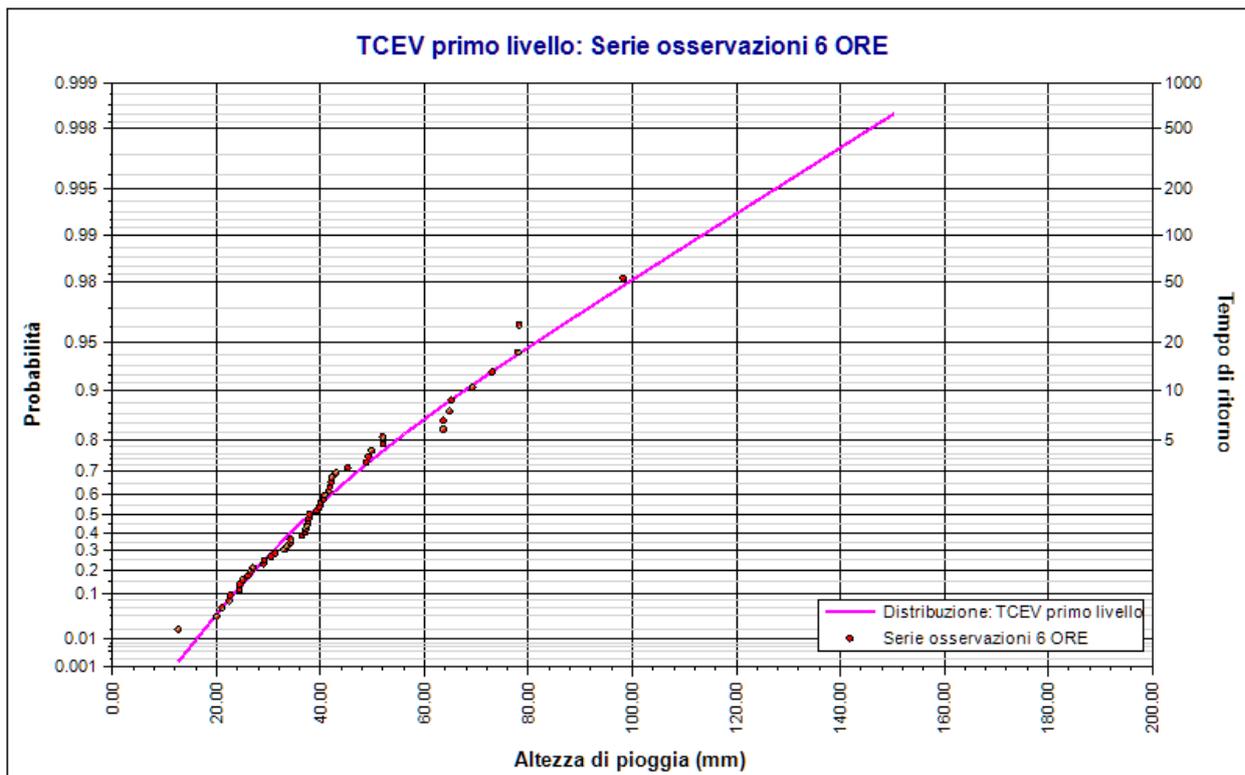
Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2 anni	0.87	0.88	0.89	0.89	0.90
5 anni	1.32	1.30	1.28	1.28	1.25
10 anni	1.67	1.63	1.59	1.59	1.52
20 anni	2.03	1.97	1.91	1.90	1.79
50 anni	2.51	2.43	2.34	2.33	2.17
100 anni	2.88	2.77	2.66	2.65	2.45
200 anni	3.25	3.12	2.99	2.97	2.74
500 anni	3.73	3.58	3.42	3.40	3.11
1000 anni	4.10	3.93	3.75	3.72	3.40



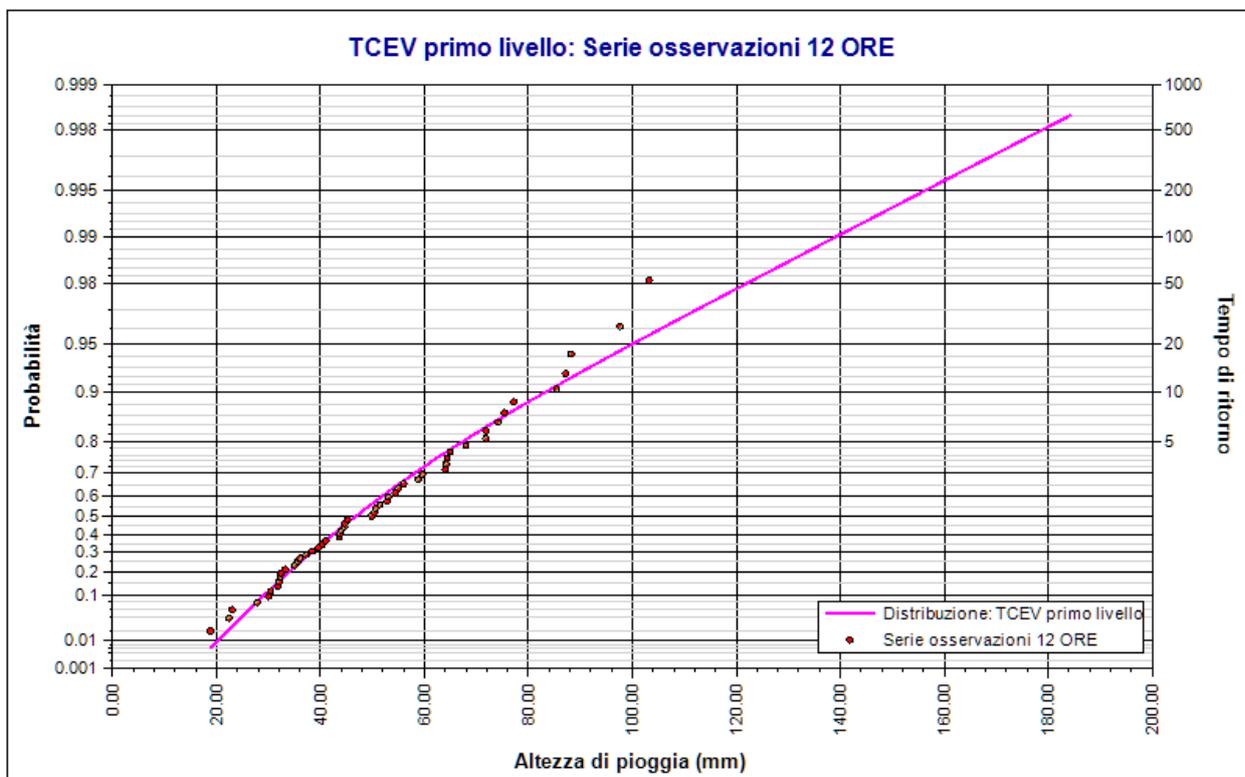
Elaborazione TCEV primo livello TOV\_DOWN\_200. TCEV primo livello: Serie osservazioni 1 ORA. Durata 1 ora



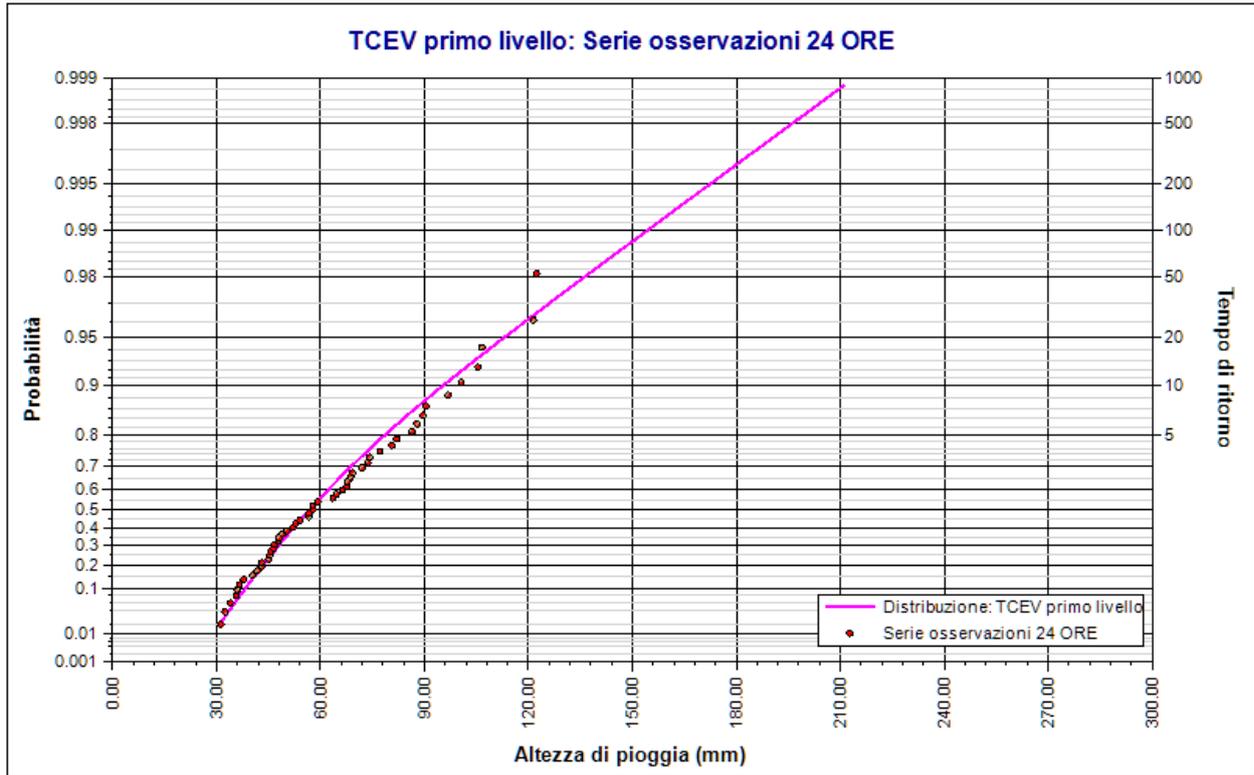
Elaborazione TCEV primo livello TOV\_DOWN\_200. TCEV primo livello: Serie osservazioni 3 ORE. Durata 3 ore



Elaborazione TCEV primo livello TOV\_DOWN\_200. TCEV primo livello: Serie osservazioni 6 ORE. Durata 6 ore



Elaborazione TCEV primo livello TOV\_DOWN\_200. TCEV primo livello: Serie osservazioni 12 ORE. Durata 12 ore



Elaborazione TCEV primo livello TOV\_DOWN\_200. TCEV primo livello: Serie osservazioni 24 ORE.  
Durata 24 ore

## Rapporto sulla curva di pioggia:

<b>Curva pioggia calcolata TCEV PRIMO LIVELLO TOV_DOWN_200</b>
--

## Dati Curva di pioggia

Tipo: Curva di pioggia calcolata

Elaborazione probabilistica: Elaborazione TCEV primo livello TOV\_DOWN\_200

Tempo di ritorno: 200.000 anni

Numero punti: 5

Durate di calcolo: 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore

## Tabella punti di calcolo

n	Durata		Altezza (mm)
	(ore)	(minuti)	
1	1.000	60	75.570
2	3.000	180	107.005
3	6.000	360	127.456
4	12.000	720	156.243
5	24.000	1440	172.407

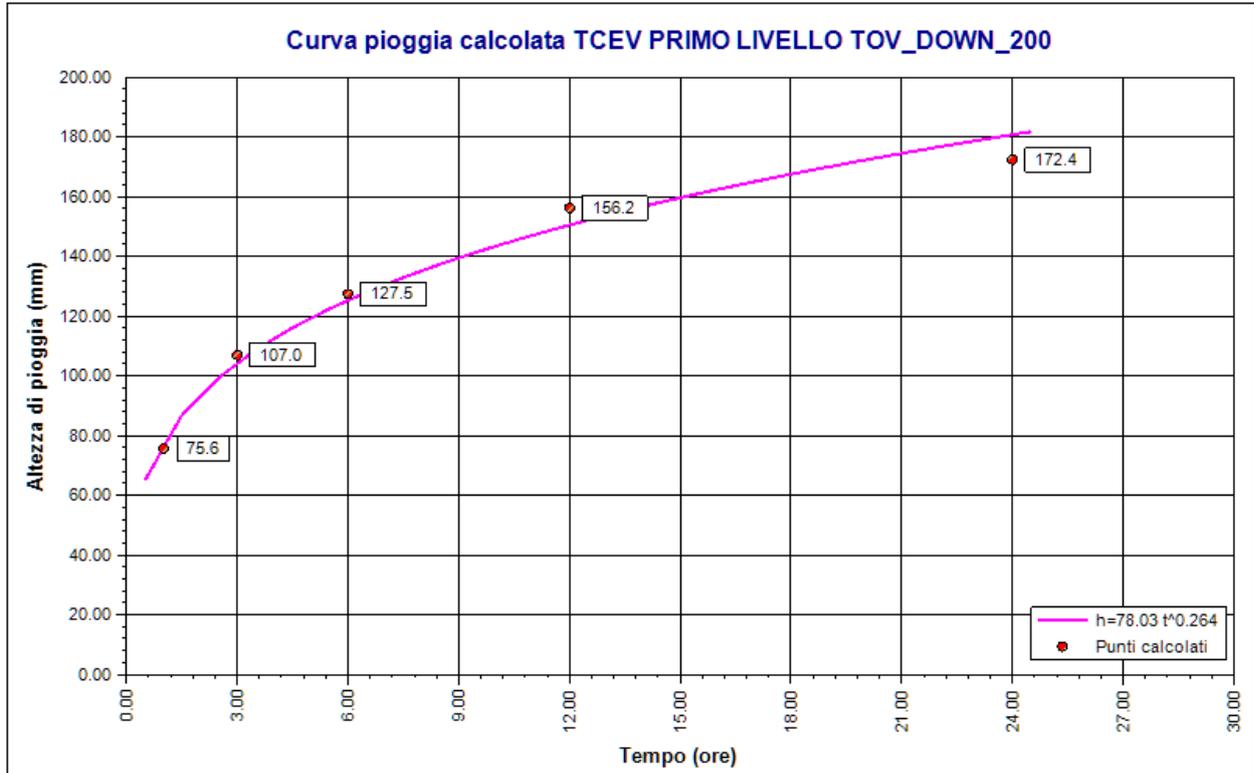
## Risultati interpolazione

Coefficienti curva			Espressione
a	n	correlazione (r)	
78.03	0.26	0.99	$h(t) = 78.0 t^{0.264}$

## Valori curva di pioggia

t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)
1	78.034	9	139.495	17	165.037
2	93.727	10	143.435	18	167.550
3	104.333	11	147.095	19	169.962
4	112.577	12	150.518	20	172.282
5	119.418	13	153.737	21	174.519
6	125.316	14	156.779	22	176.679
7	130.528	15	159.665	23	178.767

t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)
8	135.218	16	162.413	24	180.790



*Curva pioggia calcolata TCEV PRIMO LIVELLO TOV\_DOWN\_200*

## Rapporto pluviogramma sintetico:

<b>Pluviogramma sintetico TCEV I LIV TOV_DOWN_200</b>
---

## Dati Pluviogramma

**Tipo:** Pluviogramma sintetico

**Curva di pioggia:** Curva pioggia calcolata TCEV PRIMO LIVELLO TOV\_DOWN\_200

**Durata:** 0.355 ore

**Altezza di pioggia complessiva:** 61.910 mm

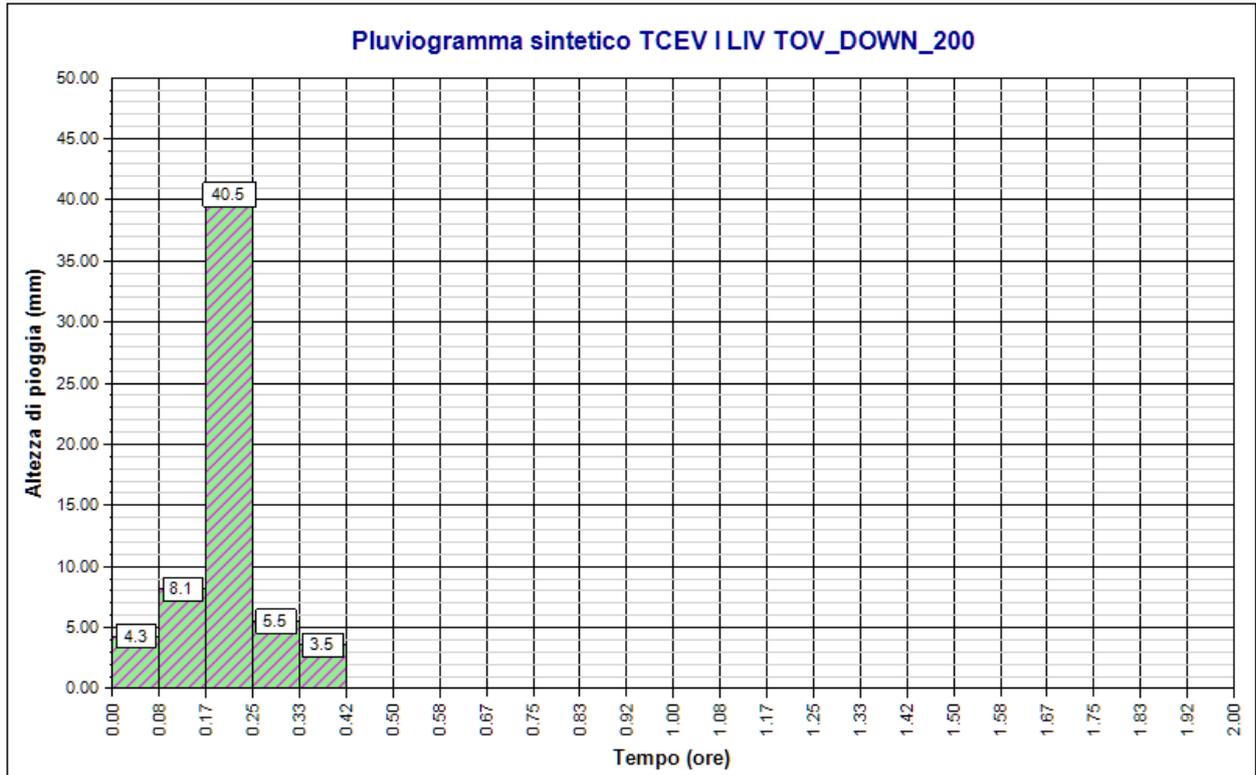
**Intervallo di discretizzazione:** 5

## Curva di pioggia

Coefficienti curva		Espressione
a	n	
78.03	0.26	<b><math>h(t) = 78.0 t^{0.264}</math></b>

## Tabella pluviogramma

n	Estremi intervallo (ore)		Estremi intervallo (minuti)		Altezza (mm)
	t(i)	t(i+1)	t(i)	t(i+1)	
1	0.000	0.083	0	5	4.274
2	0.083	0.167	5	10	8.136
3	0.167	0.250	10	15	40.455
4	0.250	0.333	15	20	5.498
5	0.333	0.417	20	25	3.547



*Pluviogramma sintetico TCEV I LIV TOV\_DOWN\_200*

**Rapporto idrogramma:****Idrogramma SCS TCEV I TOV\_DOWN\_200****Modello SCS-CN**

Il modello idrologico SCS-CN permette di simulare il deflusso superficiale in corrispondenza di una data precipitazione. Il processo di trasformazione afflussi-deflussi è suddiviso nelle seguenti fasi:

- a) Determinazione delle piogge nette;
- b) Trasformazione delle piogge nette in deflussi superficiali.

È necessario definire un pluviogramma, che viene considerato uniformemente distribuito sull'intero bacino.

Le piogge nette si calcolano, a partire dal pluviogramma, secondo il metodo del Curve Number (CN) proposto dall'SCS (Soil Conservation Service). L'equazione di continuità:

$$R = P - S$$

dove:

- $R$  è il deflusso fino all'istante  $t$  (mm)
- $P$  è la precipitazione fino all'istante  $t$  (mm)
- $S$  sono le perdite fino all'istante  $t$  (mm)

viene modificata ipotizzando che vi sia una relazione di proporzionalità tra perdite  $S$  e massima altezza immagazzinabile nel terreno a saturazione,  $S'$  (mm):

$$\frac{S}{S'} = \frac{R}{P}$$

e assume la forma seguente:

$$R = \frac{P^2}{P + S'} [mm]$$

che definisce l'andamento nel tempo del deflusso  $R$  nota la precipitazione  $P$  e la massima infiltrazione  $S'$ .

Considerando che un'aliquota di  $P$  si invasa nelle depressioni superficiali o si infiltra prima che il deflusso abbia inizio, si può scrivere:

$$R = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S'} [mm]$$

essendo  $Ia$  (mm) la perdita iniziale (*Initial abstraction*).

L'unico parametro del modello risulta quindi essere l'altezza massima immagazzinabile nel terreno a saturazione  $S'$  (mm), che si ricava dalla seguente formula:

$$S' = \frac{25400}{CN} - 254$$

dove  $CN$  (*Curve Number*) è un indice compreso tra 0 e 100 fornito dalle tabelle SCS in funzione del tipo di terreno, dell'utilizzazione del suolo e delle condizioni antecedenti di umidità.

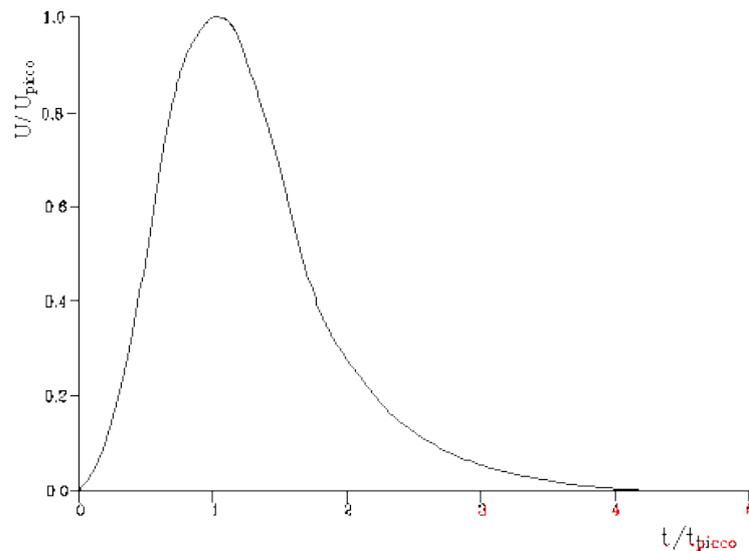
La trasformazione afflussi-deflussi quindi è ottenuta tramite l'idrogramma unitario SCS (1972) di seguito riportato, che richiede come unico parametro il tempo  $t_{LAG}$  (ore) pari al ritardo tra il baricentro del diagramma delle piogge nette e il picco dell'idrogramma unitario. Si può porre  $t_{LAG}=0,6 t_c$  con  $t_c$  tempo di corrivazione del bacino in esame.

L'istante e la portata di picco rispetto alla precipitazione unitaria sono calcolati come:

$$t_{picco} = 0,5\Delta t + t_{lag}$$

$$U_{picco} = 0,2084 \frac{A}{t_{picco}}$$

dove  $t_{picco}$  è il tempo in ore del picco dell'idrogramma unitario,  $\Delta t$  è l'intervallo di calcolo espresso in ore,  $U_{picco}$  è la portata massima dell'idrogramma unitario espressa in  $m^3/s/mm$  e  $A$  è l'area del sottobacino misurata in  $km^2$ .



*Idrogramma unitario adimensionalizzato SCS*

La portata è ottenuta tramite la sommatoria che discretizza l'integrale di convoluzione:

$$Q(i) = \sum_{j=1}^i U(j)P(i-j+1)$$

dove  $Q(i)$  è la portata alla fine dell'intervallo  $i$ -esimo,  $U(j)$  è la  $j$ -esima ordinata dell'idrogramma unitario, ricavabile dalla precedente figura, e  $P(i)$  è la pioggia netta all'intervallo  $i$ -esimo.

### Dati Idrogramma

Tipo: Idrogramma SCS

**Pluviogramma di input:** Pluviogramma sintetico TCEV I LIV TOV\_DOWN\_200

**Superficie del bacino:** 1.1 kmq

**Tlag:** 0.355 ore

**Astrazione iniziale:** 2.0 mm

**Curve Number:** 75.0

**Intervallo di calcolo:** 5 minuti

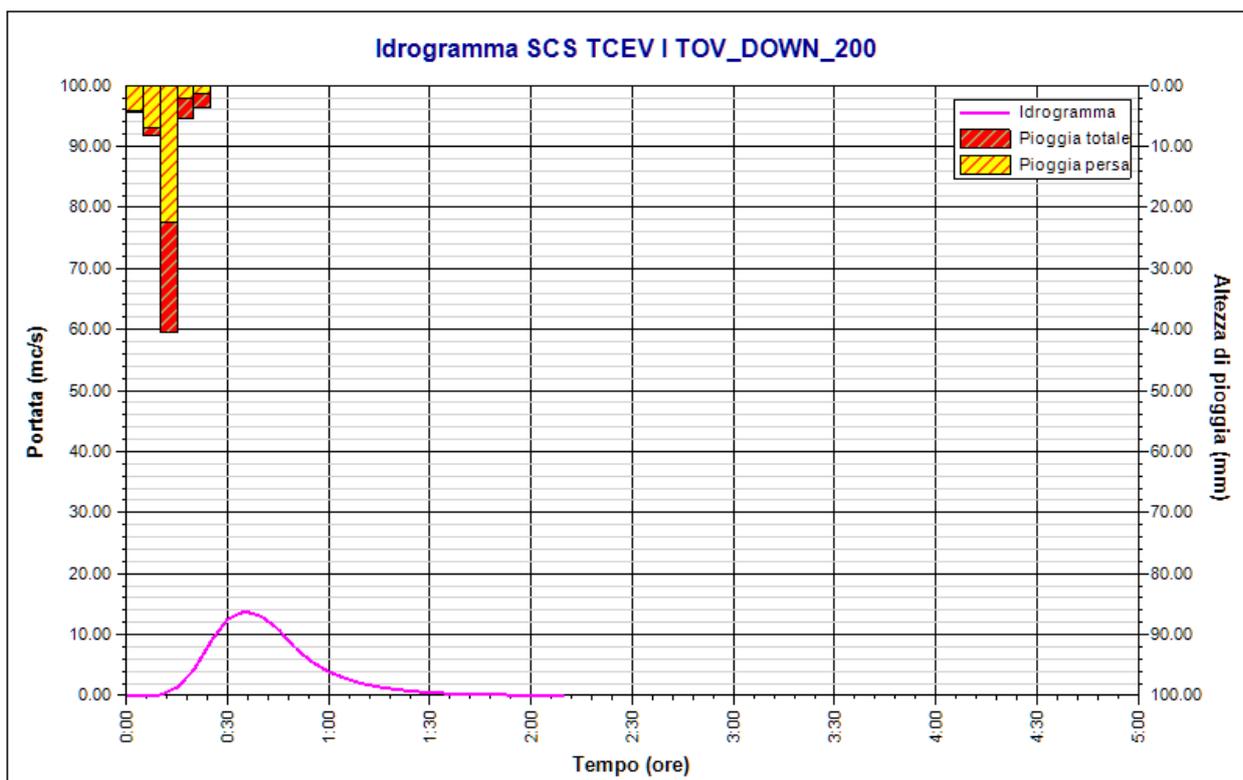
### Tabella idrogramma

n	Tempo		Afflusso (mm)	Pioggia persa (mm)	Pioggia netta (mm)	Portata (mc/s)
	(ore)	(minuti)				
1	0.000	0	4.274	4.215	0.059	0.0
2	0.083	5	8.136	7.056	1.080	0.0
3	0.167	10	40.455	22.505	17.950	0.1
4	0.250	15	5.498	2.062	3.436	1.3
5	0.333	20	3.547	1.247	2.300	4.2
6	0.417	25	0.000	0.000	0.000	8.8
7	0.500	30	0.000	0.000	0.000	12.5
8	0.583	35	0.000	0.000	0.000	13.8
9	0.667	40	0.000	0.000	0.000	13.0
10	0.750	45	0.000	0.000	0.000	10.9
11	0.833	50	0.000	0.000	0.000	7.8
12	0.917	55	0.000	0.000	0.000	5.5
13	1.000	60	0.000	0.000	0.000	3.9
14	1.083	65	0.000	0.000	0.000	2.8
15	1.167	70	0.000	0.000	0.000	1.9
16	1.250	75	0.000	0.000	0.000	1.4
17	1.333	80	0.000	0.000	0.000	1.0
18	1.417	85	0.000	0.000	0.000	0.7
19	1.500	90	0.000	0.000	0.000	0.5
20	1.583	95	0.000	0.000	0.000	0.3
21	1.667	100	0.000	0.000	0.000	0.2
22	1.750	105	0.000	0.000	0.000	0.1
23	1.833	110	0.000	0.000	0.000	0.1
24	1.917	115	0.000	0.000	0.000	0.1
25	2.000	120	0.000	0.000	0.000	0.1
26	2.083	125	0.000	0.000	0.000	0.0
27	2.167	130	0.000	0.000	0.000	0.0

### Tabella risultati

Parametro	Valore	U.M.
Portata massima	13.8	mc/s
Istante picco	0.583	ore

Parametro	Valore	U.M.
Istante picco	35.0	minuti
Durata totale evento	2.167	ore
Volume afflusso	68	mc x 1000
Volume deflusso	27	mc x 1000
Altezza afflusso	61.910	mm
Altezza deflusso	24.852	mm
Coeff. deflusso	0.40	-
Coeff. udometrico	12.56	mc/s/kmq



Idrogramma SCS TCEV I TOV\_DOWN\_200

## Rapporto sulla stazione di misura:

<b>SERRACAPRIOLA-TOV_DOWN_500</b>
-----------------------------------

**Descrizione**

TOVAGLIA\_DOWN

**Dati Stazione****Codice:** 16249**Bacino:** TOV\_DOWN**Comune:** SERRACAPRIOLA**Quota:** 270.0 m s.l.m.**Latitudine:** 41,8**Longtudine:** 15,15**Dati Serie****Serie presenti:** 5**Durate presenti:** 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore**Minima dimensione serie:** 51**Massima dimensione serie:** 52

<b>Serie n. 1</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 1 ORA
<b>Durata</b>	1 ora
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 2</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 3 ORE
<b>Durata</b>	3 ore
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 3</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 6 ORE
<b>Durata</b>	6 ore
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 4</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 12 ORE
<b>Durata</b>	12 ore

<b>Serie n. 4</b>	
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 5</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 24 ORE
<b>Durata</b>	24 ore
<b>Descrizione</b>	

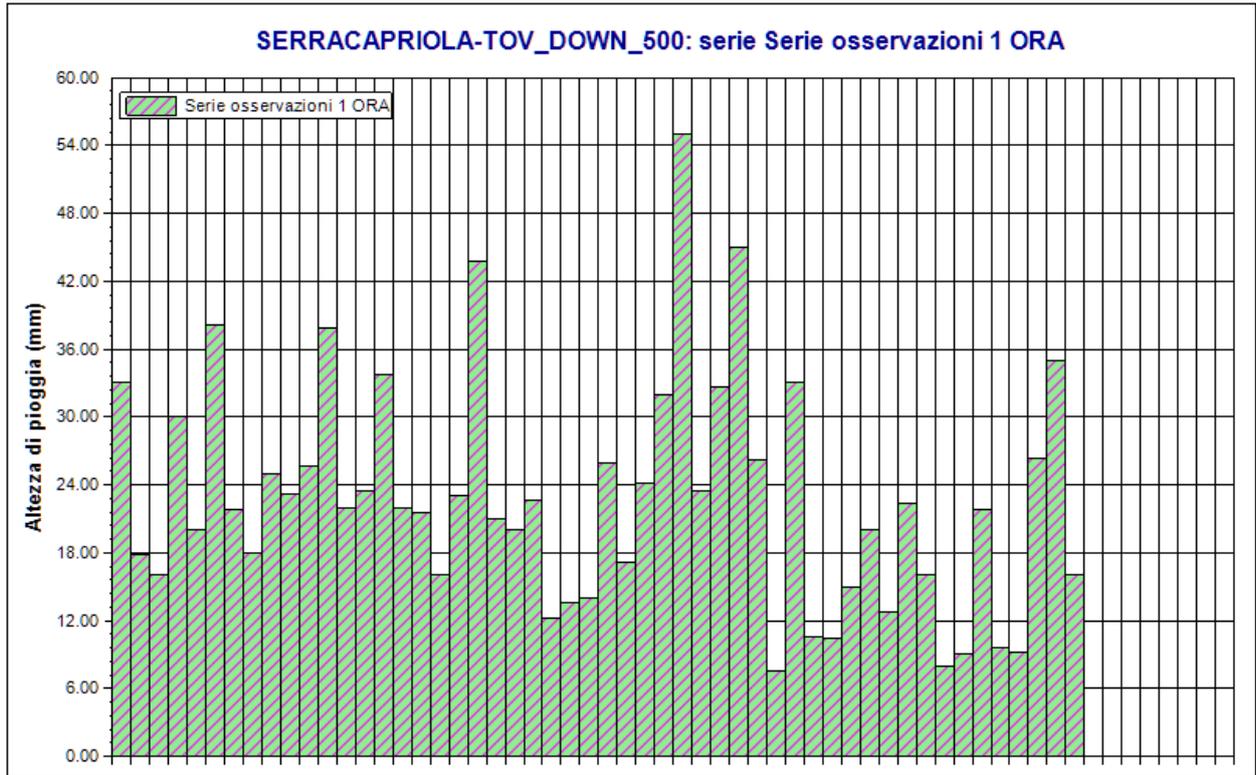
### Serie osservazioni

n	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1	33.0	18.6	29.0	32.4	50.2
2	17.8	18.8	37.8	75.4	89.6
3	16.0	34.4	41.6	53.0	69.2
4	30.0	30.4	30.4	30.4	34.0
5	20.0	59.0	63.6	65.0	68.6
6	38.2	44.2	63.6	64.2	66.4
7	21.8	31.2	41.8	64.4	74.2
8	18.0	41.6	52.0	59.6	82.0
9	25.0	34.2	40.6	50.6	52.2
10	23.2	54.0	73.0	88.2	121.4
11	25.6	57.2	78.2	87.2	87.8
12	37.8	40.4	49.2	58.8	59.2
13	22.0	33.0	39.2	41.0	49.0
14	23.4	36.4	36.4	37.2	37.8
15	33.8	61.4	78.0	85.4	105.4
16	22.0	33.2	33.6	55.0	67.6
17	21.6	32.4	45.2	64.0	96.8
18	16.0	26.6	37.2	44.0	56.6
19	23.0	49.6	49.8	71.8	72.0
20	43.8	33.8	34.2	35.6	43.0
21	21.0	31.6	37.8	43.8	45.4
22	20.0	31.2	48.8	54.4	64.6
23	22.6	23.4	40.8	45.2	45.6
24	12.2	27.4	34.2	49.8	67.8
25	13.6	23.8	26.6	33.2	36.0
26	14.0	36.6	37.4	38.4	46.4
27	26.0	20.8	22.6	27.8	46.8
28	17.2	38.6	42.2	56.0	106.6
29	24.2	35.4	42.0	44.6	63.6
30	32.0	88.0	98.2	103.2	122.4
31	55.0	31.2	37.6	50.4	54.0
32	23.4	42.4	43.0	43.6	57.8

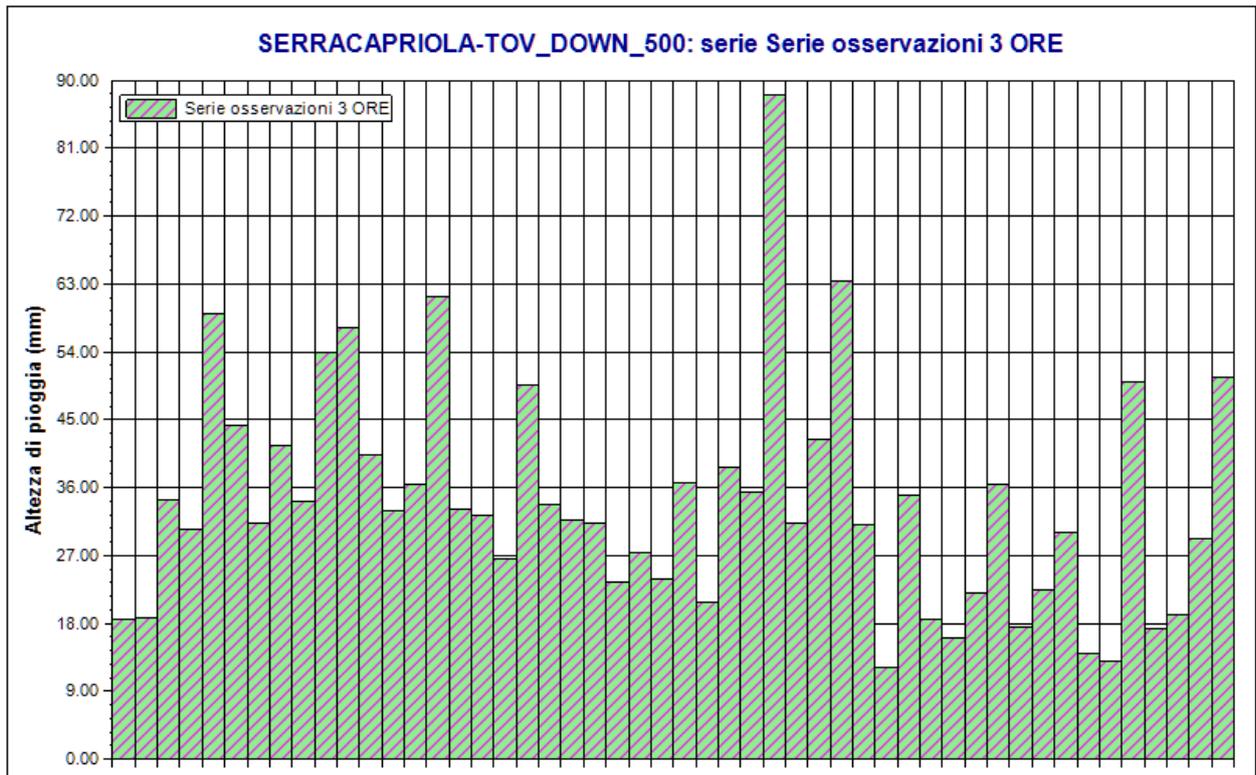
n	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
33	32.6	63.4	69.2	77.2	77.2
34	45.0	31.0	31.2	32.2	43.0
35	26.2	12.2	12.6	18.8	31.2
36	7.6	35.0	39.8	40.4	40.4
37	33.0	18.6	27.0	39.6	56.6
38	10.6	16.0	24.4	35.0	36.6
39	10.4	22.0	37.0	74.2	80.6
40	15.0	36.4	52.0	52.8	52.8
41	20.0	17.4	24.4	30.0	48.0
42	12.8	22.4	22.4	22.4	35.6
43	22.4	30.0	40.0	68.0	90.4
44	16.0	14.0	20.0	23.0	45.0
45	8.0	13.0	25.0	44.6	57.8
46	9.0	50.0	64.8	71.8	73.6
47	21.8	17.2	21.0	32.0	32.4
48	9.6	19.2	26.0	31.8	41.8
49	9.2	29.2	29.2	51.4	86.4
50	26.4	50.6	65.2	97.6	100.6
51	35.0	22.0	33.0	36.0	47.8
52	16.0	-	-	-	-

### Dati Statistici

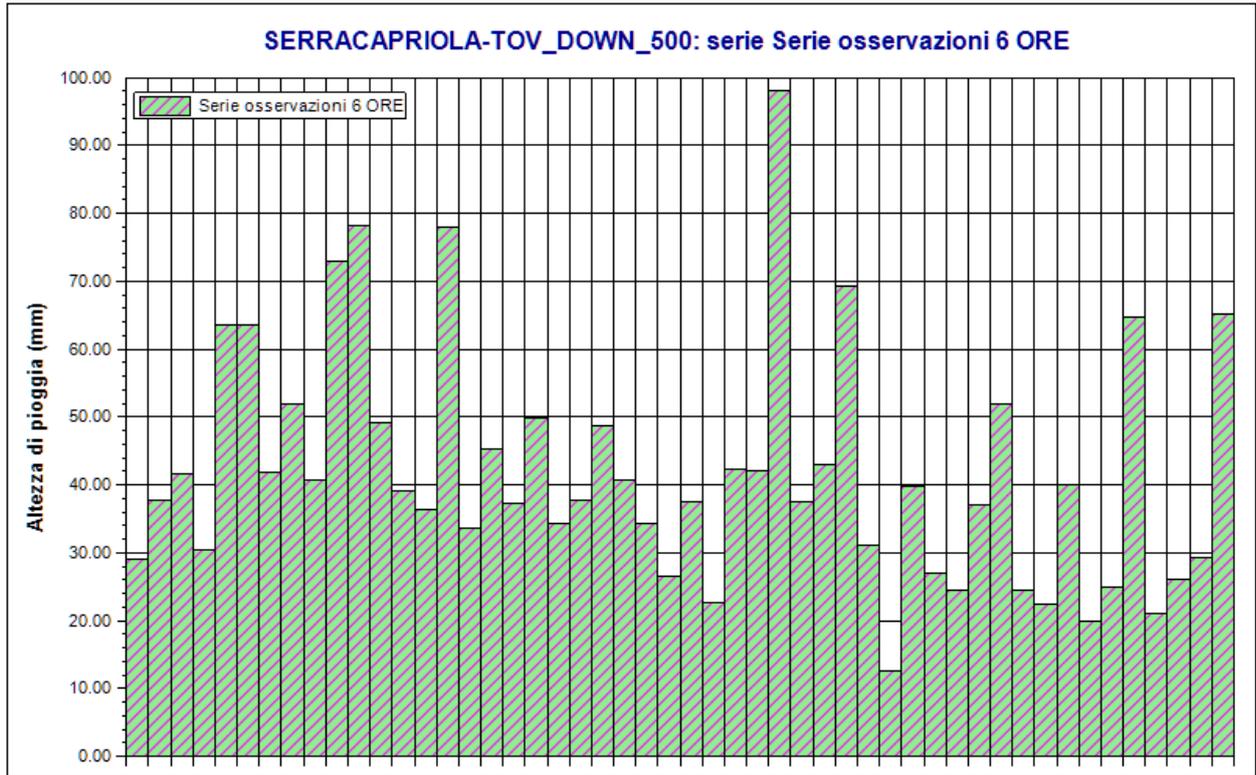
Parametro	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Dimensione campione	52	51	51	51	51
Somma dei dati	1179.8	1720.4	2129.8	2632.4	3217.8
Valore minimo	7.6	12.2	12.6	18.8	31.2
Valore massimo	55.0	88.0	98.2	103.2	122.4
Valore medio	22.69	33.73	41.76	51.62	63.09
Dev. standard	10.12	15.04	17.34	20.06	23.34
Coef. variazione	0.446	0.446	0.415	0.389	0.370
Coef. asimmetria	0.906	1.200	1.129	0.675	0.820



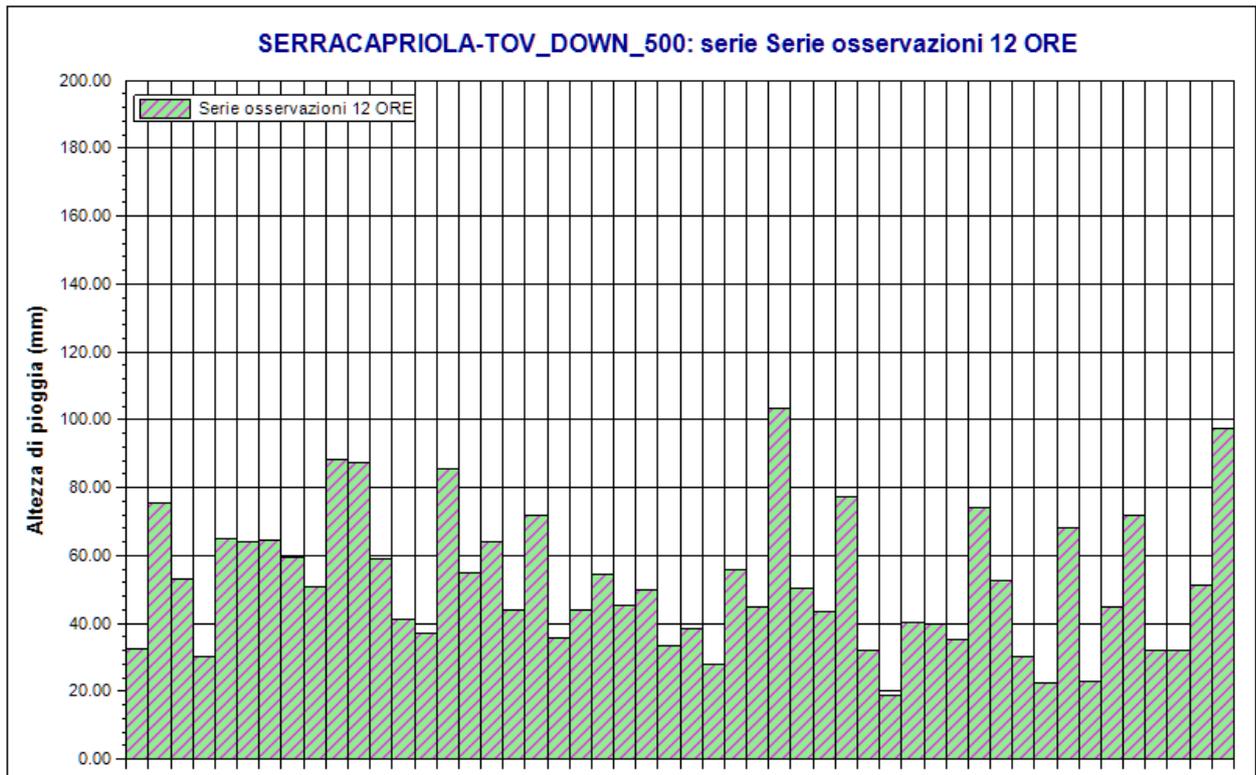
*SERRACAPRIOLA-TOV\_DOWN\_500. Serie osservazioni 1 ORA. Durata 1 ora*



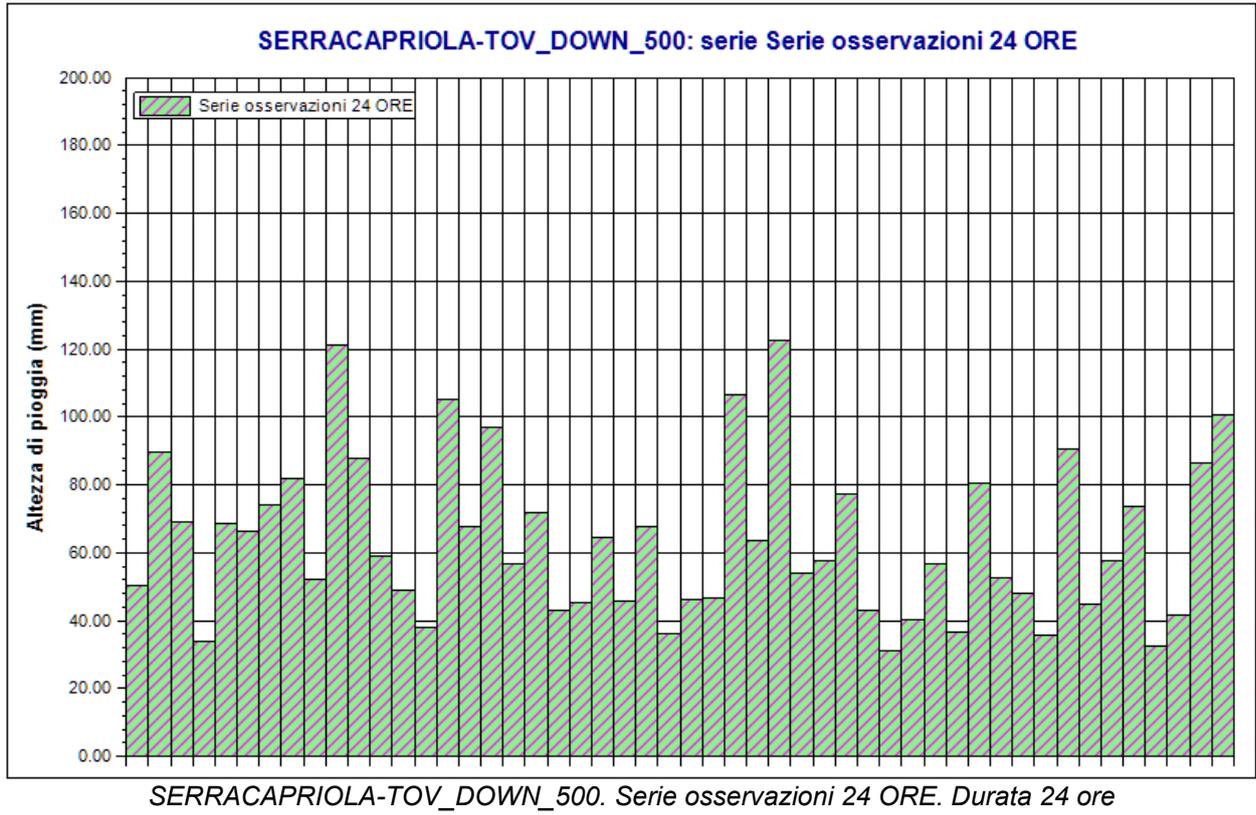
*SERRACAPRIOLA-TOV\_DOWN\_500. Serie osservazioni 3 ORE. Durata 3 ore*



SERRACAPRIOLA-TOV\_DOWN\_500. Serie osservazioni 6 ORE. Durata 6 ore



SERRACAPRIOLA-TOV\_DOWN\_500. Serie osservazioni 12 ORE. Durata 12 ore



**Rapporto sull'elaborazione probabilistica:****Elaborazione TCEV primo livello TOV\_DOWN\_500****Modello TCEV (Two Components Extreme Value)**

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 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  $\Lambda_1$  e  $\Lambda_2$  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 ha che la CDF di  $y$  è data da:

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

avendo posto:

$$\mathcal{G}_* = \frac{\mathcal{G}_2}{\mathcal{G}_1} \quad \text{e} \quad \Lambda_* = \frac{\Lambda_2}{\Lambda_1^{1/\mathcal{G}_*}}$$

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  $\Gamma$  si è indicata la funzione gamma:

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

Il coefficiente di variazione teorico dipende da  $\Lambda_1$ ,  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  ed è quindi indipendente da  $\mathcal{G}_1$ .

Il coefficiente di asimmetria teorico dipende da  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  ed è quindi indipendente da  $\Lambda_1$  e  $\mathcal{G}_1$ .

### **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  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  e delle sottoregioni di queste, più limitate, in cui sia costante pure il coefficiente di variazione e, quindi, il parametro  $\Lambda_1$ .

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  $\Lambda^*$  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  $\Lambda^*$ ,  $\mathcal{G}^*$  e  $\Lambda_1$ .  $\Lambda_1$  può quindi essere stimato in base a tutte le serie storiche ricadenti nella sottozona.

In una sottozona rimane costante la CDF di  $x/\mu$ . Infatti dall'espressione della CDF della TCEV, introducendo i parametri  $\Lambda^*$  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

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

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:

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

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

b) Al livello di regionalizzazione uno, in cui i parametri  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  sono stimati a livello regionale e  $\Lambda_1$  e  $\mathcal{G}_1$  dalla singola serie:

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

c) Al livello di regionalizzazione due, in cui i parametri  $\Lambda^*$ ,  $\mathcal{G}^*$  e  $\Lambda_1$  sono stimati a livello regionale e  $\mathcal{G}_1$  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:

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

## Dati Elaborazione

**Stazione di misura:** SERRACAPRIOLA-TOV\_DOWN\_500

**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	52	51	51	51	51
Valore medio	22.69	33.73	41.76	51.62	63.09
Dev. standard	10.12	15.04	17.34	20.06	23.34
<b>Parametri regionali</b>					
Descrizione	Parametri zona: Puglia - Durata: Unica				
Lambda*	0.77200	0.77200	0.77200	0.77200	0.77200
Teta*	2.35200	2.35200	2.35200	2.35200	2.35200
<b>Parametri stimati</b>					
Lambda 1	12.33540	15.95556	21.70403	22.77489	45.16353
Teta 1	5.26146	7.31896	8.53805	10.43280	11.00886
Lambda 2	2.24669	2.50645	2.85676	2.91586	3.90107
Teta 2	12.37496	17.21418	20.08149	24.53794	25.89284

### Espressioni delle CDF della distribuzione

TCEV primo livello: Serie osservazioni 1 ORA	$F_x(x) = \exp \left[ -12.34 \exp \left( -\frac{x}{5.261} \right) - 2.25 \exp \left( -\frac{x}{12.375} \right) \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 3 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -15.96 \exp \left( -\frac{x}{7.319} \right) - 2.51 \exp \left( -\frac{x}{17.214} \right) \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 6 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -21.70 \exp \left( -\frac{x}{8.538} \right) - 2.86 \exp \left( -\frac{x}{20.081} \right) \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 12 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -22.77 \exp \left( -\frac{x}{10.433} \right) - 2.92 \exp \left( -\frac{x}{24.538} \right) \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 24 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -45.16 \exp \left( -\frac{x}{11.009} \right) - 3.90 \exp \left( -\frac{x}{25.893} \right) \right]$

### Espressioni delle Curve di crescita

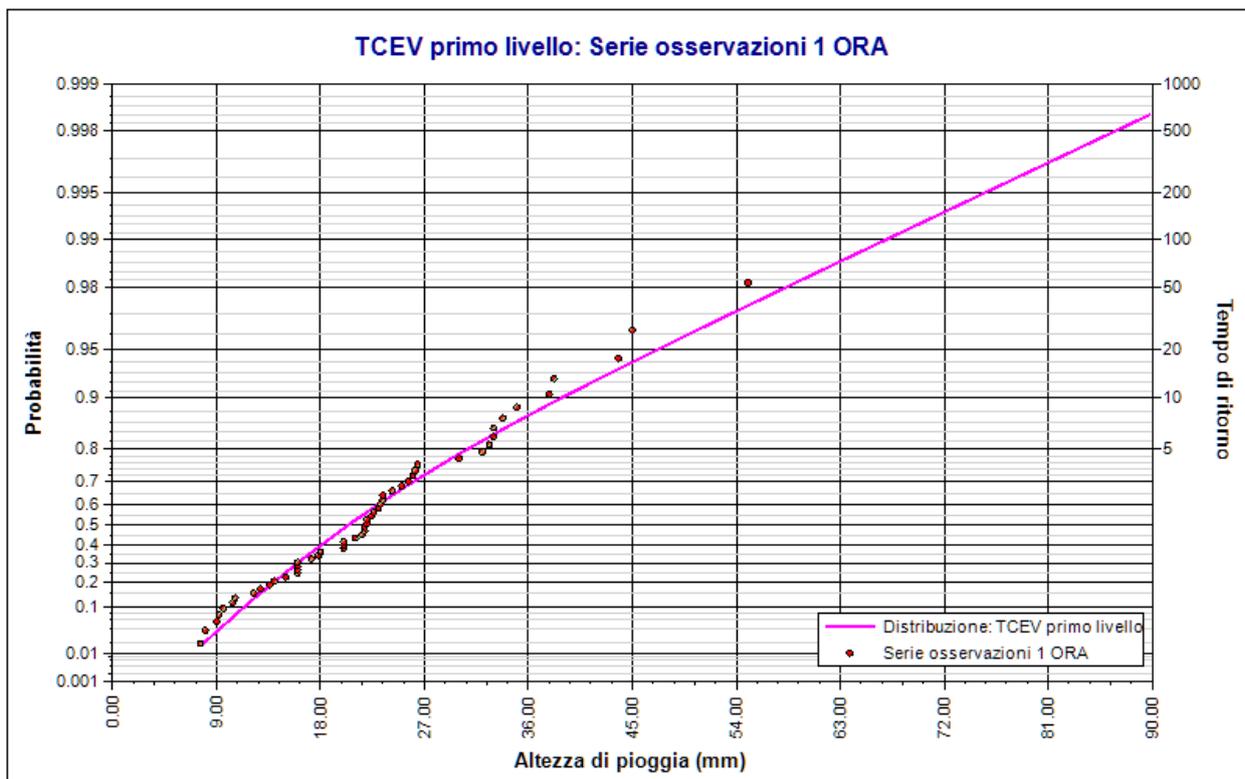
TCEV primo livello: Serie osservazioni 1 ORA	$F_X(x) = \exp \left[ -12.335 (83.521)^{-x} - 2.247 (6.563)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 3 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -15.956 (108.033)^{-x} - 2.506 (7.322)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 6 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -21.704 (146.955)^{-x} - 2.857 (8.345)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 12 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -22.775 (154.206)^{-x} - 2.916 (8.518)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 24 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -45.164 (305.796)^{-x} - 3.901 (11.395)^{-x} \right]$

### Frattili distribuzioni probabilistiche

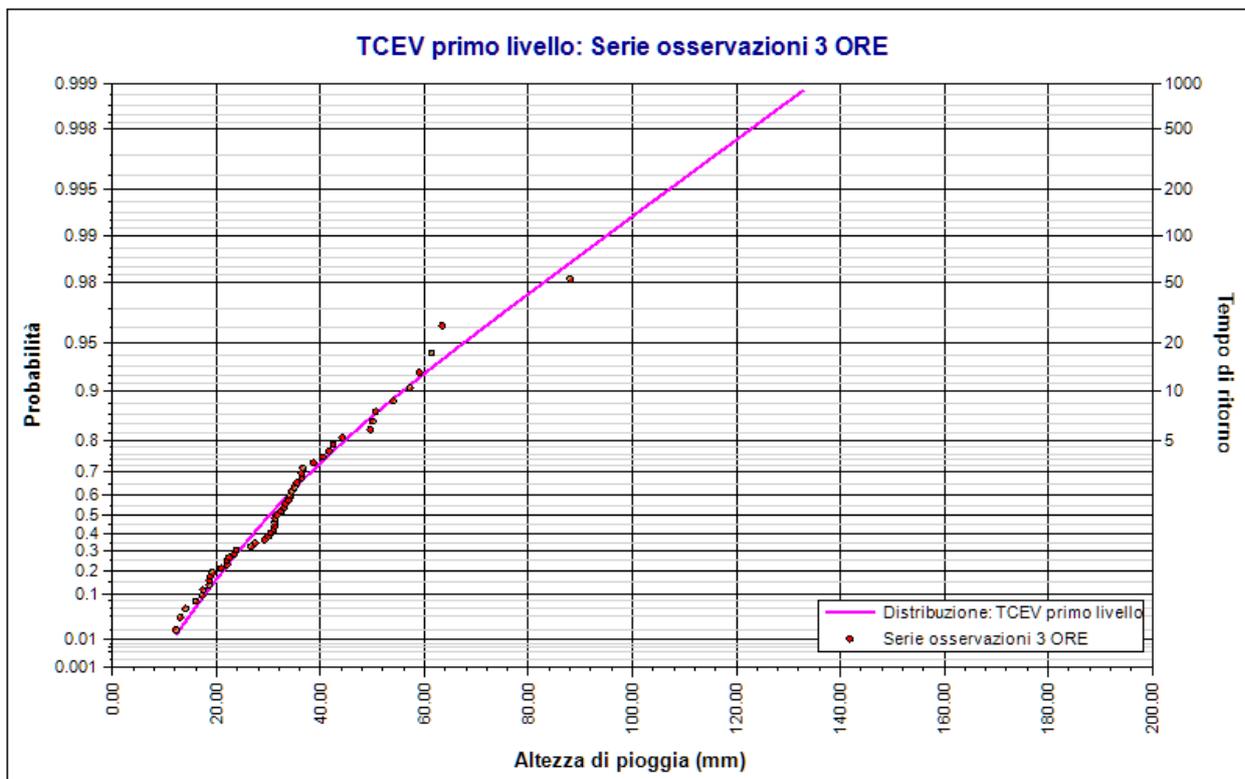
Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2 anni	20.33	30.17	37.82	46.72	56.83
5 anni	30.74	44.65	54.71	67.35	78.61
10 anni	38.81	55.87	67.80	83.35	95.49
20 anni	47.16	67.49	81.35	99.91	112.96
50 anni	58.42	83.15	99.62	122.23	136.52
100 anni	66.99	95.07	113.53	139.23	154.45
200 anni	75.57	107.01	127.46	156.24	172.41
500 anni	86.92	122.79	145.87	178.74	196.15
1000 anni	95.50	134.72	159.79	195.75	214.10

### Fattori di crescita

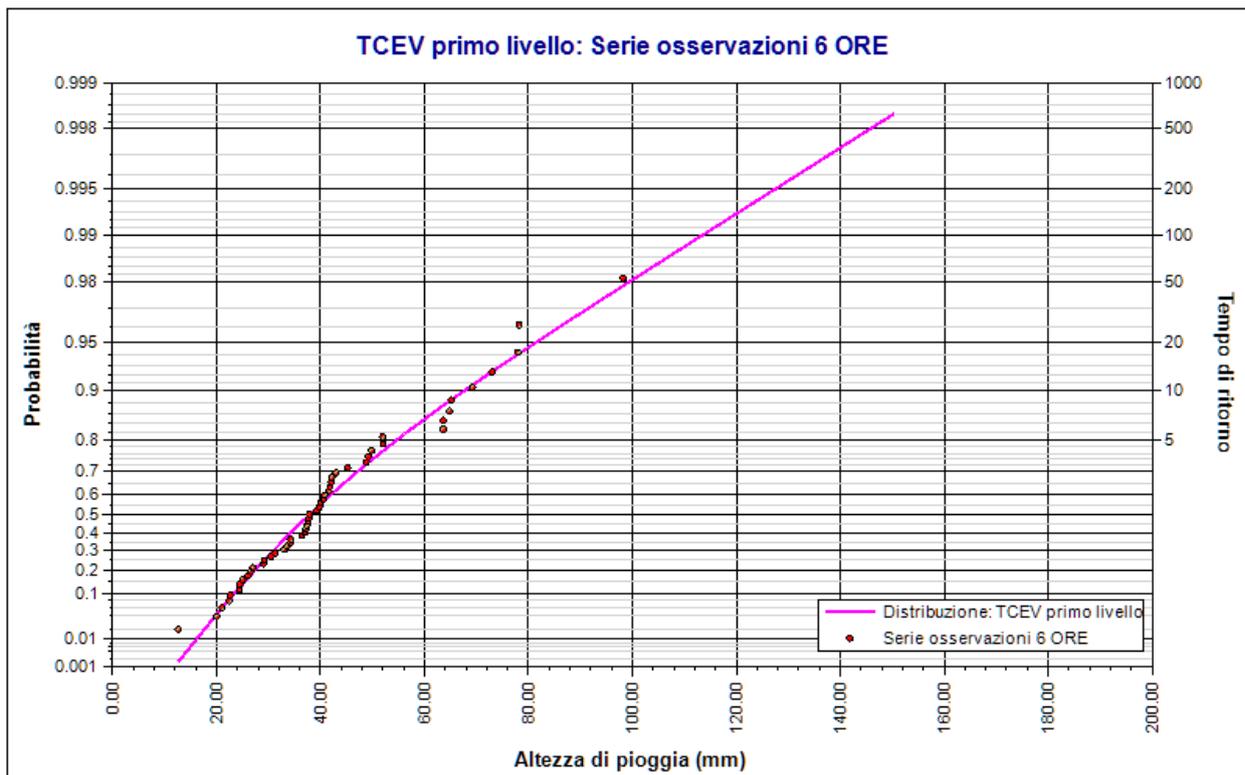
Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2 anni	0.87	0.88	0.89	0.89	0.90
5 anni	1.32	1.30	1.28	1.28	1.25
10 anni	1.67	1.63	1.59	1.59	1.52
20 anni	2.03	1.97	1.91	1.90	1.79
50 anni	2.51	2.43	2.34	2.33	2.17
100 anni	2.88	2.77	2.66	2.65	2.45
200 anni	3.25	3.12	2.99	2.97	2.74
500 anni	3.73	3.58	3.42	3.40	3.11
1000 anni	4.10	3.93	3.75	3.72	3.40



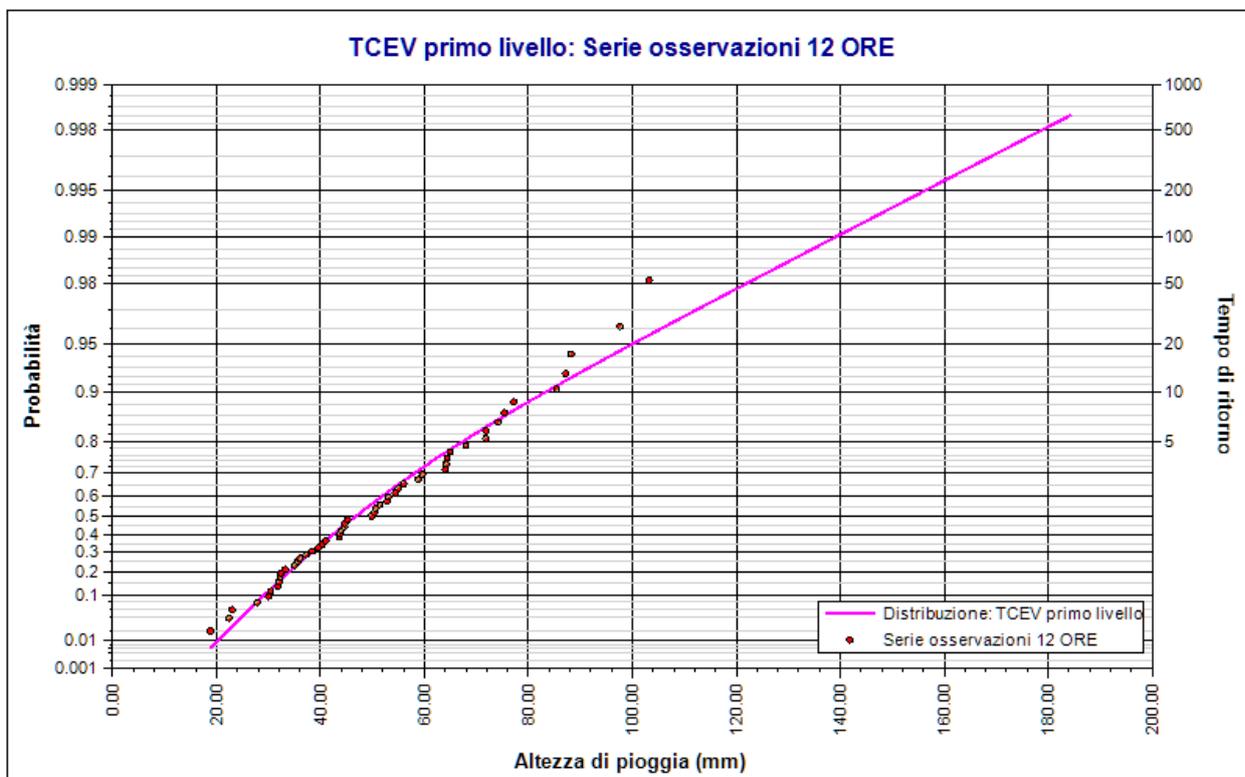
Elaborazione TCEV primo livello TOV\_DOWN\_500. TCEV primo livello: Serie osservazioni 1 ORA. Durata 1 ora



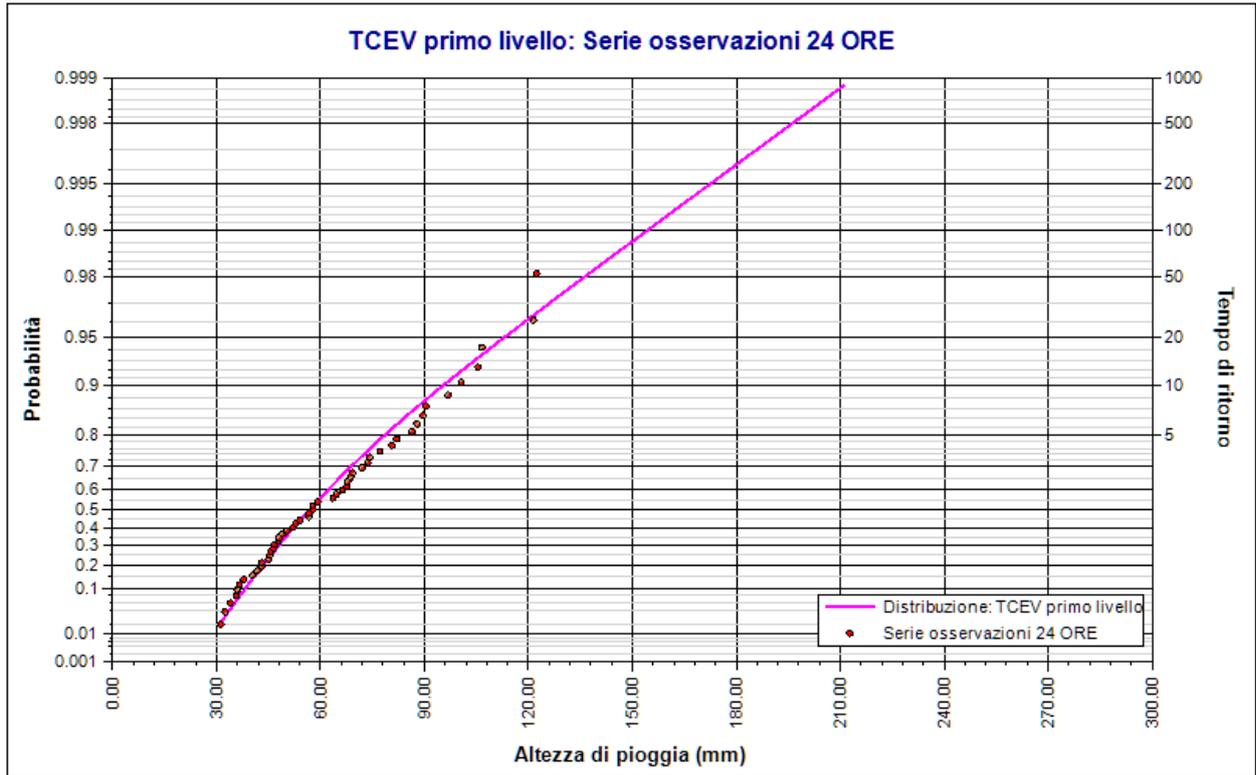
Elaborazione TCEV primo livello TOV\_DOWN\_500. TCEV primo livello: Serie osservazioni 3 ORE. Durata 3 ore



Elaborazione TCEV primo livello TOV\_DOWN\_500. TCEV primo livello: Serie osservazioni 6 ORE. Durata 6 ore



Elaborazione TCEV primo livello TOV\_DOWN\_500. TCEV primo livello: Serie osservazioni 12 ORE. Durata 12 ore



Elaborazione TCEV primo livello TOV\_DOWN\_500. TCEV primo livello: Serie osservazioni 24 ORE.  
Durata 24 ore

## Rapporto sulla curva di pioggia:

<b>Curva pioggia calcolata TCEV PRIMO LIVELLO TOV_DOWN_500</b>
--

## Dati Curva di pioggia

Tipo: Curva di pioggia calcolata

Elaborazione probabilistica: Elaborazione TCEV primo livello TOV\_DOWN\_500

Tempo di ritorno: 500.000 anni

Numero punti: 5

Durate di calcolo: 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore

## Tabella punti di calcolo

n	Durata		Altezza (mm)
	(ore)	(minuti)	
1	1.000	60	86.915
2	3.000	180	122.787
3	6.000	360	145.866
4	12.000	720	178.739
5	24.000	1440	196.145

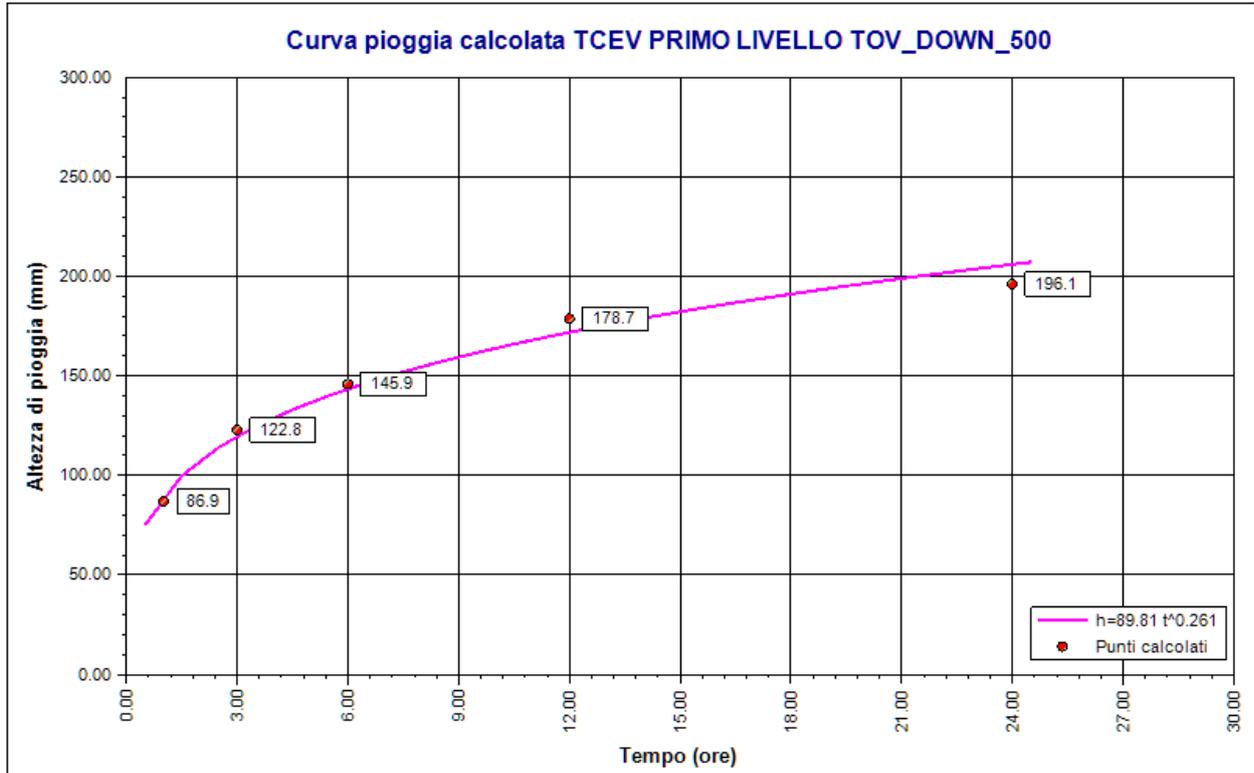
## Risultati interpolazione

Coefficienti curva			Espressione
a	n	correlazione (r)	
89.81	0.26	0.99	$h(t) = 89.8 t^{0.261}$

## Valori curva di pioggia

t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)
1	89.811	9	159.441	17	188.257
2	107.638	10	163.890	18	191.089
3	119.664	11	168.021	19	193.807
4	129.003	12	171.884	20	196.421
5	136.746	13	175.516	21	198.940
6	143.417	14	178.947	22	201.373
7	149.310	15	182.201	23	203.725

t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)
8	154.610	16	185.299	24	206.002



*Curva pioggia calcolata TCEV PRIMO LIVELLO TOV\_DOWN\_500*

## Rapporto pluviogramma sintetico:

<b>Pluviogramma sintetico TCEV I LIV TOV_DOWN_500</b>
---

## Dati Pluviogramma

Tipo: Pluviogramma sintetico

Curva di pioggia: Curva pioggia calcolata TCEV PRIMO LIVELLO TOV\_DOWN\_500

Durata: 0.355 ore

Altezza di pioggia complessiva: 71.451 mm

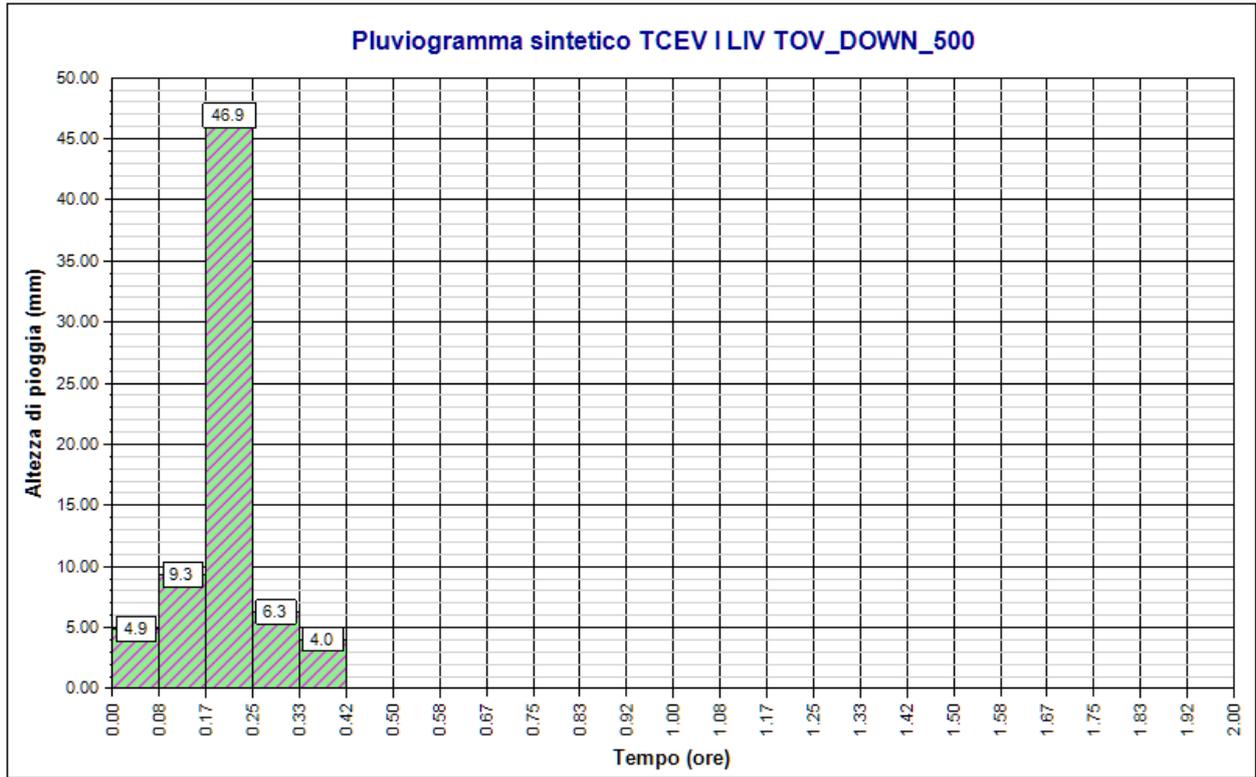
Intervallo di discretizzazione: 5

## Curva di pioggia

Coefficienti curva		Espressione
a	n	
89.81	0.26	<b><math>h(t) = 89.8 t^{0.261}</math></b>

## Tabella pluviogramma

n	Estremi intervallo (ore)		Estremi intervallo (minuti)		Altezza (mm)
	t(i)	t(i+1)	t(i)	t(i+1)	
1	0.000	0.083	0	5	4.880
2	0.083	0.167	5	10	9.315
3	0.167	0.250	10	15	46.927
4	0.250	0.333	15	20	6.284
5	0.333	0.417	20	25	4.046



Pluviogramma sintetico TCEV I LIV TOV\_DOWN\_500

**Rapporto idrogramma:****Idrogramma SCS TCEV I TOV\_DOWN\_500****Modello SCS-CN**

Il modello idrologico SCS-CN permette di simulare il deflusso superficiale in corrispondenza di una data precipitazione. Il processo di trasformazione afflussi-deflussi è suddiviso nelle seguenti fasi:

- a) Determinazione delle piogge nette;
- b) Trasformazione delle piogge nette in deflussi superficiali.

È necessario definire un pluviogramma, che viene considerato uniformemente distribuito sull'intero bacino.

Le piogge nette si calcolano, a partire dal pluviogramma, secondo il metodo del Curve Number (CN) proposto dall'SCS (Soil Conservation Service). L'equazione di continuità:

$$R = P - S$$

dove:

- $R$  è il deflusso fino all'istante  $t$  (mm)
- $P$  è la precipitazione fino all'istante  $t$  (mm)
- $S$  sono le perdite fino all'istante  $t$  (mm)

viene modificata ipotizzando che vi sia una relazione di proporzionalità tra perdite  $S$  e massima altezza immagazzinabile nel terreno a saturazione,  $S'$  (mm):

$$\frac{S}{S'} = \frac{R}{P}$$

e assume la forma seguente:

$$R = \frac{P^2}{P + S'} [mm]$$

che definisce l'andamento nel tempo del deflusso  $R$  nota la precipitazione  $P$  e la massima infiltrazione  $S'$ .

Considerando che un'aliquota di  $P$  si invasa nelle depressioni superficiali o si infiltra prima che il deflusso abbia inizio, si può scrivere:

$$R = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S'} [mm]$$

essendo  $Ia$  (mm) la perdita iniziale (*Initial abstraction*).

L'unico parametro del modello risulta quindi essere l'altezza massima immagazzinabile nel terreno a saturazione  $S'$  (mm), che si ricava dalla seguente formula:

$$S' = \frac{25400}{CN} - 254$$

dove  $CN$  (*Curve Number*) è un indice compreso tra 0 e 100 fornito dalle tabelle SCS in funzione del tipo di terreno, dell'utilizzazione del suolo e delle condizioni antecedenti di umidità.

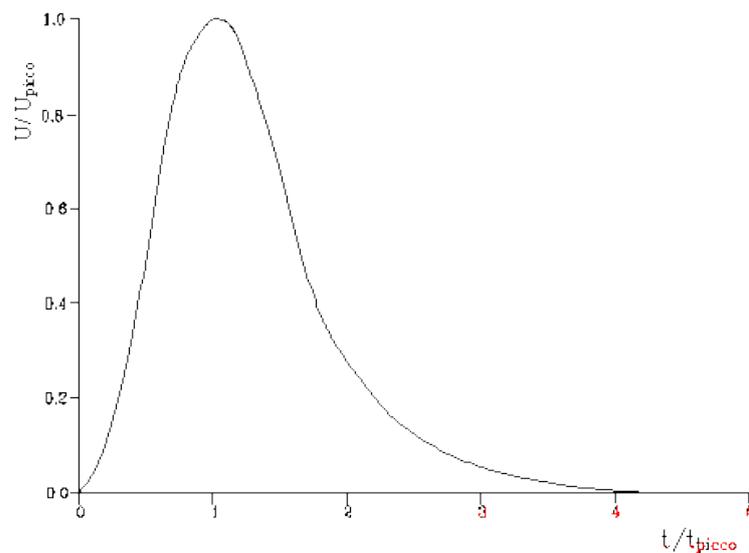
La trasformazione afflussi-deflussi quindi è ottenuta tramite l'idrogramma unitario SCS (1972) di seguito riportato, che richiede come unico parametro il tempo  $t_{LAG}$  (ore) pari al ritardo tra il baricentro del diagramma delle piogge nette e il picco dell'idrogramma unitario. Si può porre  $t_{LAG}=0,6 t_c$  con  $t_c$  tempo di corrivazione del bacino in esame.

L'istante e la portata di picco rispetto alla precipitazione unitaria sono calcolati come:

$$t_{picco} = 0,5\Delta t + t_{lag}$$

$$U_{picco} = 0,2084 \frac{A}{t_{picco}}$$

dove  $t_{picco}$  è il tempo in ore del picco dell'idrogramma unitario,  $\Delta t$  è l'intervallo di calcolo espresso in ore,  $U_{picco}$  è la portata massima dell'idrogramma unitario espressa in  $m^3/s/mm$  e  $A$  è l'area del sottobacino misurata in  $km^2$ .



*Idrogramma unitario adimensionalizzato SCS*

La portata è ottenuta tramite la sommatoria che discretizza l'integrale di convoluzione:

$$Q(i) = \sum_{j=1}^i U(j)P(i-j+1)$$

dove  $Q(i)$  è la portata alla fine dell'intervallo  $i$ -esimo,  $U(j)$  è la  $j$ -esima ordinata dell'idrogramma unitario, ricavabile dalla precedente figura, e  $P(i)$  è la pioggia netta all'intervallo  $i$ -esimo.

### Dati Idrogramma

Tipo: Idrogramma SCS

**Pluviogramma di input:** Pluviogramma sintetico TCEV I LIV TOV\_DOWN\_500

**Superficie del bacino:** 1.1 kmq

**Tlag:** 0.355 ore

**Astrazione iniziale:** 2.0 mm

**Curve Number:** 75.0

**Intervallo di calcolo:** 5 minuti

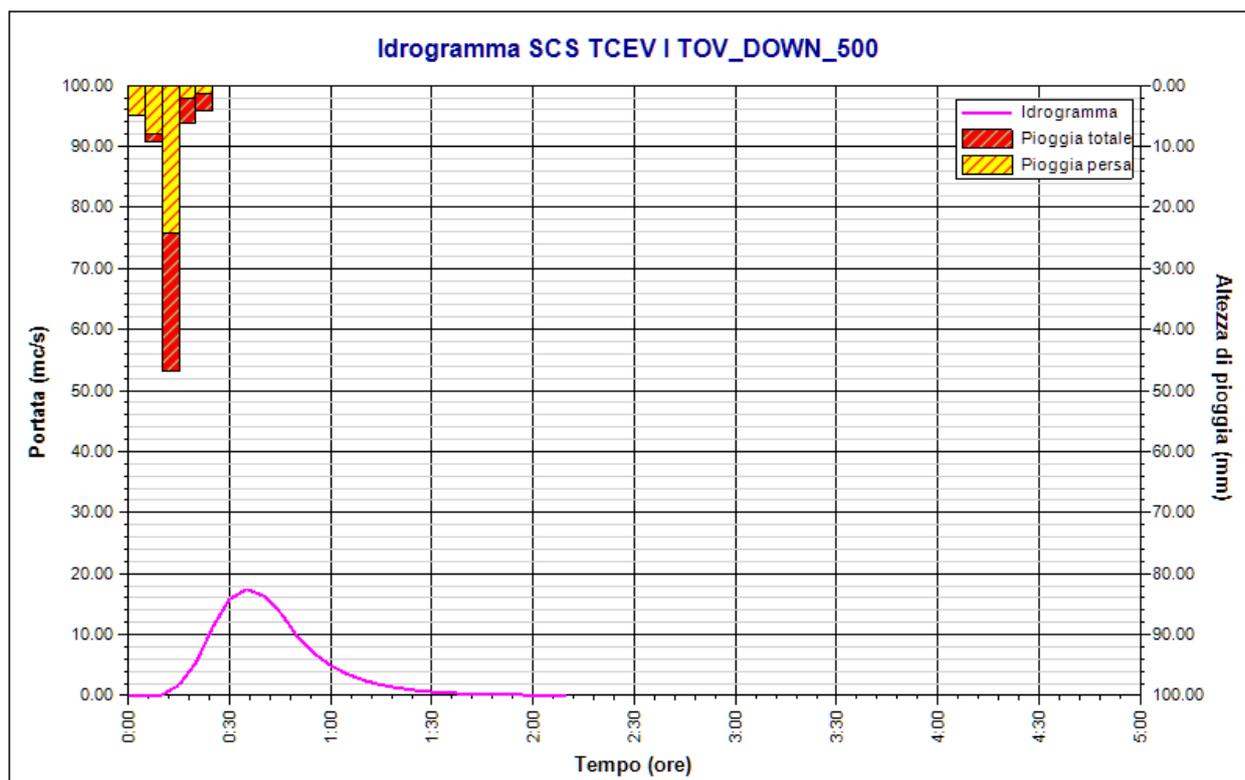
### Tabella idrogramma

n	Tempo		Afflusso (mm)	Pioggia persa (mm)	Pioggia netta (mm)	Portata (mc/s)
	(ore)	(minuti)				
1	0.000	0	4.880	4.785	0.095	0.0
2	0.083	5	9.315	7.874	1.441	0.0
3	0.167	10	46.927	24.153	22.774	0.1
4	0.250	15	6.284	2.088	4.196	1.7
5	0.333	20	4.046	1.254	2.792	5.4
6	0.417	25	0.000	0.000	0.000	11.2
7	0.500	30	0.000	0.000	0.000	15.8
8	0.583	35	0.000	0.000	0.000	17.4
9	0.667	40	0.000	0.000	0.000	16.3
10	0.750	45	0.000	0.000	0.000	13.7
11	0.833	50	0.000	0.000	0.000	9.8
12	0.917	55	0.000	0.000	0.000	6.9
13	1.000	60	0.000	0.000	0.000	4.9
14	1.083	65	0.000	0.000	0.000	3.5
15	1.167	70	0.000	0.000	0.000	2.4
16	1.250	75	0.000	0.000	0.000	1.7
17	1.333	80	0.000	0.000	0.000	1.2
18	1.417	85	0.000	0.000	0.000	0.9
19	1.500	90	0.000	0.000	0.000	0.6
20	1.583	95	0.000	0.000	0.000	0.4
21	1.667	100	0.000	0.000	0.000	0.3
22	1.750	105	0.000	0.000	0.000	0.2
23	1.833	110	0.000	0.000	0.000	0.2
24	1.917	115	0.000	0.000	0.000	0.1
25	2.000	120	0.000	0.000	0.000	0.1
26	2.083	125	0.000	0.000	0.000	0.0
27	2.167	130	0.000	0.000	0.000	0.0

### Tabella risultati

Parametro	Valore	U.M.
Portata massima	17.4	mc/s
Istante picco	0.583	ore

Parametro	Valore	U.M.
Istante picco	35.0	minuti
Durata totale evento	2.167	ore
Volume afflusso	79	mc x 1000
Volume deflusso	34	mc x 1000
Altezza afflusso	71.451	mm
Altezza deflusso	31.330	mm
Coeff. deflusso	0.44	-
Coeff. udometrico	15.84	mc/s/kmq



Idrogramma SCS TCEV I TOV\_DOWN\_500

## Rapporto sulla stazione di misura:

<b>SERRACAPRIOLA-TOV_UP_30</b>
--------------------------------

**Descrizione**  
TOVAGLIA\_UP

**Dati Stazione**

**Codice:** 16249  
**Bacino:** TOV\_UP  
**Comune:** SERRACAPRIOLA  
**Quota:** 270.0 m s.l.m.  
**Latitudine:** 41,8  
**Longtudine:** 15,15

**Dati Serie**

**Serie presenti:** 5  
**Durate presenti:** 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore  
**Minima dimensione serie:** 51  
**Massima dimensione serie:** 52

<b>Serie n. 1</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 1 ORA
<b>Durata</b>	1 ora
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 2</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 3 ORE
<b>Durata</b>	3 ore
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 3</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 6 ORE
<b>Durata</b>	6 ore
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 4</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 12 ORE
<b>Durata</b>	12 ore

<b>Serie n. 4</b>	
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 5</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 24 ORE
<b>Durata</b>	24 ore
<b>Descrizione</b>	

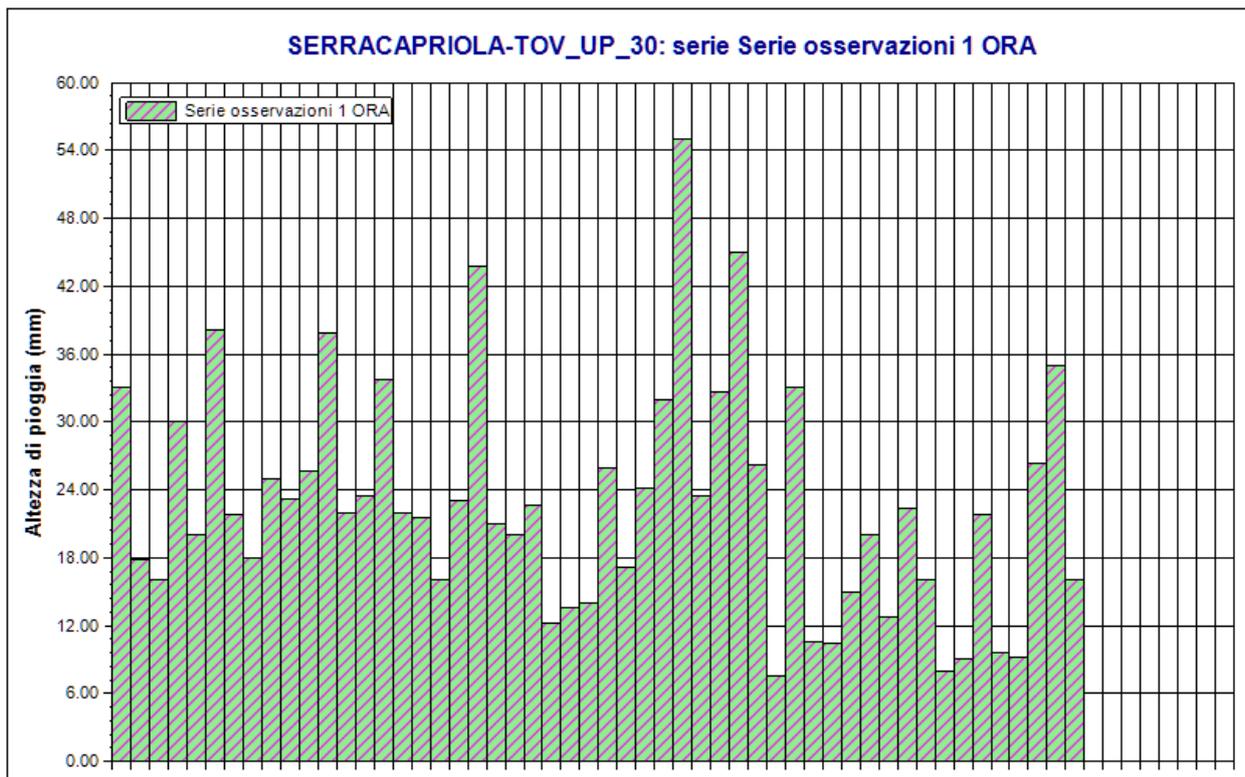
### Serie osservazioni

n	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1	33.0	18.6	29.0	32.4	50.2
2	17.8	18.8	37.8	75.4	89.6
3	16.0	34.4	41.6	53.0	69.2
4	30.0	30.4	30.4	30.4	34.0
5	20.0	59.0	63.6	65.0	68.6
6	38.2	44.2	63.6	64.2	66.4
7	21.8	31.2	41.8	64.4	74.2
8	18.0	41.6	52.0	59.6	82.0
9	25.0	34.2	40.6	50.6	52.2
10	23.2	54.0	73.0	88.2	121.4
11	25.6	57.2	78.2	87.2	87.8
12	37.8	40.4	49.2	58.8	59.2
13	22.0	33.0	39.2	41.0	49.0
14	23.4	36.4	36.4	37.2	37.8
15	33.8	61.4	78.0	85.4	105.4
16	22.0	33.2	33.6	55.0	67.6
17	21.6	32.4	45.2	64.0	96.8
18	16.0	26.6	37.2	44.0	56.6
19	23.0	49.6	49.8	71.8	72.0
20	43.8	33.8	34.2	35.6	43.0
21	21.0	31.6	37.8	43.8	45.4
22	20.0	31.2	48.8	54.4	64.6
23	22.6	23.4	40.8	45.2	45.6
24	12.2	27.4	34.2	49.8	67.8
25	13.6	23.8	26.6	33.2	36.0
26	14.0	36.6	37.4	38.4	46.4
27	26.0	20.8	22.6	27.8	46.8
28	17.2	38.6	42.2	56.0	106.6
29	24.2	35.4	42.0	44.6	63.6
30	32.0	88.0	98.2	103.2	122.4
31	55.0	31.2	37.6	50.4	54.0
32	23.4	42.4	43.0	43.6	57.8

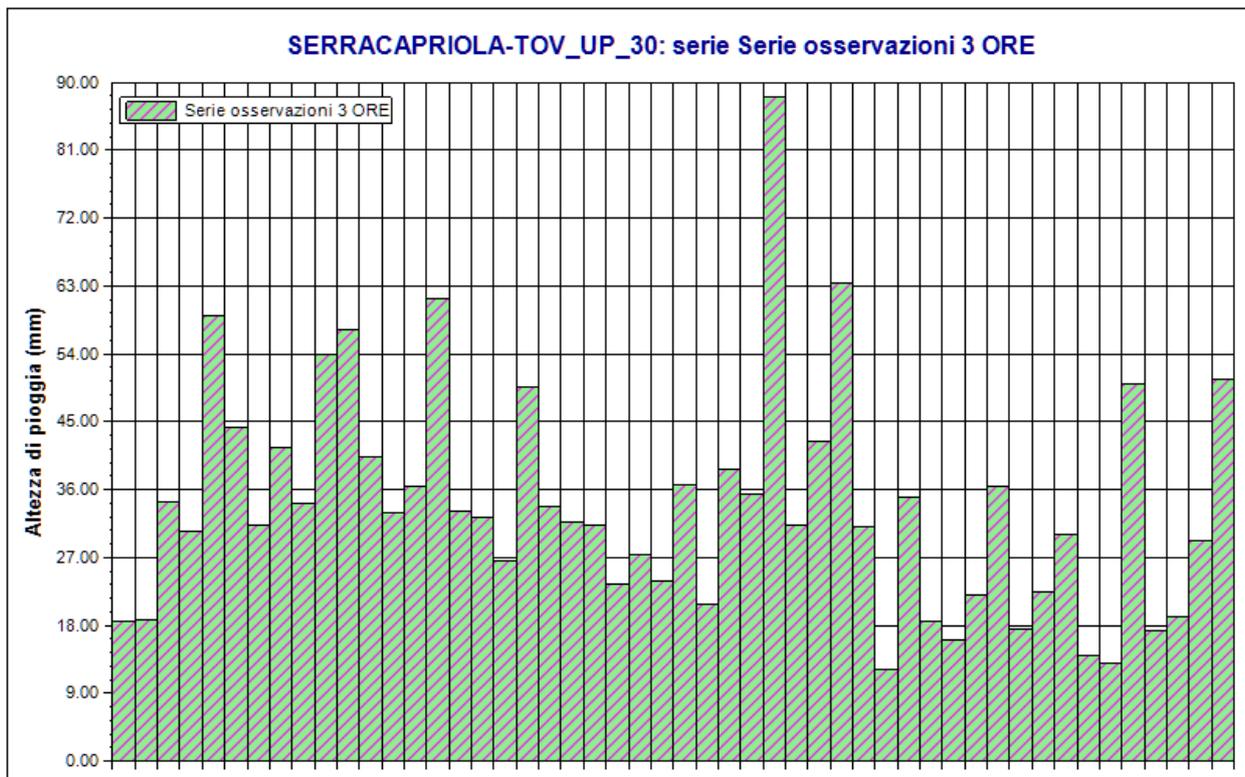
n	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
33	32.6	63.4	69.2	77.2	77.2
34	45.0	31.0	31.2	32.2	43.0
35	26.2	12.2	12.6	18.8	31.2
36	7.6	35.0	39.8	40.4	40.4
37	33.0	18.6	27.0	39.6	56.6
38	10.6	16.0	24.4	35.0	36.6
39	10.4	22.0	37.0	74.2	80.6
40	15.0	36.4	52.0	52.8	52.8
41	20.0	17.4	24.4	30.0	48.0
42	12.8	22.4	22.4	22.4	35.6
43	22.4	30.0	40.0	68.0	90.4
44	16.0	14.0	20.0	23.0	45.0
45	8.0	13.0	25.0	44.6	57.8
46	9.0	50.0	64.8	71.8	73.6
47	21.8	17.2	21.0	32.0	32.4
48	9.6	19.2	26.0	31.8	41.8
49	9.2	29.2	29.2	51.4	86.4
50	26.4	50.6	65.2	97.6	100.6
51	35.0	22.0	33.0	36.0	47.8
52	16.0	-	-	-	-

### Dati Statistici

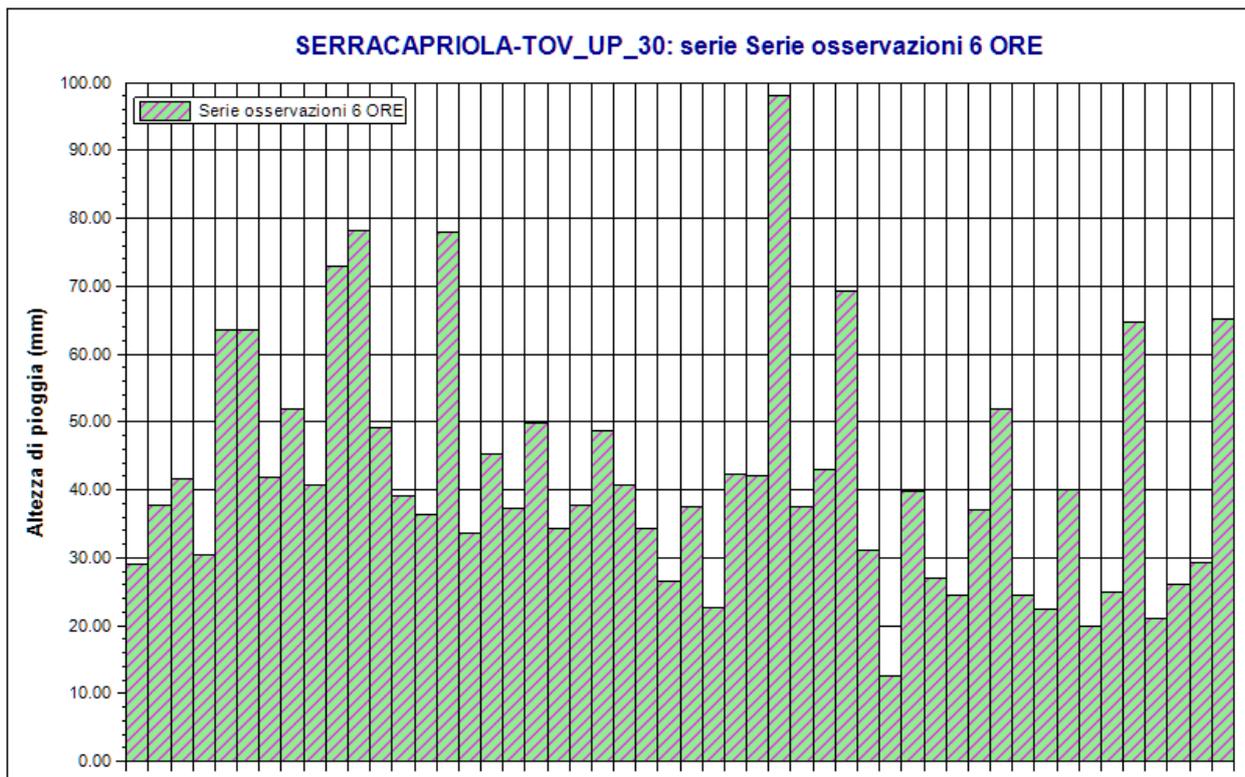
Parametro	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Dimensione campione	52	51	51	51	51
Somma dei dati	1179.8	1720.4	2129.8	2632.4	3217.8
Valore minimo	7.6	12.2	12.6	18.8	31.2
Valore massimo	55.0	88.0	98.2	103.2	122.4
Valore medio	22.69	33.73	41.76	51.62	63.09
Dev. standard	10.12	15.04	17.34	20.06	23.34
Coef. variazione	0.446	0.446	0.415	0.389	0.370
Coef. asimmetria	0.906	1.200	1.129	0.675	0.820



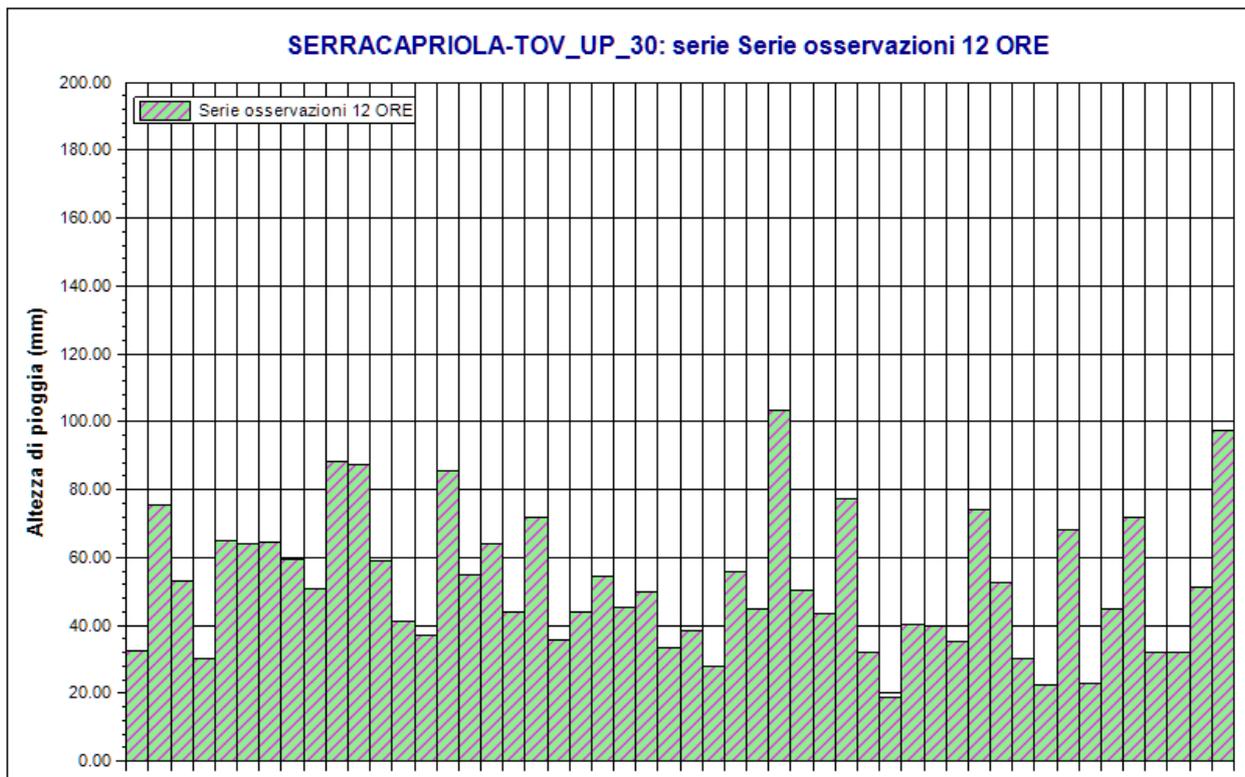
SERRACAPRIOLA-TOV\_UP\_30. Serie osservazioni 1 ORA. Durata 1 ora



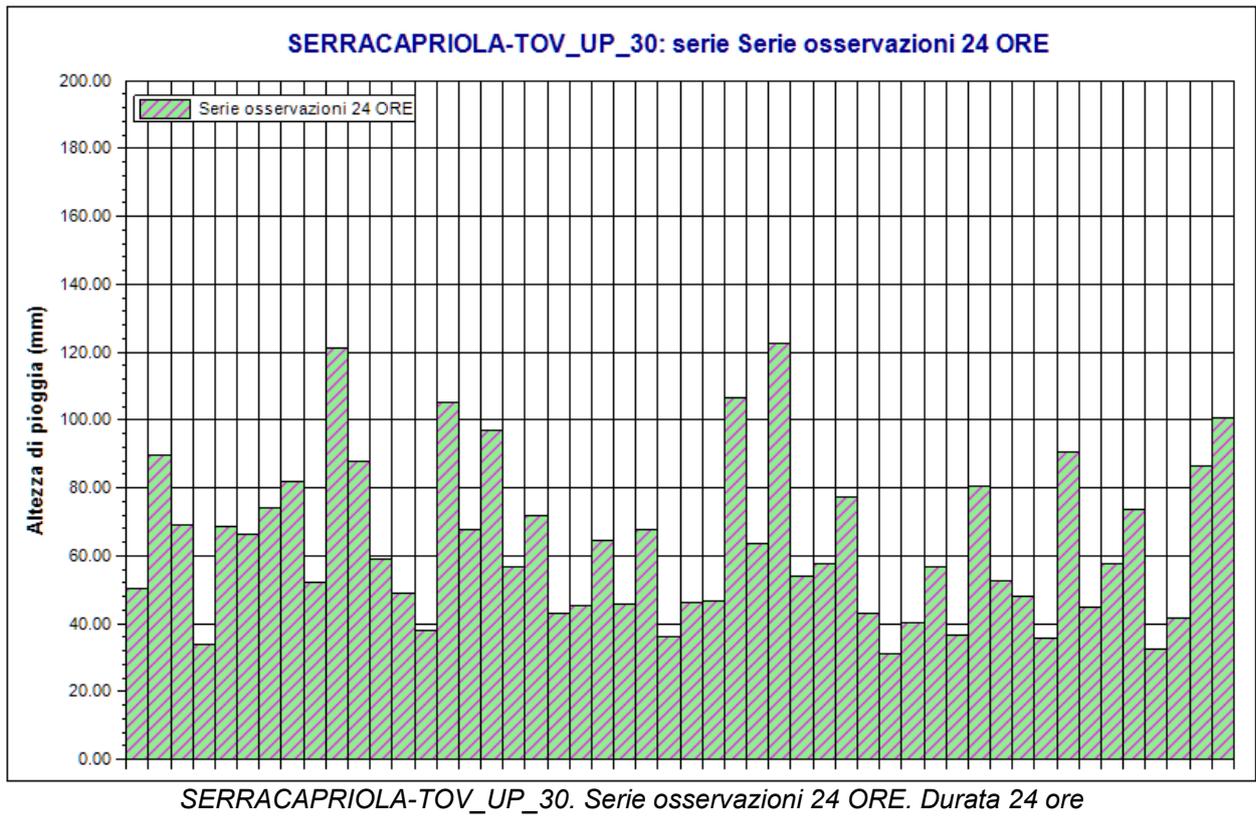
SERRACAPRIOLA-TOV\_UP\_30. Serie osservazioni 3 ORE. Durata 3 ore



SERRACAPRIOLA-TOV\_UP\_30. Serie osservazioni 6 ORE. Durata 6 ore



SERRACAPRIOLA-TOV\_UP\_30. Serie osservazioni 12 ORE. Durata 12 ore



## Rapporto sull'elaborazione probabilistica:

**Elaborazione TCEV primo livello TOV\_UP\_30****Modello TCEV (Two Components Extreme Value)**

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 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  $\Lambda_1$  e  $\Lambda_2$  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 ha che la CDF di  $y$  è data da:

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

avendo posto:

$$\mathcal{G}_* = \frac{\mathcal{G}_2}{\mathcal{G}_1} \quad \text{e} \quad \Lambda_* = \frac{\Lambda_2}{\Lambda_1^{1/\mathcal{G}_*}}$$

La media della distribuzione TCEV è data dall'espressione:

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

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

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

Il coefficiente di variazione teorico dipende da  $\Lambda_1$ ,  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  ed è quindi indipendente da  $\mathcal{G}_1$ .

Il coefficiente di asimmetria teorico dipende da  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  ed è quindi indipendente da  $\Lambda_1$  e  $\mathcal{G}_1$ .

### **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  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  e delle sottoregioni di queste, più limitate, in cui sia costante pure il coefficiente di variazione e, quindi, il parametro  $\Lambda_1$ .

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  $\Lambda^*$  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  $\Lambda^*$ ,  $\mathcal{G}^*$  e  $\Lambda_1$ .  $\Lambda_1$  può quindi essere stimato in base a tutte le serie storiche ricadenti nella sottozona.

In una sottozona rimane costante la CDF di  $x/\mu$ . Infatti dall'espressione della CDF della TCEV, introducendo i parametri  $\Lambda^*$  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

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

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:

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

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

b) Al livello di regionalizzazione uno, in cui i parametri  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  sono stimati a livello regionale e  $\Lambda_1$  e  $\mathcal{G}_1$  dalla singola serie:

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

c) Al livello di regionalizzazione due, in cui i parametri  $\Lambda^*$ ,  $\mathcal{G}^*$  e  $\Lambda_1$  sono stimati a livello regionale e  $\mathcal{G}_1$  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:

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

## Dati Elaborazione

Stazione di misura: SERRACAPRIOLA-TOV\_UP\_30

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	52	51	51	51	51
Valore medio	22.69	33.73	41.76	51.62	63.09
Dev. standard	10.12	15.04	17.34	20.06	23.34
<b>Parametri regionali</b>					
Descrizione	Parametri zona: Puglia - Durata: Unica				
Lambda*	0.77200	0.77200	0.77200	0.77200	0.77200
Teta*	2.35200	2.35200	2.35200	2.35200	2.35200
<b>Parametri stimati</b>					
Lambda 1	12.33540	15.95556	21.70403	22.77489	45.16353
Teta 1	5.26146	7.31896	8.53805	10.43280	11.00886
Lambda 2	2.24669	2.50645	2.85676	2.91586	3.90107
Teta 2	12.37496	17.21418	20.08149	24.53794	25.89284

### Espressioni delle CDF della distribuzione

TCEV primo livello: Serie osservazioni 1 ORA	$F_x(x) = \exp \left[ -12.34 \exp \left( -\frac{x}{5.261} \right) - 2.25 \exp \left( -\frac{x}{12.375} \right) \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 3 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -15.96 \exp \left( -\frac{x}{7.319} \right) - 2.51 \exp \left( -\frac{x}{17.214} \right) \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 6 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -21.70 \exp \left( -\frac{x}{8.538} \right) - 2.86 \exp \left( -\frac{x}{20.081} \right) \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 12 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -22.77 \exp \left( -\frac{x}{10.433} \right) - 2.92 \exp \left( -\frac{x}{24.538} \right) \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 24 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -45.16 \exp \left( -\frac{x}{11.009} \right) - 3.90 \exp \left( -\frac{x}{25.893} \right) \right]$

### Espressioni delle Curve di crescita

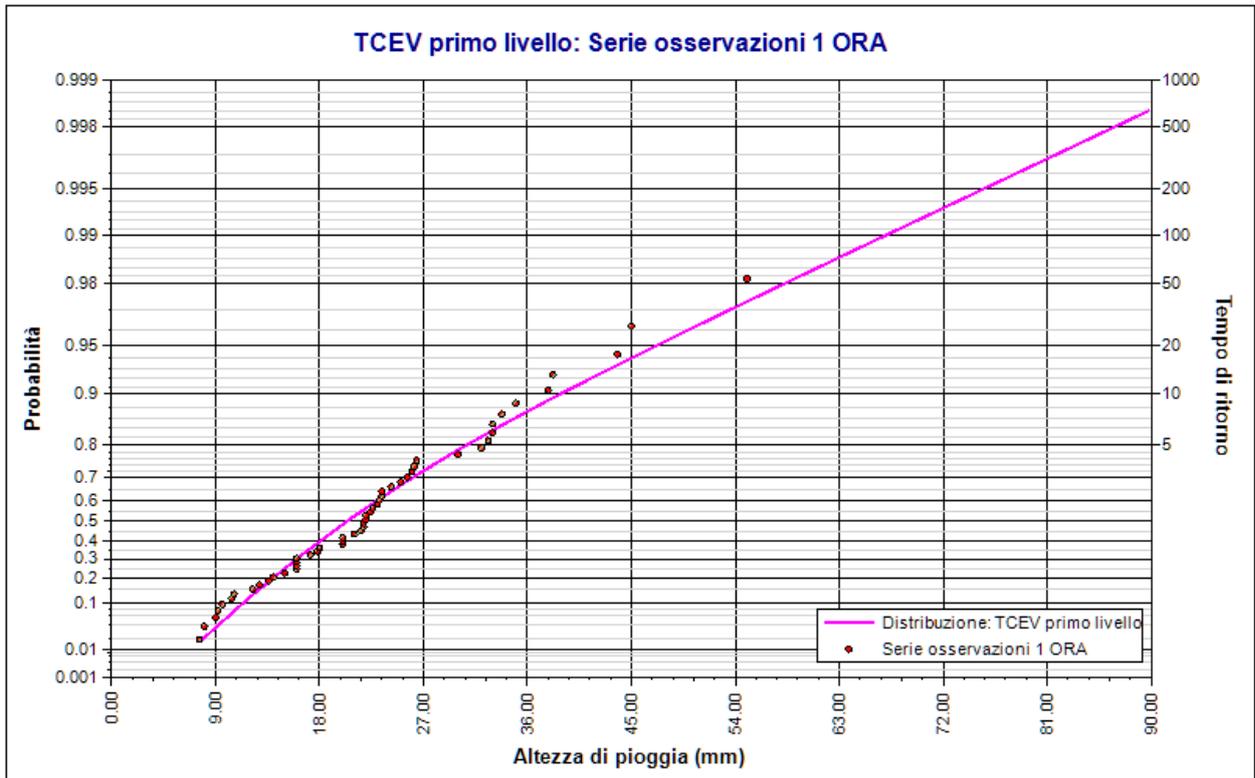
TCEV primo livello: Serie osservazioni 1 ORA	$F_X(x) = \exp \left[ -12.335 (83.521)^{-x} - 2.247 (6.563)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 3 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -15.956 (108.033)^{-x} - 2.506 (7.322)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 6 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -21.704 (146.955)^{-x} - 2.857 (8.345)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 12 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -22.775 (154.206)^{-x} - 2.916 (8.518)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 24 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -45.164 (305.796)^{-x} - 3.901 (11.395)^{-x} \right]$

### Frattili distribuzioni probabilistiche

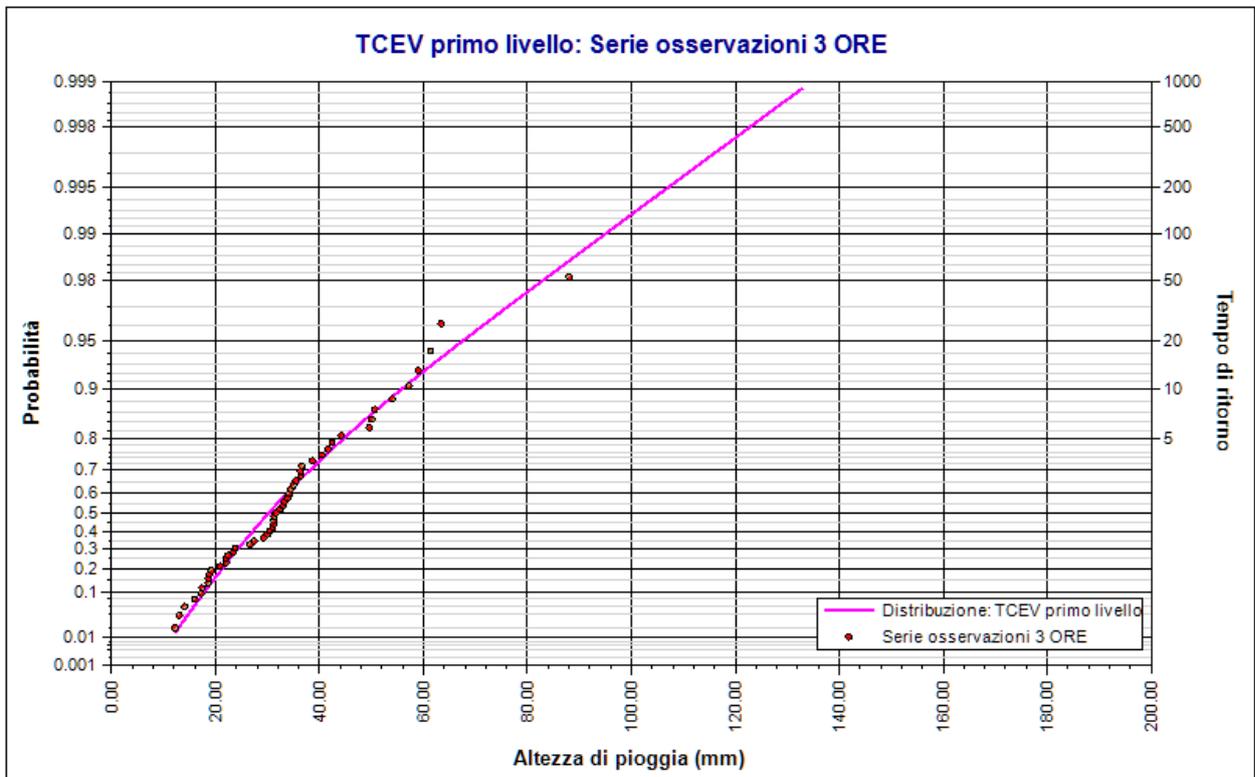
Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2 anni	20.33	30.17	37.82	46.72	56.83
5 anni	30.74	44.65	54.71	67.35	78.61
10 anni	38.81	55.87	67.80	83.35	95.49
20 anni	47.16	67.49	81.35	99.91	112.96
50 anni	58.42	83.15	99.62	122.23	136.52
100 anni	66.99	95.07	113.53	139.23	154.45
200 anni	75.57	107.01	127.46	156.24	172.41
500 anni	86.92	122.79	145.87	178.74	196.15
1000 anni	95.50	134.72	159.79	195.75	214.10

### Fattori di crescita

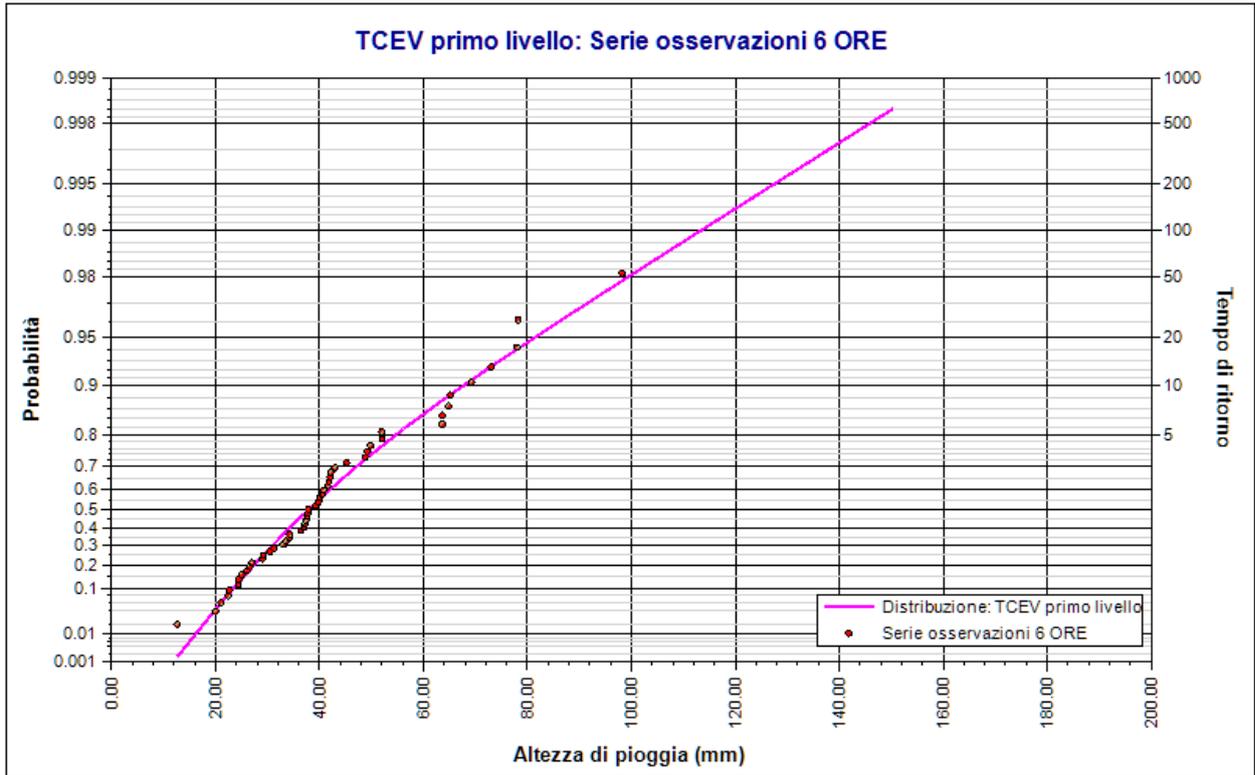
Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2 anni	0.87	0.88	0.89	0.89	0.90
5 anni	1.32	1.30	1.28	1.28	1.25
10 anni	1.67	1.63	1.59	1.59	1.52
20 anni	2.03	1.97	1.91	1.90	1.79
50 anni	2.51	2.43	2.34	2.33	2.17
100 anni	2.88	2.77	2.66	2.65	2.45
200 anni	3.25	3.12	2.99	2.97	2.74
500 anni	3.73	3.58	3.42	3.40	3.11
1000 anni	4.10	3.93	3.75	3.72	3.40



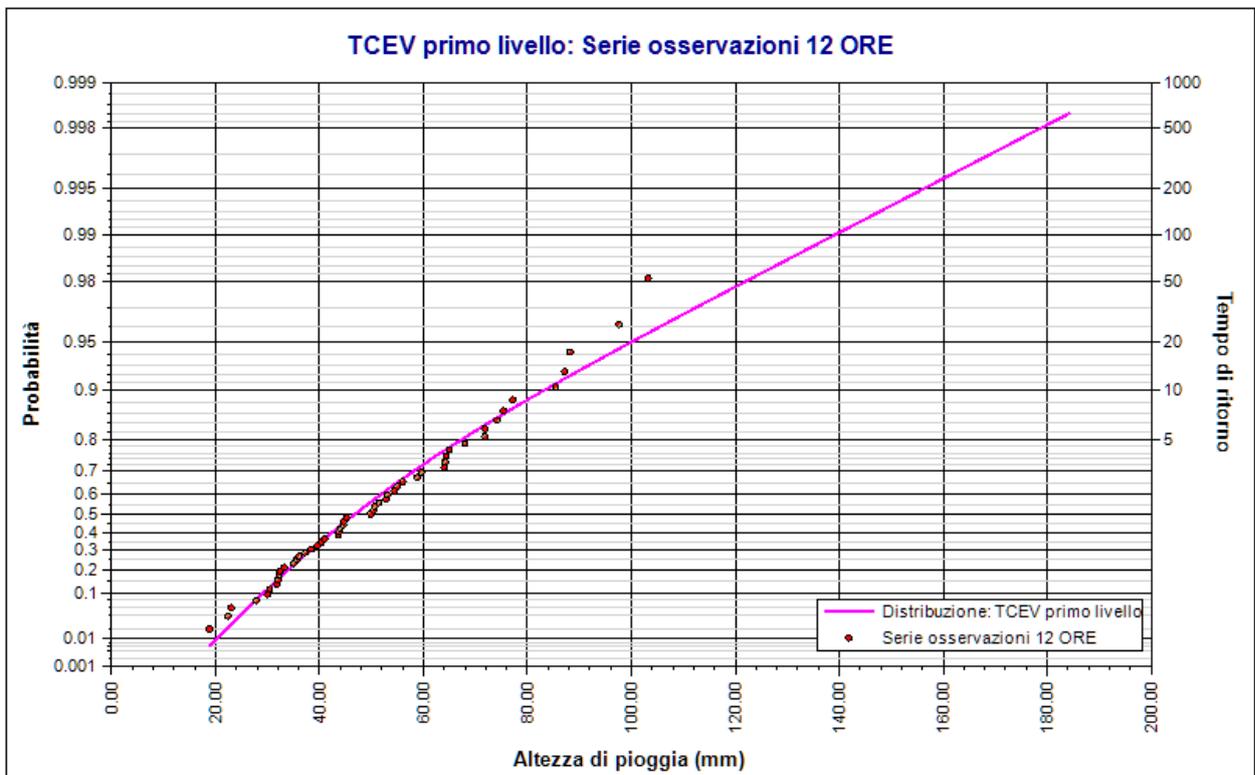
Elaborazione TCEV primo livello TOV\_UP\_30. TCEV primo livello: Serie osservazioni 1 ORA. Durata 1 ora



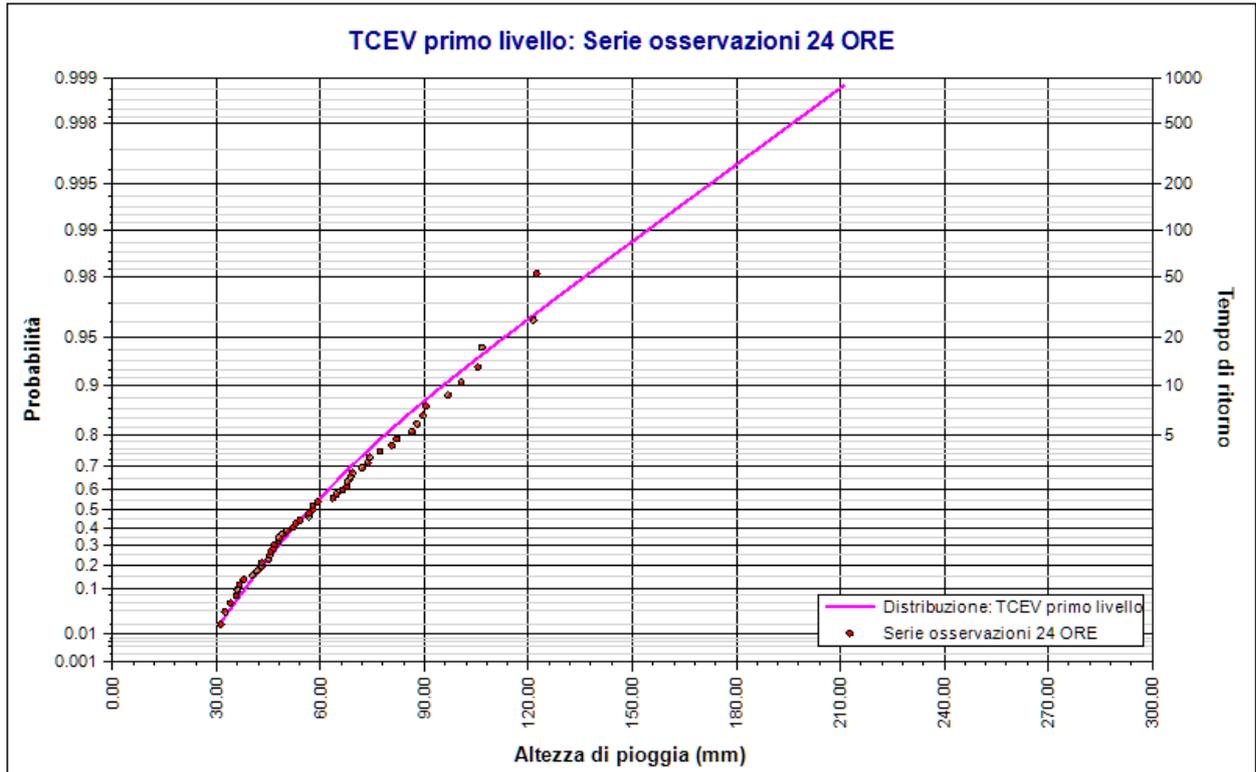
Elaborazione TCEV primo livello TOV\_UP\_30. TCEV primo livello: Serie osservazioni 3 ORE. Durata 3 ore



Elaborazione TCEV primo livello TOV\_UP\_30. TCEV primo livello: Serie osservazioni 6 ORE. Durata 6 ore



Elaborazione TCEV primo livello TOV\_UP\_30. TCEV primo livello: Serie osservazioni 12 ORE. Durata 12 ore



Elaborazione TCEV primo livello TOV\_UP\_30. TCEV primo livello: Serie osservazioni 24 ORE. Durata 24 ore

## Rapporto sulla curva di pioggia:

**Curva pioggia calcolata TCEV PRIMO LIVELLO TOV\_UP\_30****Dati Curva di pioggia**

Tipo: Curva di pioggia calcolata

Elaborazione probabilistica: Elaborazione TCEV primo livello TOV\_UP\_30

Tempo di ritorno: 30.000 anni

Numero punti: 5

Durate di calcolo: 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore

**Tabella punti di calcolo**

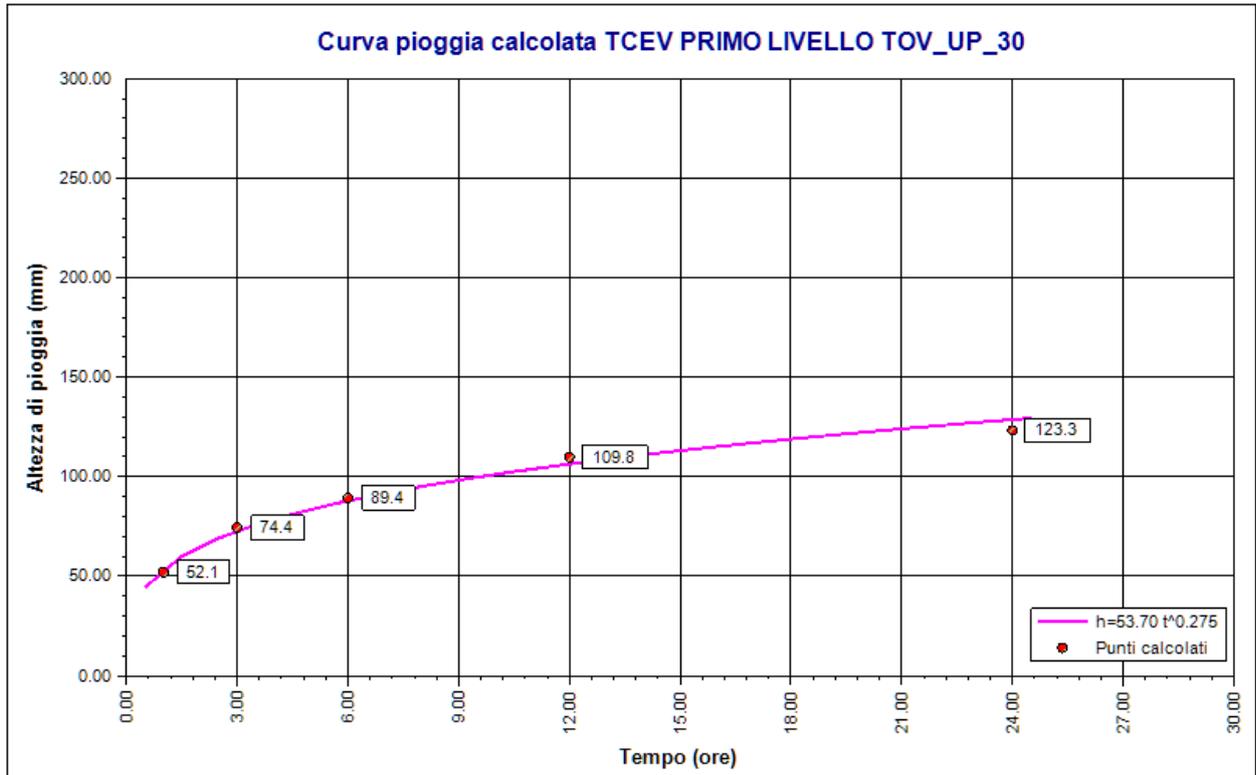
n	Durata		Altezza (mm)
	(ore)	(minuti)	
1	1.000	60	52.124
2	3.000	180	74.390
3	6.000	360	89.408
4	12.000	720	109.752
5	24.000	1440	123.349

**Risultati interpolazione**

Coefficienti curva			Espressione
a	n	correlazione (r)	
53.70	0.27	1.00	$h(t) = 53.7 t^{0.275}$

**Valori curva di pioggia**

t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)
1	53.702	9	98.267	17	117.048
2	64.979	10	101.156	18	118.902
3	72.644	11	103.842	19	120.683
4	78.624	12	106.357	20	122.397
5	83.600	13	108.724	21	124.051
6	87.899	14	110.962	22	125.648
7	91.705	15	113.087	23	127.193
8	95.135	16	115.112	24	128.691



*Curva pioggia calcolata TCEV PRIMO LIVELLO TOV\_UP\_30*

## Rapporto pluviogramma sintetico:

<b>Pluviogramma sintetico TCEV I LIV TOV_UP_30</b>
--

## Dati Pluviogramma

Tipo: Pluviogramma sintetico

Curva di pioggia: Curva pioggia calcolata TCEV PRIMO LIVELLO TOV\_UP\_30

Durata: 0.568 ore

Altezza di pioggia complessiva: 46.304 mm

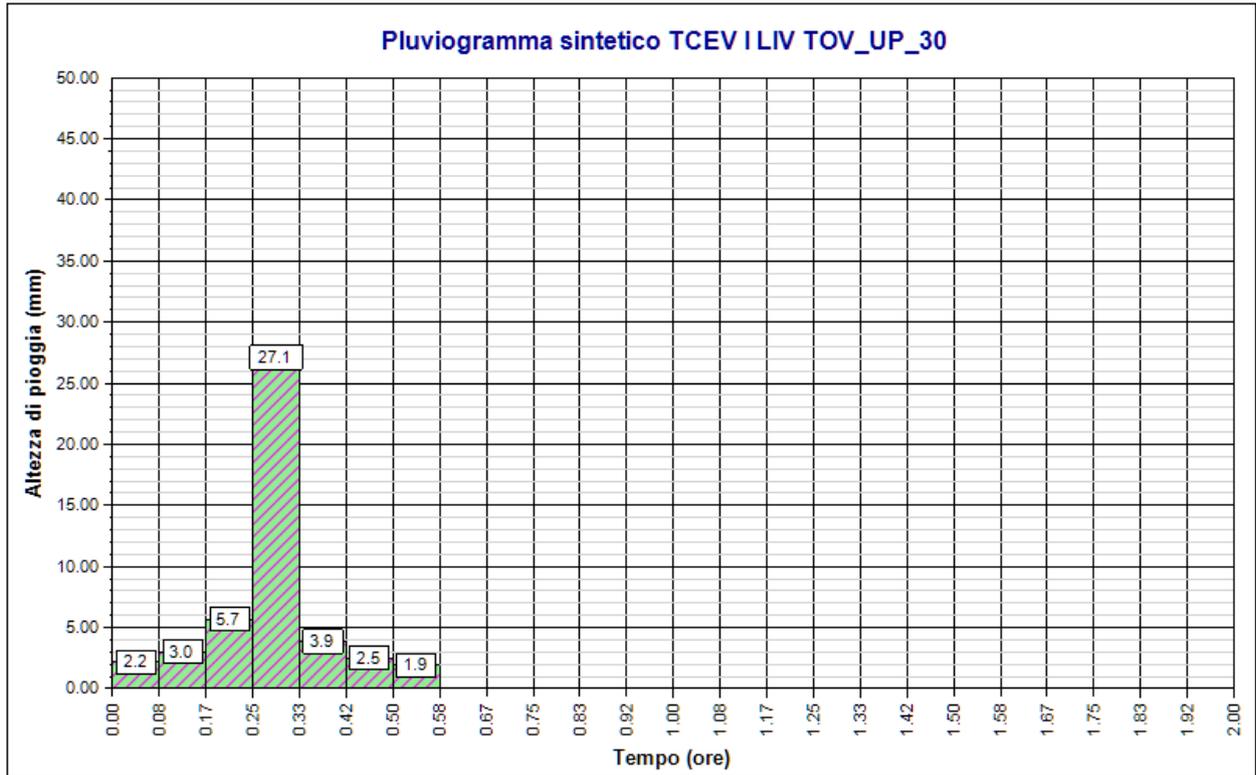
Intervallo di discretizzazione: 5

## Curva di pioggia

Coefficienti curva		Espressione
a	n	
53.70	0.27	$h(t) = 53.7 t^{0.275}$

## Tabella pluviogramma

n	Estremi intervallo (ore)		Estremi intervallo (minuti)		Altezza (mm)
	t(i)	t(i+1)	t(i)	t(i+1)	
1	0.000	0.083	0	5	2.170
2	0.083	0.167	5	10	3.020
3	0.167	0.250	10	15	5.694
4	0.250	0.333	15	20	27.116
5	0.333	0.417	20	25	3.870
6	0.417	0.500	25	30	2.512
7	0.500	0.583	30	35	1.922



*Pluviogramma sintetico TCEV I LIV TOV\_UP\_30*

**Rapporto idrogramma:****Idrogramma SCS TCEV I TOV\_UP\_30****Modello SCS-CN**

Il modello idrologico SCS-CN permette di simulare il deflusso superficiale in corrispondenza di una data precipitazione. Il processo di trasformazione afflussi-deflussi è suddiviso nelle seguenti fasi:

- a) Determinazione delle piogge nette;
- b) Trasformazione delle piogge nette in deflussi superficiali.

È necessario definire un pluviogramma, che viene considerato uniformemente distribuito sull'intero bacino.

Le piogge nette si calcolano, a partire dal pluviogramma, secondo il metodo del Curve Number (CN) proposto dall'SCS (Soil Conservation Service). L'equazione di continuità:

$$R = P - S$$

dove:

- $R$  è il deflusso fino all'istante  $t$  (mm)
- $P$  è la precipitazione fino all'istante  $t$  (mm)
- $S$  sono le perdite fino all'istante  $t$  (mm)

viene modificata ipotizzando che vi sia una relazione di proporzionalità tra perdite  $S$  e massima altezza immagazzinabile nel terreno a saturazione,  $S'$  (mm):

$$\frac{S}{S'} = \frac{R}{P}$$

e assume la forma seguente:

$$R = \frac{P^2}{P + S'} [mm]$$

che definisce l'andamento nel tempo del deflusso  $R$  nota la precipitazione  $P$  e la massima infiltrazione  $S'$ .

Considerando che un'aliquota di  $P$  si invasa nelle depressioni superficiali o si infiltra prima che il deflusso abbia inizio, si può scrivere:

$$R = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S'} [mm]$$

essendo  $Ia$  (mm) la perdita iniziale (*Initial abstraction*).

L'unico parametro del modello risulta quindi essere l'altezza massima immagazzinabile nel terreno a saturazione  $S'$  (mm), che si ricava dalla seguente formula:

$$S' = \frac{25400}{CN} - 254$$

dove  $CN$  (*Curve Number*) è un indice compreso tra 0 e 100 fornito dalle tabelle SCS in funzione del tipo di terreno, dell'utilizzazione del suolo e delle condizioni antecedenti di umidità.

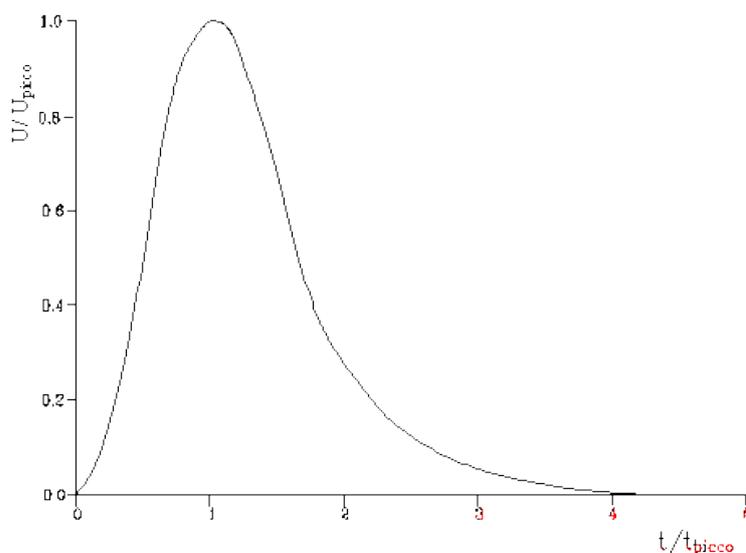
La trasformazione afflussi-deflussi quindi è ottenuta tramite l'idrogramma unitario SCS (1972) di seguito riportato, che richiede come unico parametro il tempo  $t_{LAG}$  (ore) pari al ritardo tra il baricentro del diagramma delle piogge nette e il picco dell'idrogramma unitario. Si può porre  $t_{LAG}=0,6 t_c$  con  $t_c$  tempo di corrivazione del bacino in esame.

L'istante e la portata di picco rispetto alla precipitazione unitaria sono calcolati come:

$$t_{picco} = 0,5\Delta t + t_{lag}$$

$$U_{picco} = 0,2084 \frac{A}{t_{picco}}$$

dove  $t_{picco}$  è il tempo in ore del picco dell'idrogramma unitario,  $\Delta t$  è l'intervallo di calcolo espresso in ore,  $U_{picco}$  è la portata massima dell'idrogramma unitario espressa in  $m^3/s/mm$  e  $A$  è l'area del sottobacino misurata in  $km^2$ .



*Idrogramma unitario adimensionalizzato SCS*

La portata è ottenuta tramite la sommatoria che discretizza l'integrale di convoluzione:

$$Q(i) = \sum_{j=1}^i U(j)P(i-j+1)$$

dove  $Q(i)$  è la portata alla fine dell'intervallo  $i$ -esimo,  $U(j)$  è la  $j$ -esima ordinata dell'idrogramma unitario, ricavabile dalla precedente figura, e  $P(i)$  è la pioggia netta all'intervallo  $i$ -esimo.

### Dati Idrogramma

Tipo: Idrogramma SCS

**Pluviogramma di input:** Pluviogramma sintetico TCEV I LIV TOV\_UP\_30

**Superficie del bacino:** 1.3 kmq

**Tlag:** 0.568 ore

**Astrazione iniziale:** 2.0 mm

**Curve Number:** 75.0

**Intervallo di calcolo:** 5 minuti

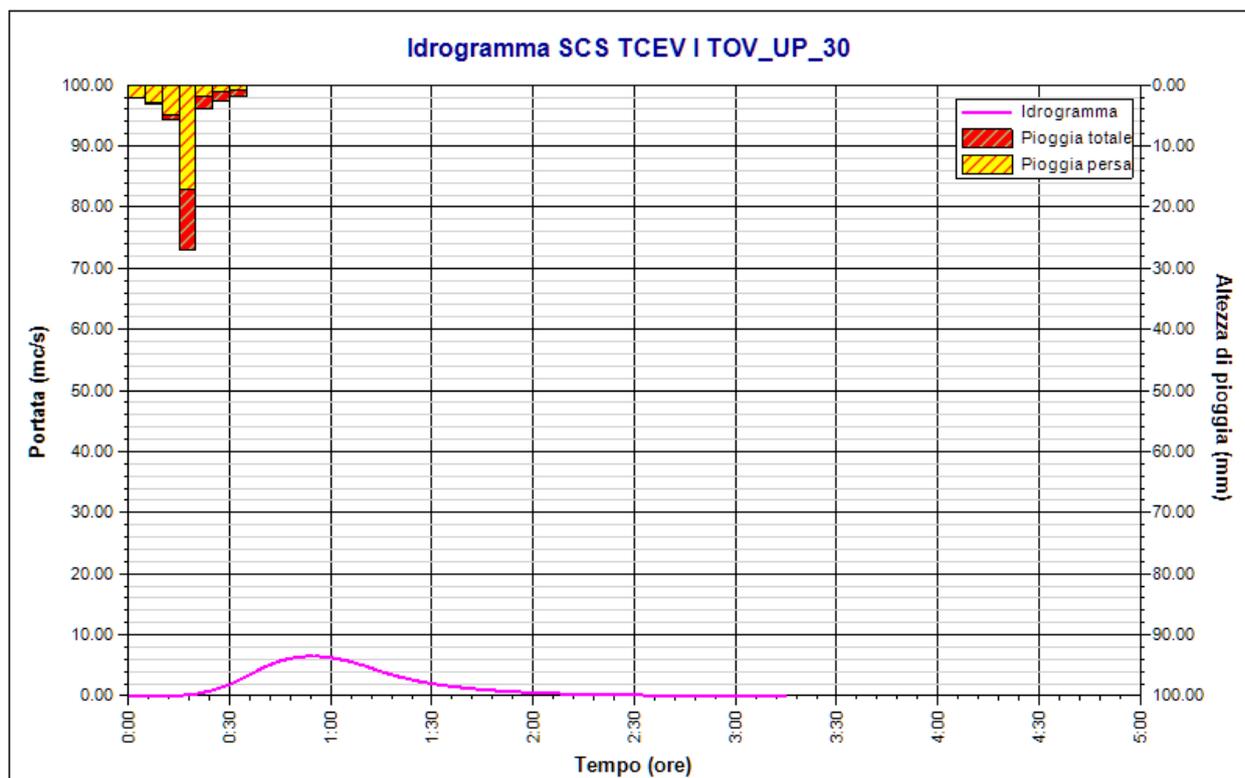
### Tabella idrogramma

n	Tempo		Afflusso (mm)	Pioggia persa (mm)	Pioggia netta (mm)	Portata (mc/s)
	(ore)	(minuti)				
1	0.000	0	2.170	2.170	0.000	0.0
2	0.083	5	3.020	2.904	0.115	0.0
3	0.167	10	5.694	4.966	0.728	0.0
4	0.250	15	27.116	17.219	9.897	0.0
5	0.333	20	3.870	1.846	2.024	0.3
6	0.417	25	2.512	1.138	1.374	0.9
7	0.500	30	1.922	0.841	1.081	1.8
8	0.583	35	0.000	0.000	0.000	3.2
9	0.667	40	0.000	0.000	0.000	4.6
10	0.750	45	0.000	0.000	0.000	5.7
11	0.833	50	0.000	0.000	0.000	6.4
12	0.917	55	0.000	0.000	0.000	6.6
13	1.000	60	0.000	0.000	0.000	6.3
14	1.083	65	0.000	0.000	0.000	5.7
15	1.167	70	0.000	0.000	0.000	4.9
16	1.250	75	0.000	0.000	0.000	4.0
17	1.333	80	0.000	0.000	0.000	3.2
18	1.417	85	0.000	0.000	0.000	2.5
19	1.500	90	0.000	0.000	0.000	2.0
20	1.583	95	0.000	0.000	0.000	1.6
21	1.667	100	0.000	0.000	0.000	1.3
22	1.750	105	0.000	0.000	0.000	1.0
23	1.833	110	0.000	0.000	0.000	0.8
24	1.917	115	0.000	0.000	0.000	0.7
25	2.000	120	0.000	0.000	0.000	0.5
26	2.083	125	0.000	0.000	0.000	0.4
27	2.167	130	0.000	0.000	0.000	0.3
28	2.250	135	0.000	0.000	0.000	0.3
29	2.333	140	0.000	0.000	0.000	0.2
30	2.417	145	0.000	0.000	0.000	0.2
31	2.500	150	0.000	0.000	0.000	0.1
32	2.583	155	0.000	0.000	0.000	0.1
33	2.667	160	0.000	0.000	0.000	0.1

n	Tempo		Afflusso (mm)	Pioggia persa (mm)	Pioggia netta (mm)	Portata (mc/s)
	(ore)	(minuti)				
34	2.750	165	0.000	0.000	0.000	0.1
35	2.833	170	0.000	0.000	0.000	0.1
36	2.917	175	0.000	0.000	0.000	0.0
37	3.000	180	0.000	0.000	0.000	0.0
38	3.083	185	0.000	0.000	0.000	0.0
39	3.167	190	0.000	0.000	0.000	0.0
40	3.250	195	0.000	0.000	0.000	0.0

**Tabella risultati**

Parametro	Valore	U.M.
Portata massima	6.6	mc/s
Istante picco	0.917	ore
Istante picco	55.0	minuti
Durata totale evento	3.250	ore
Volume afflusso	60	mc x 1000
Volume deflusso	20	mc x 1000
Altezza afflusso	46.304	mm
Altezza deflusso	15.236	mm
Coeff. deflusso	0.33	-
Coeff. udometrico	5.06	mc/s/kmq



Idrogramma SCS TCEV I TOV\_UP\_30

## Rapporto sulla stazione di misura:

<b>SERRACAPRIOLA-TOV_UP_200</b>
---------------------------------

**Descrizione**  
TOVAGLIA\_UP

**Dati Stazione**

**Codice:** 16249  
**Bacino:** TOV\_UP  
**Comune:** SERRACAPRIOLA  
**Quota:** 270.0 m s.l.m.  
**Latitudine:** 41,8  
**Longtudine:** 15,15

**Dati Serie**

**Serie presenti:** 5  
**Durate presenti:** 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore  
**Minima dimensione serie:** 51  
**Massima dimensione serie:** 52

<b>Serie n. 1</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 1 ORA
<b>Durata</b>	1 ora
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 2</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 3 ORE
<b>Durata</b>	3 ore
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 3</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 6 ORE
<b>Durata</b>	6 ore
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 4</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 12 ORE
<b>Durata</b>	12 ore

<b>Serie n. 4</b>	
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 5</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 24 ORE
<b>Durata</b>	24 ore
<b>Descrizione</b>	

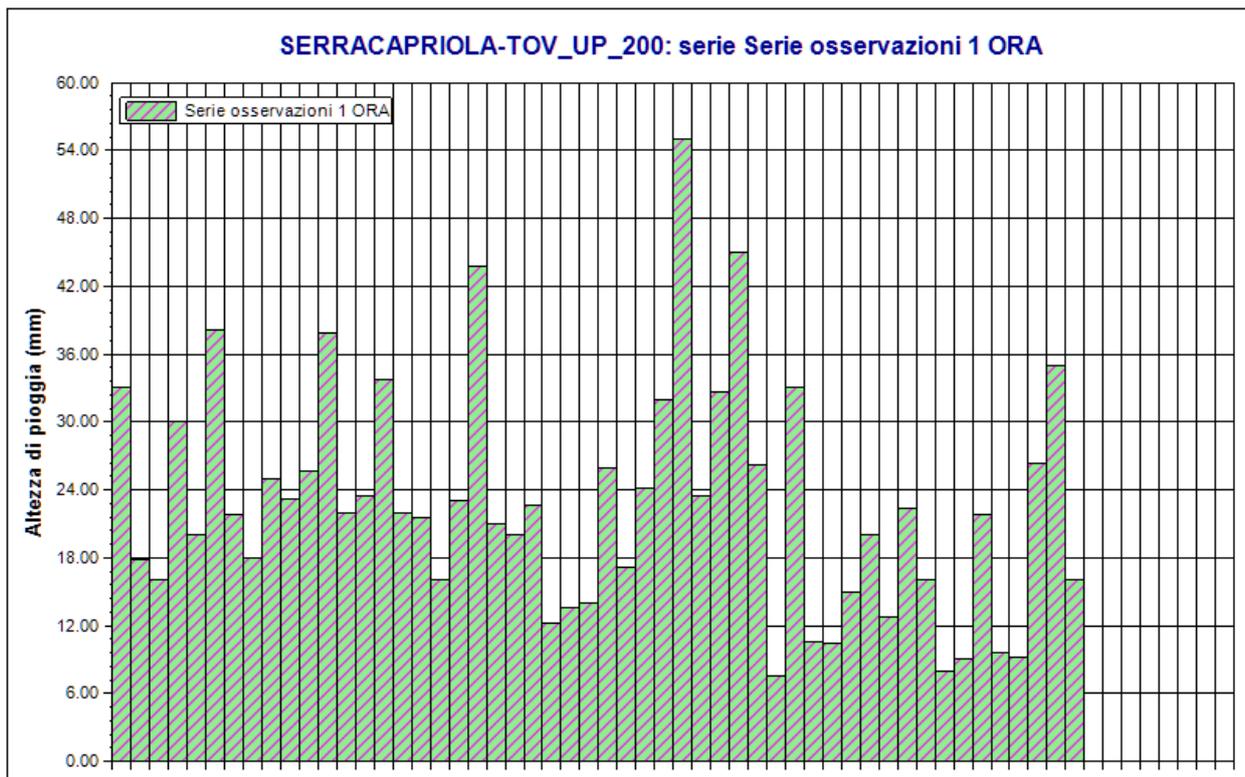
### Serie osservazioni

n	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1	33.0	18.6	29.0	32.4	50.2
2	17.8	18.8	37.8	75.4	89.6
3	16.0	34.4	41.6	53.0	69.2
4	30.0	30.4	30.4	30.4	34.0
5	20.0	59.0	63.6	65.0	68.6
6	38.2	44.2	63.6	64.2	66.4
7	21.8	31.2	41.8	64.4	74.2
8	18.0	41.6	52.0	59.6	82.0
9	25.0	34.2	40.6	50.6	52.2
10	23.2	54.0	73.0	88.2	121.4
11	25.6	57.2	78.2	87.2	87.8
12	37.8	40.4	49.2	58.8	59.2
13	22.0	33.0	39.2	41.0	49.0
14	23.4	36.4	36.4	37.2	37.8
15	33.8	61.4	78.0	85.4	105.4
16	22.0	33.2	33.6	55.0	67.6
17	21.6	32.4	45.2	64.0	96.8
18	16.0	26.6	37.2	44.0	56.6
19	23.0	49.6	49.8	71.8	72.0
20	43.8	33.8	34.2	35.6	43.0
21	21.0	31.6	37.8	43.8	45.4
22	20.0	31.2	48.8	54.4	64.6
23	22.6	23.4	40.8	45.2	45.6
24	12.2	27.4	34.2	49.8	67.8
25	13.6	23.8	26.6	33.2	36.0
26	14.0	36.6	37.4	38.4	46.4
27	26.0	20.8	22.6	27.8	46.8
28	17.2	38.6	42.2	56.0	106.6
29	24.2	35.4	42.0	44.6	63.6
30	32.0	88.0	98.2	103.2	122.4
31	55.0	31.2	37.6	50.4	54.0
32	23.4	42.4	43.0	43.6	57.8

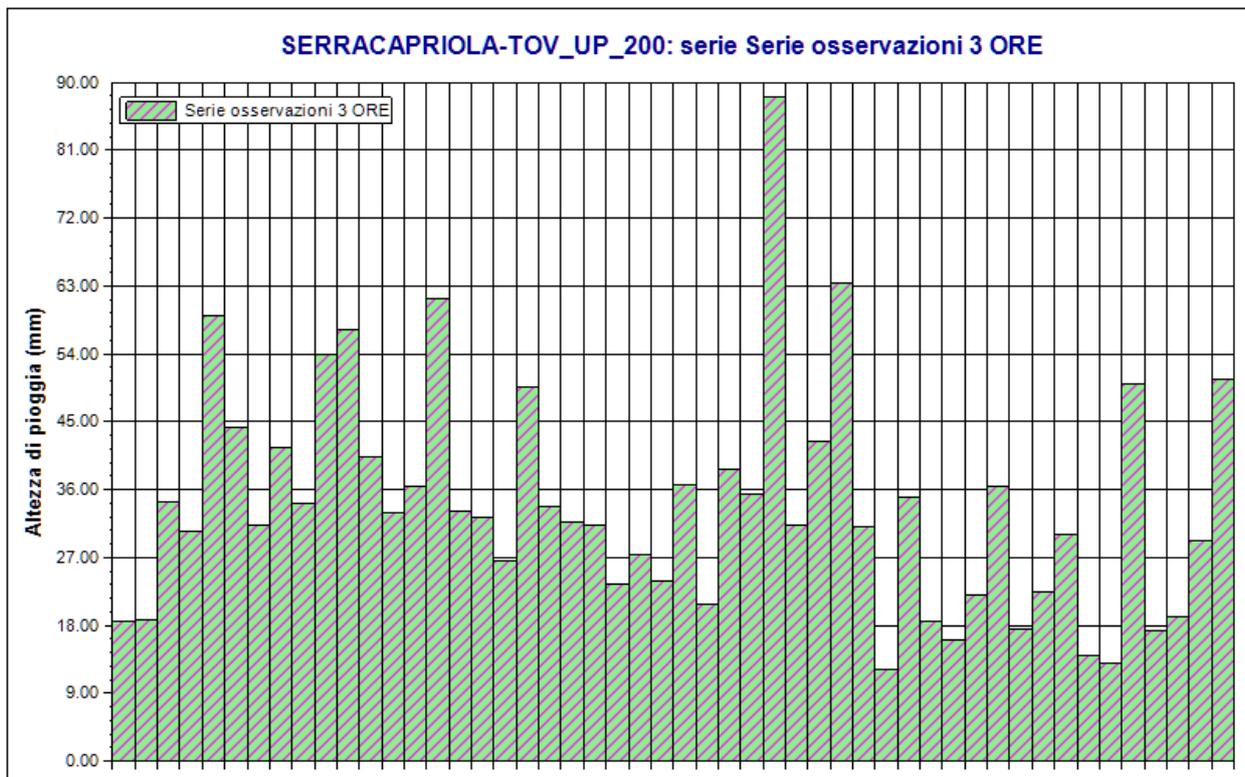
n	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
33	32.6	63.4	69.2	77.2	77.2
34	45.0	31.0	31.2	32.2	43.0
35	26.2	12.2	12.6	18.8	31.2
36	7.6	35.0	39.8	40.4	40.4
37	33.0	18.6	27.0	39.6	56.6
38	10.6	16.0	24.4	35.0	36.6
39	10.4	22.0	37.0	74.2	80.6
40	15.0	36.4	52.0	52.8	52.8
41	20.0	17.4	24.4	30.0	48.0
42	12.8	22.4	22.4	22.4	35.6
43	22.4	30.0	40.0	68.0	90.4
44	16.0	14.0	20.0	23.0	45.0
45	8.0	13.0	25.0	44.6	57.8
46	9.0	50.0	64.8	71.8	73.6
47	21.8	17.2	21.0	32.0	32.4
48	9.6	19.2	26.0	31.8	41.8
49	9.2	29.2	29.2	51.4	86.4
50	26.4	50.6	65.2	97.6	100.6
51	35.0	22.0	33.0	36.0	47.8
52	16.0	-	-	-	-

### Dati Statistici

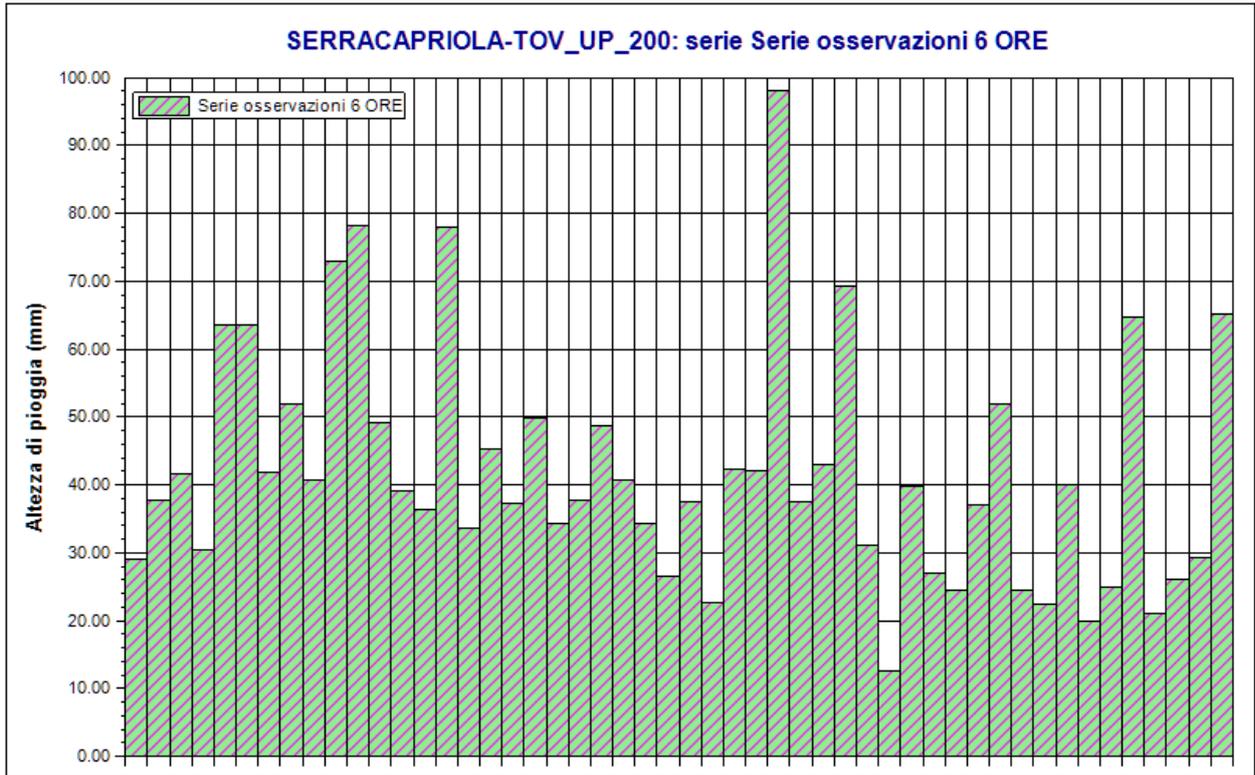
Parametro	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Dimensione campione	52	51	51	51	51
Somma dei dati	1179.8	1720.4	2129.8	2632.4	3217.8
Valore minimo	7.6	12.2	12.6	18.8	31.2
Valore massimo	55.0	88.0	98.2	103.2	122.4
Valore medio	22.69	33.73	41.76	51.62	63.09
Dev. standard	10.12	15.04	17.34	20.06	23.34
Coeff. variazione	0.446	0.446	0.415	0.389	0.370
Coeff. asimmetria	0.906	1.200	1.129	0.675	0.820



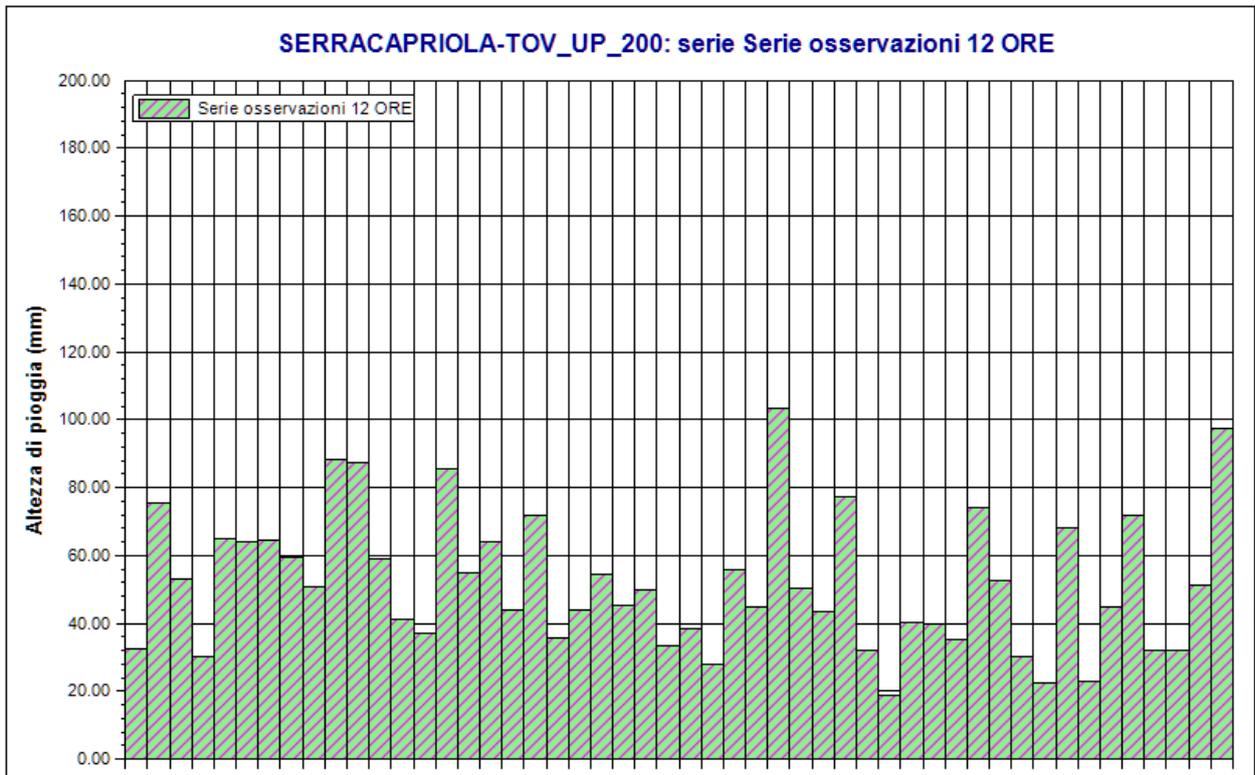
SERRACAPRIOLA-TOV\_UP\_200. Serie osservazioni 1 ORA. Durata 1 ora



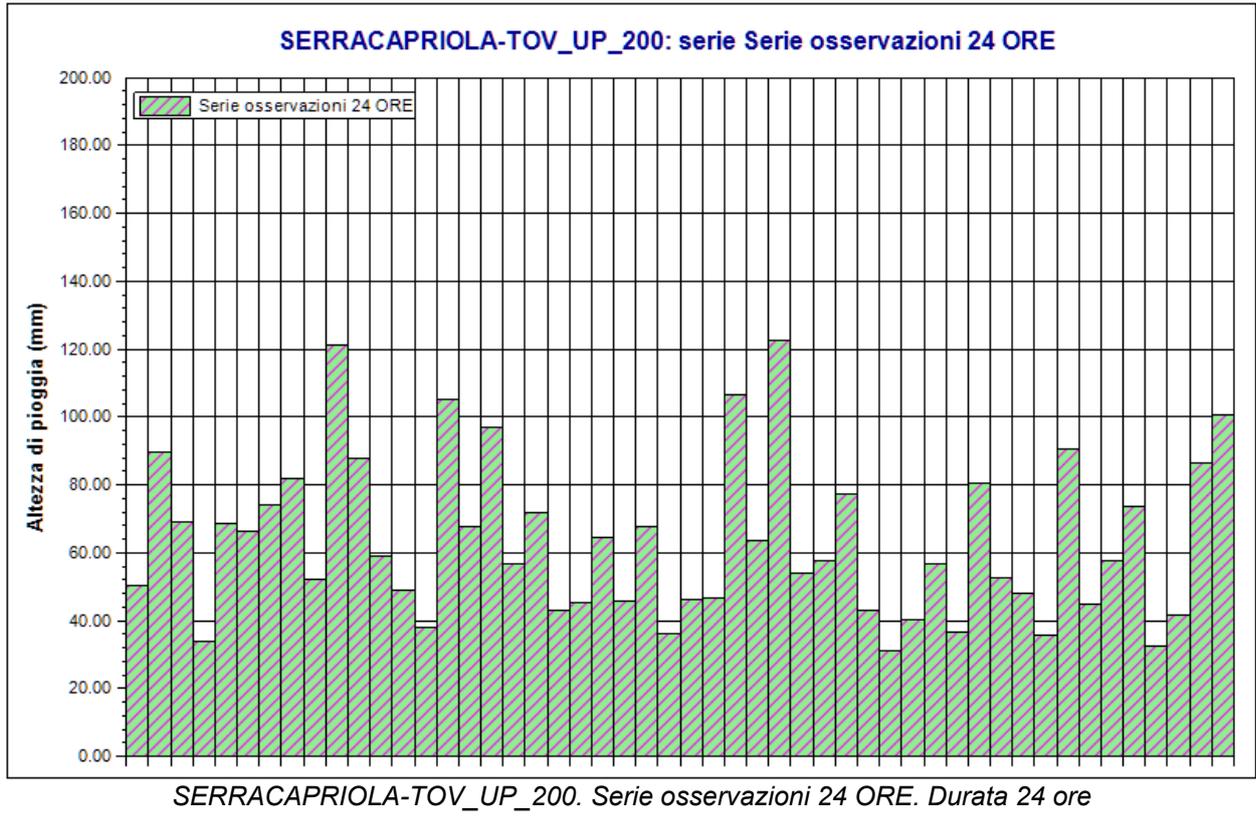
SERRACAPRIOLA-TOV\_UP\_200. Serie osservazioni 3 ORE. Durata 3 ore



SERRACAPRIOLA-TOV\_UP\_200. Serie osservazioni 6 ORE. Durata 6 ore



SERRACAPRIOLA-TOV\_UP\_200. Serie osservazioni 12 ORE. Durata 12 ore



**Rapporto sull'elaborazione probabilistica:****Elaborazione TCEV primo livello TOV\_UP\_200****Modello TCEV (Two Components Extreme Value)**

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 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  $\Lambda_1$  e  $\Lambda_2$  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 ha che la CDF di  $y$  è data da:

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

avendo posto:

$$\mathcal{G}_* = \frac{\mathcal{G}_2}{\mathcal{G}_1} \quad \text{e} \quad \Lambda_* = \frac{\Lambda_2}{\Lambda_1^{1/\mathcal{G}_*}}$$

La media della distribuzione TCEV è data dall'espressione:

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

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

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

Il coefficiente di variazione teorico dipende da  $\Lambda_1$ ,  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  ed è quindi indipendente da  $\mathcal{G}_1$ .

Il coefficiente di asimmetria teorico dipende da  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  ed è quindi indipendente da  $\Lambda_1$  e  $\mathcal{G}_1$ .

### **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  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  e delle sottoregioni di queste, più limitate, in cui sia costante pure il coefficiente di variazione e, quindi, il parametro  $\Lambda_1$ .

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  $\Lambda^*$  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  $\Lambda^*$ ,  $\mathcal{G}^*$  e  $\Lambda_1$ .  $\Lambda_1$  può quindi essere stimato in base a tutte le serie storiche ricadenti nella sottozona.

In una sottozona rimane costante la CDF di  $x/\mu$ . Infatti dall'espressione della CDF della TCEV, introducendo i parametri  $\Lambda^*$  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

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

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:

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

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

b) Al livello di regionalizzazione uno, in cui i parametri  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  sono stimati a livello regionale e  $\Lambda_1$  e  $\mathcal{G}_1$  dalla singola serie:

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

c) Al livello di regionalizzazione due, in cui i parametri  $\Lambda^*$ ,  $\mathcal{G}^*$  e  $\Lambda_1$  sono stimati a livello regionale e  $\mathcal{G}_1$  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:

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

## Dati Elaborazione

Stazione di misura: SERRACAPRIOLA-TOV\_UP\_200

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	52	51	51	51	51
Valore medio	22.69	33.73	41.76	51.62	63.09
Dev. standard	10.12	15.04	17.34	20.06	23.34
<b>Parametri regionali</b>					
Descrizione	Parametri zona: Puglia - Durata: Unica				
Lambda*	0.77200	0.77200	0.77200	0.77200	0.77200
Teta*	2.35200	2.35200	2.35200	2.35200	2.35200
<b>Parametri stimati</b>					
Lambda 1	12.33540	15.95556	21.70403	22.77489	45.16353
Teta 1	5.26146	7.31896	8.53805	10.43280	11.00886
Lambda 2	2.24669	2.50645	2.85676	2.91586	3.90107
Teta 2	12.37496	17.21418	20.08149	24.53794	25.89284

### Espressioni delle CDF della distribuzione

TCEV primo livello: Serie osservazioni 1 ORA	$F_x(x) = \exp \left[ -12.34 \exp \left( -\frac{x}{5.261} \right) - 2.25 \exp \left( -\frac{x}{12.375} \right) \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 3 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -15.96 \exp \left( -\frac{x}{7.319} \right) - 2.51 \exp \left( -\frac{x}{17.214} \right) \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 6 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -21.70 \exp \left( -\frac{x}{8.538} \right) - 2.86 \exp \left( -\frac{x}{20.081} \right) \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 12 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -22.77 \exp \left( -\frac{x}{10.433} \right) - 2.92 \exp \left( -\frac{x}{24.538} \right) \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 24 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -45.16 \exp \left( -\frac{x}{11.009} \right) - 3.90 \exp \left( -\frac{x}{25.893} \right) \right]$

### Espressioni delle Curve di crescita

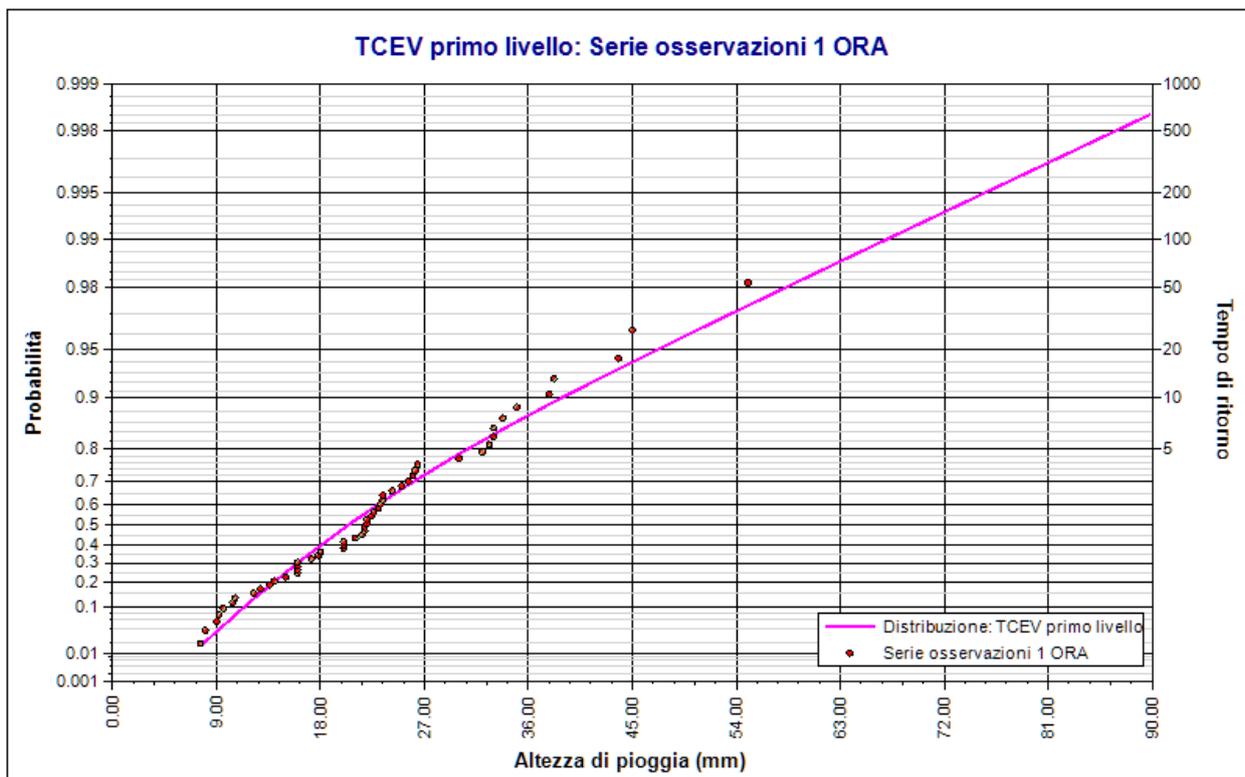
TCEV primo livello: Serie osservazioni 1 ORA	$F_X(x) = \exp \left[ -12.335 (83.521)^{-x} - 2.247 (6.563)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 3 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -15.956 (108.033)^{-x} - 2.506 (7.322)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 6 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -21.704 (146.955)^{-x} - 2.857 (8.345)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 12 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -22.775 (154.206)^{-x} - 2.916 (8.518)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 24 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -45.164 (305.796)^{-x} - 3.901 (11.395)^{-x} \right]$

### Frattili distribuzioni probabilistiche

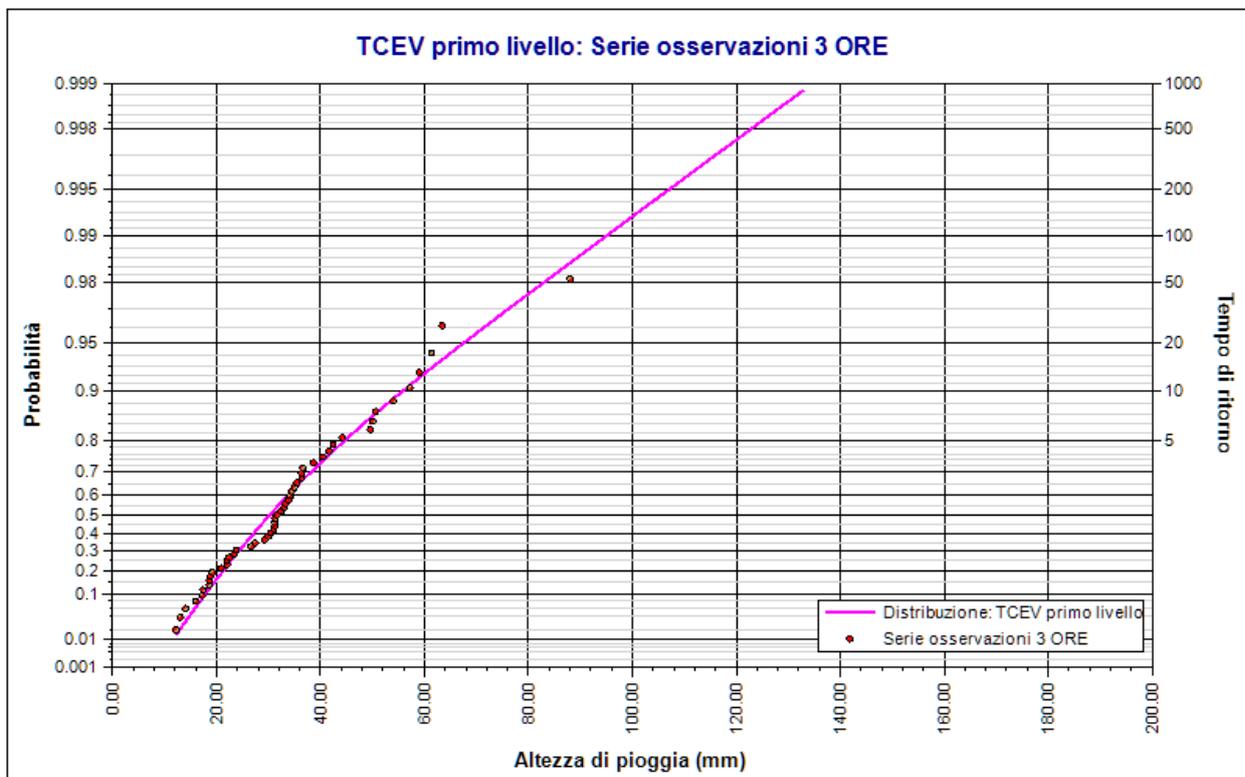
Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2 anni	20.33	30.17	37.82	46.72	56.83
5 anni	30.74	44.65	54.71	67.35	78.61
10 anni	38.81	55.87	67.80	83.35	95.49
20 anni	47.16	67.49	81.35	99.91	112.96
50 anni	58.42	83.15	99.62	122.23	136.52
100 anni	66.99	95.07	113.53	139.23	154.45
200 anni	75.57	107.01	127.46	156.24	172.41
500 anni	86.92	122.79	145.87	178.74	196.15
1000 anni	95.50	134.72	159.79	195.75	214.10

### Fattori di crescita

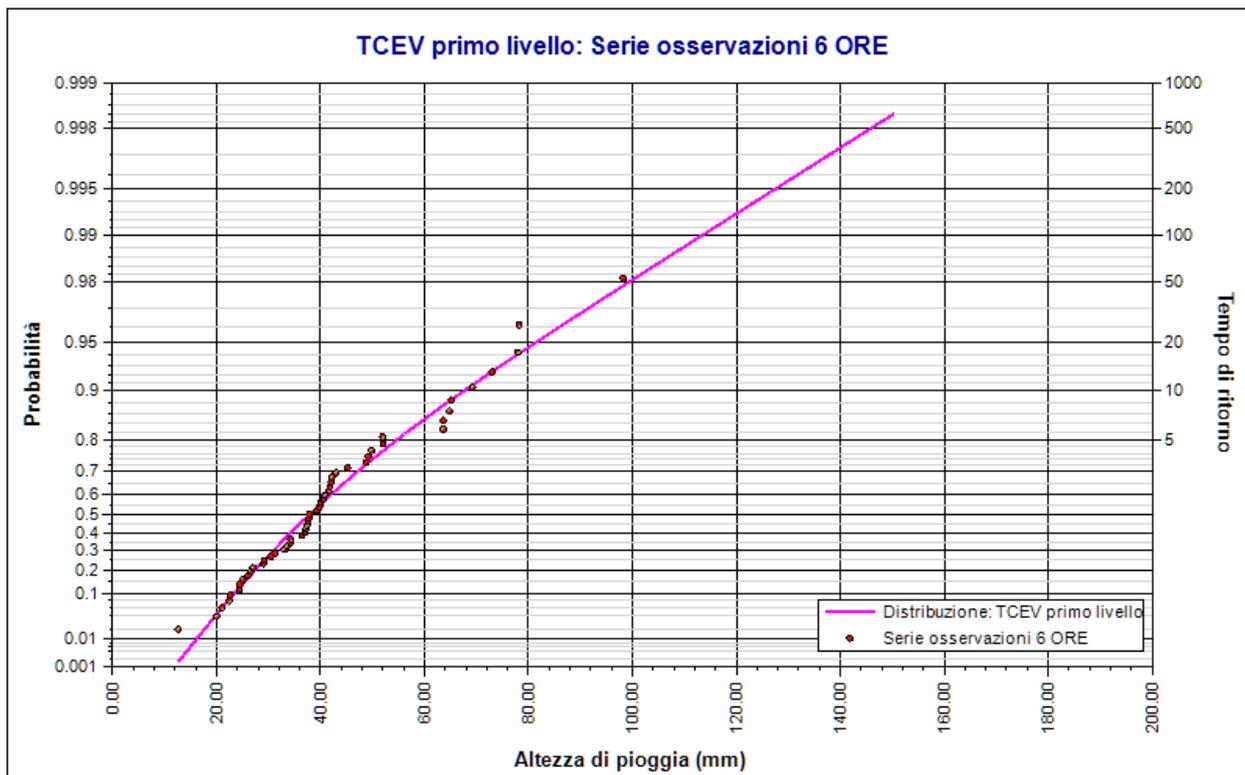
Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2 anni	0.87	0.88	0.89	0.89	0.90
5 anni	1.32	1.30	1.28	1.28	1.25
10 anni	1.67	1.63	1.59	1.59	1.52
20 anni	2.03	1.97	1.91	1.90	1.79
50 anni	2.51	2.43	2.34	2.33	2.17
100 anni	2.88	2.77	2.66	2.65	2.45
200 anni	3.25	3.12	2.99	2.97	2.74
500 anni	3.73	3.58	3.42	3.40	3.11
1000 anni	4.10	3.93	3.75	3.72	3.40



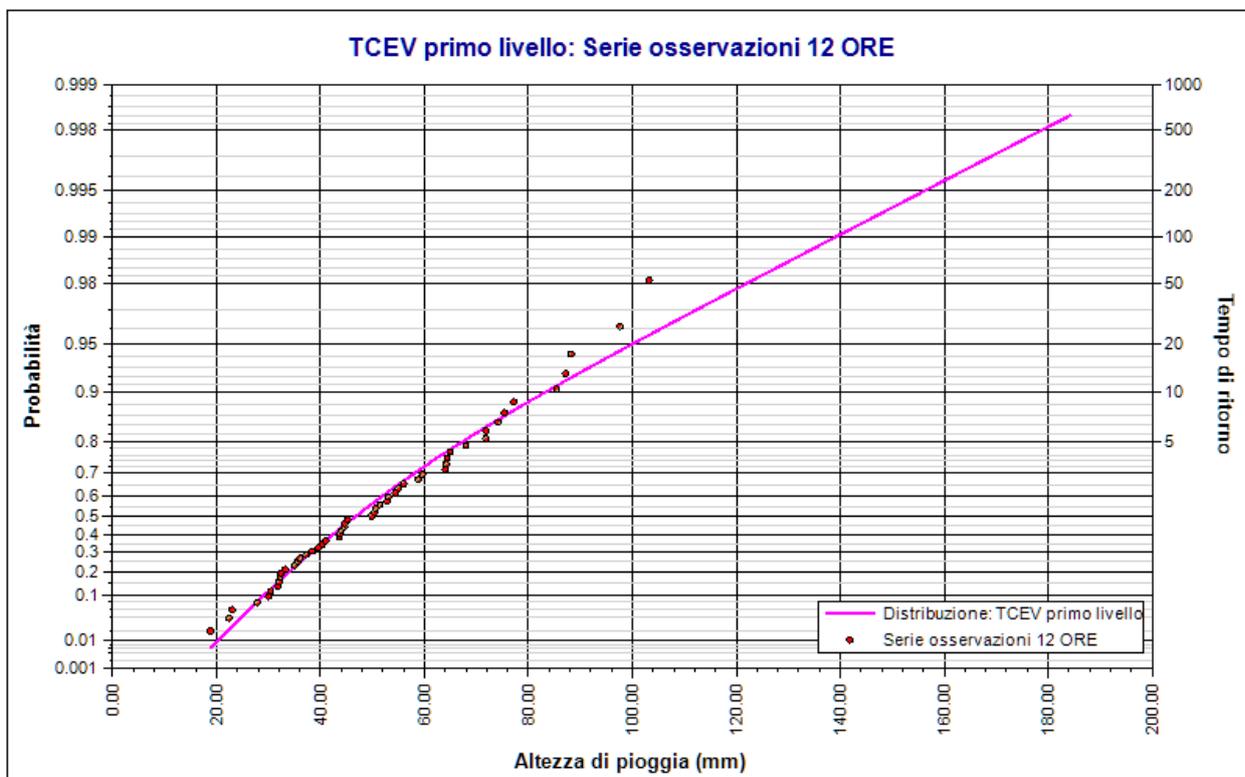
Elaborazione TCEV primo livello TOV\_UP\_200. TCEV primo livello: Serie osservazioni 1 ORA. Durata 1 ora



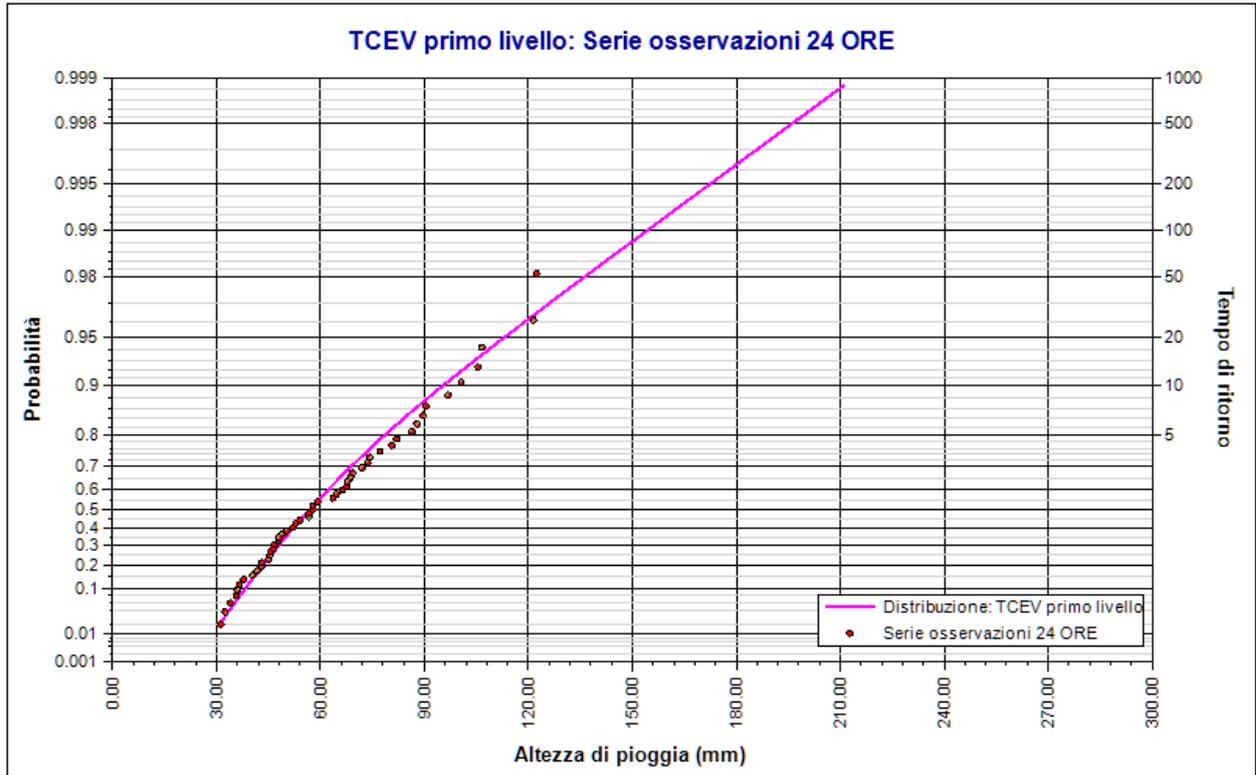
Elaborazione TCEV primo livello TOV\_UP\_200. TCEV primo livello: Serie osservazioni 3 ORE. Durata 3 ore



Elaborazione TCEV primo livello TOV\_UP\_200. TCEV primo livello: Serie osservazioni 6 ORE. Durata 6 ore



Elaborazione TCEV primo livello TOV\_UP\_200. TCEV primo livello: Serie osservazioni 12 ORE. Durata 12 ore



Elaborazione TCEV primo livello TOV\_UP\_200. TCEV primo livello: Serie osservazioni 24 ORE. Durata 24 ore

## Rapporto sulla curva di pioggia:

<b>Curva pioggia calcolata TCEV PRIMO LIVELLO TOV_UP_200</b>
--

## Dati Curva di pioggia

Tipo: Curva di pioggia calcolata

Elaborazione probabilistica: Elaborazione TCEV primo livello TOV\_UP\_200

Tempo di ritorno: 200.000 anni

Numero punti: 5

Durate di calcolo: 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore

## Tabella punti di calcolo

n	Durata		Altezza (mm)
	(ore)	(minuti)	
1	1.000	60	75.570
2	3.000	180	107.005
3	6.000	360	127.456
4	12.000	720	156.243
5	24.000	1440	172.407

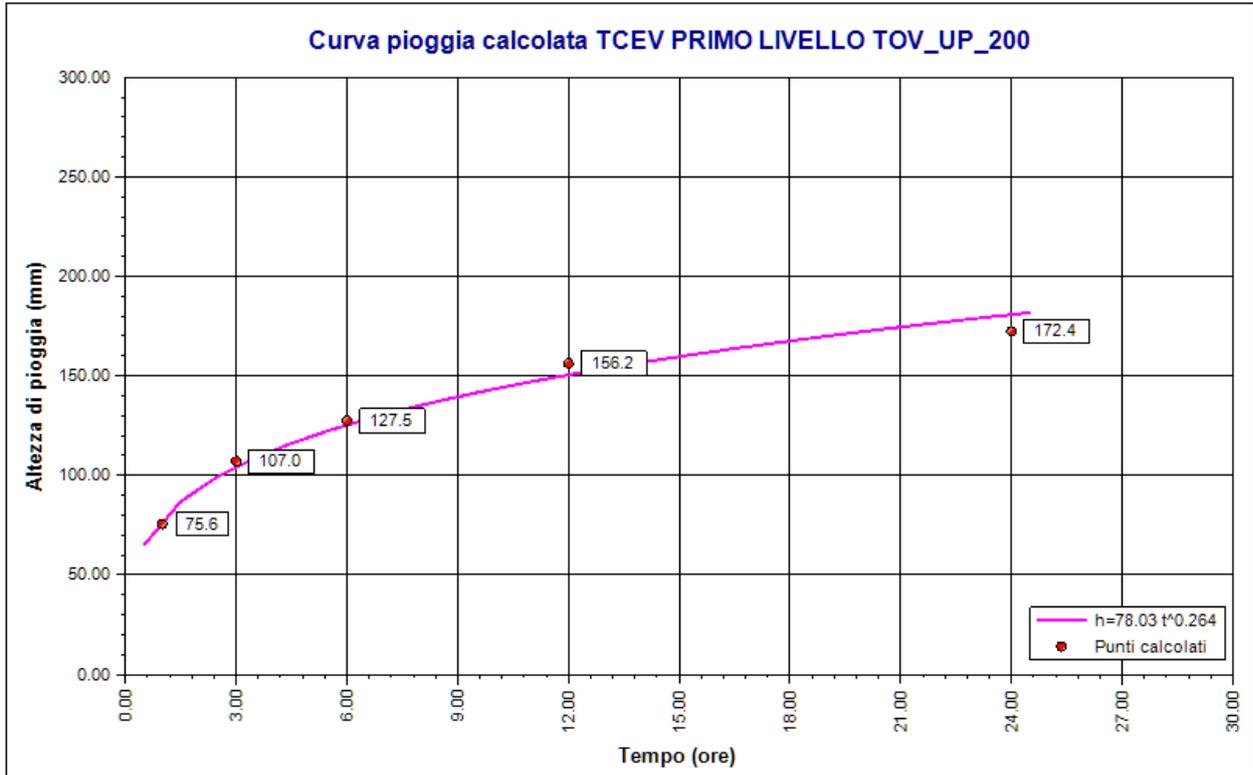
## Risultati interpolazione

Coefficienti curva			Espressione
a	n	correlazione (r)	
78.03	0.26	0.99	<b><math>h(t) = 78.0 t^{0.264}</math></b>

## Valori curva di pioggia

t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)
1	78.034	9	139.495	17	165.037
2	93.727	10	143.435	18	167.550
3	104.333	11	147.095	19	169.962
4	112.577	12	150.518	20	172.282
5	119.418	13	153.737	21	174.519
6	125.316	14	156.779	22	176.679
7	130.528	15	159.665	23	178.767

t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)
8	135.218	16	162.413	24	180.790



*Curva pioggia calcolata TCEV PRIMO LIVELLO TOV\_UP\_200*

## Rapporto pluviogramma sintetico:

<b>Pluviogramma sintetico TCEV I LIV TOV_UP_200</b>
---

## Dati Pluviogramma

Tipo: Pluviogramma sintetico

Curva di pioggia: Curva pioggia calcolata TCEV PRIMO LIVELLO TOV\_UP\_200

Durata: 0.568 ore

Altezza di pioggia complessiva: 67.670 mm

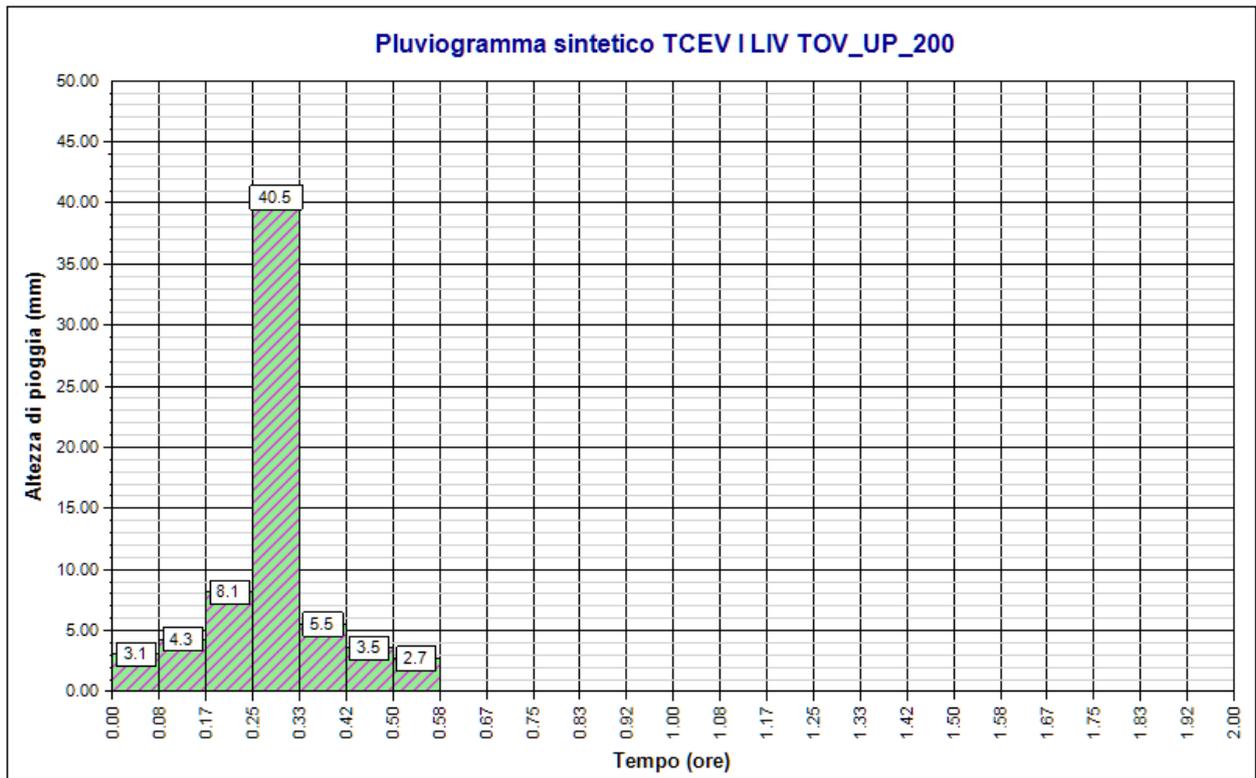
Intervallo di discretizzazione: 5

## Curva di pioggia

Coefficienti curva		Espressione
a	n	
78.03	0.26	<b><math>h(t) = 78.0 t^{0.264}</math></b>

## Tabella pluviogramma

n	Estremi intervallo (ore)		Estremi intervallo (minuti)		Altezza (mm)
	t(i)	t(i+1)	t(i)	t(i+1)	
1	0.000	0.083	0	5	3.057
2	0.083	0.167	5	10	4.274
3	0.167	0.250	10	15	8.136
4	0.250	0.333	15	20	40.455
5	0.333	0.417	20	25	5.498
6	0.417	0.500	25	30	3.547
7	0.500	0.583	30	35	2.702



*Pluviogramma sintetico TCEV I LIV TOV\_UP\_200*

**Rapporto idrogramma:****Idrogramma SCS TCEV I TOV\_UP\_200****Modello SCS-CN**

Il modello idrologico SCS-CN permette di simulare il deflusso superficiale in corrispondenza di una data precipitazione. Il processo di trasformazione afflussi-deflussi è suddiviso nelle seguenti fasi:

- a) Determinazione delle piogge nette;
- b) Trasformazione delle piogge nette in deflussi superficiali.

È necessario definire un pluviogramma, che viene considerato uniformemente distribuito sull'intero bacino.

Le piogge nette si calcolano, a partire dal pluviogramma, secondo il metodo del Curve Number (CN) proposto dall'SCS (Soil Conservation Service). L'equazione di continuità:

$$R = P - S$$

dove:

- $R$  è il deflusso fino all'istante  $t$  (mm)
- $P$  è la precipitazione fino all'istante  $t$  (mm)
- $S$  sono le perdite fino all'istante  $t$  (mm)

viene modificata ipotizzando che vi sia una relazione di proporzionalità tra perdite  $S$  e massima altezza immagazzinabile nel terreno a saturazione,  $S'$  (mm):

$$\frac{S}{S'} = \frac{R}{P}$$

e assume la forma seguente:

$$R = \frac{P^2}{P + S'} [mm]$$

che definisce l'andamento nel tempo del deflusso  $R$  nota la precipitazione  $P$  e la massima infiltrazione  $S'$ .

Considerando che un'aliquota di  $P$  si invasa nelle depressioni superficiali o si infiltra prima che il deflusso abbia inizio, si può scrivere:

$$R = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S'} [mm]$$

essendo  $Ia$  (mm) la perdita iniziale (*Initial abstraction*).

L'unico parametro del modello risulta quindi essere l'altezza massima immagazzinabile nel terreno a saturazione  $S'$  (mm), che si ricava dalla seguente formula:

$$S' = \frac{25400}{CN} - 254$$

dove  $CN$  (*Curve Number*) è un indice compreso tra 0 e 100 fornito dalle tabelle SCS in funzione del tipo di terreno, dell'utilizzazione del suolo e delle condizioni antecedenti di umidità.

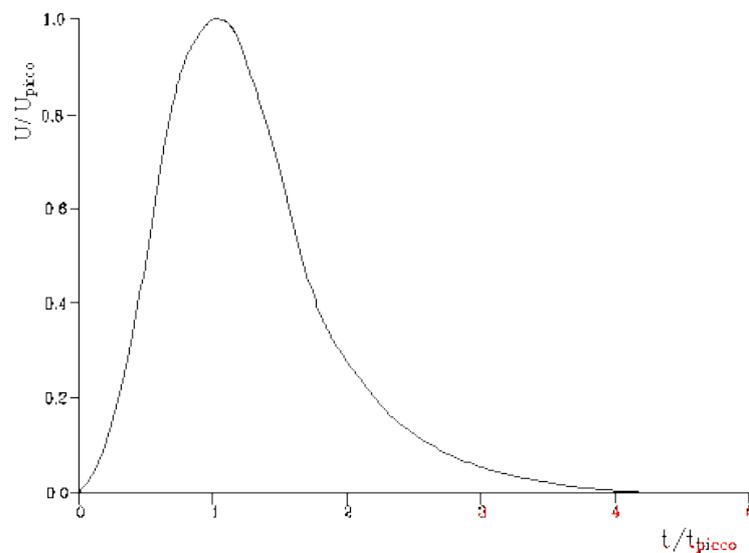
La trasformazione afflussi-deflussi quindi è ottenuta tramite l'idrogramma unitario SCS (1972) di seguito riportato, che richiede come unico parametro il tempo  $t_{LAG}$  (ore) pari al ritardo tra il baricentro del diagramma delle piogge nette e il picco dell'idrogramma unitario. Si può porre  $t_{LAG}=0,6 t_c$  con  $t_c$  tempo di corrivazione del bacino in esame.

L'istante e la portata di picco rispetto alla precipitazione unitaria sono calcolati come:

$$t_{picco} = 0,5\Delta t + t_{lag}$$

$$U_{picco} = 0,2084 \frac{A}{t_{picco}}$$

dove  $t_{picco}$  è il tempo in ore del picco dell'idrogramma unitario,  $\Delta t$  è l'intervallo di calcolo espresso in ore,  $U_{picco}$  è la portata massima dell'idrogramma unitario espressa in  $m^3/s/mm$  e  $A$  è l'area del sottobacino misurata in  $km^2$ .



*Idrogramma unitario adimensionalizzato SCS*

La portata è ottenuta tramite la sommatoria che discretizza l'integrale di convoluzione:

$$Q(i) = \sum_{j=1}^i U(j)P(i-j+1)$$

dove  $Q(i)$  è la portata alla fine dell'intervallo  $i$ -esimo,  $U(j)$  è la  $j$ -esima ordinata dell'idrogramma unitario, ricavabile dalla precedente figura, e  $P(i)$  è la pioggia netta all'intervallo  $i$ -esimo.

### Dati Idrogramma

Tipo: Idrogramma SCS

**Pluviogramma di input:** Pluviogramma sintetico TCEV I LIV TOV\_UP\_200

**Superficie del bacino:** 1.3 kmq

**Tlag:** 0.568 ore

**Astrazione iniziale:** 2.0 mm

**Curve Number:** 75.0

**Intervallo di calcolo:** 5 minuti

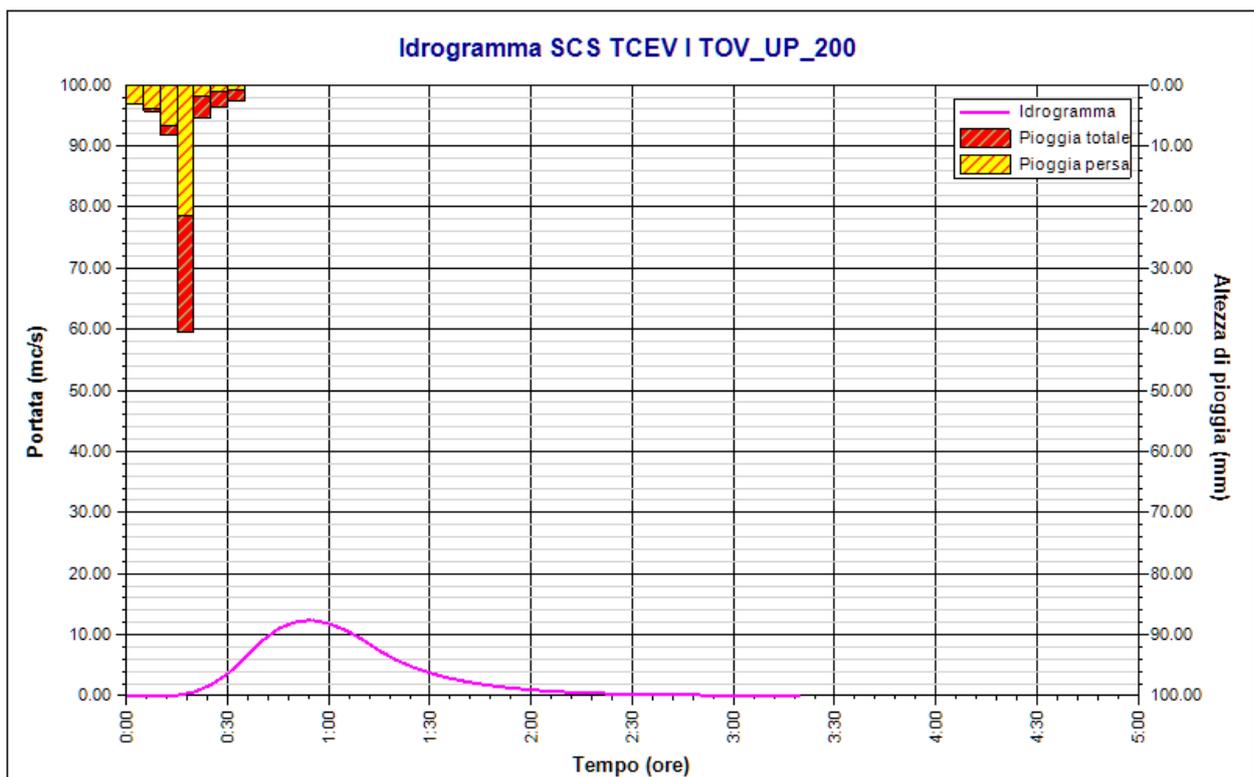
### Tabella idrogramma

n	Tempo		Afflusso (mm)	Pioggia persa (mm)	Pioggia netta (mm)	Portata (mc/s)
	(ore)	(minuti)				
1	0.000	0	3.057	3.044	0.013	0.0
2	0.083	5	4.274	3.971	0.303	0.0
3	0.167	10	8.136	6.604	1.532	0.0
4	0.250	15	40.455	21.323	19.132	0.1
5	0.333	20	5.498	1.974	3.524	0.6
6	0.417	25	3.547	1.195	2.351	1.8
7	0.500	30	2.702	0.873	1.830	3.6
8	0.583	35	0.000	0.000	0.000	6.2
9	0.667	40	0.000	0.000	0.000	8.9
10	0.750	45	0.000	0.000	0.000	11.0
11	0.833	50	0.000	0.000	0.000	12.1
12	0.917	55	0.000	0.000	0.000	12.4
13	1.000	60	0.000	0.000	0.000	11.8
14	1.083	65	0.000	0.000	0.000	10.7
15	1.167	70	0.000	0.000	0.000	9.2
16	1.250	75	0.000	0.000	0.000	7.4
17	1.333	80	0.000	0.000	0.000	5.9
18	1.417	85	0.000	0.000	0.000	4.7
19	1.500	90	0.000	0.000	0.000	3.7
20	1.583	95	0.000	0.000	0.000	3.0
21	1.667	100	0.000	0.000	0.000	2.4
22	1.750	105	0.000	0.000	0.000	1.9
23	1.833	110	0.000	0.000	0.000	1.5
24	1.917	115	0.000	0.000	0.000	1.2
25	2.000	120	0.000	0.000	0.000	1.0
26	2.083	125	0.000	0.000	0.000	0.8
27	2.167	130	0.000	0.000	0.000	0.6
28	2.250	135	0.000	0.000	0.000	0.5
29	2.333	140	0.000	0.000	0.000	0.4
30	2.417	145	0.000	0.000	0.000	0.3
31	2.500	150	0.000	0.000	0.000	0.2
32	2.583	155	0.000	0.000	0.000	0.2
33	2.667	160	0.000	0.000	0.000	0.1

n	Tempo		Afflusso (mm)	Pioggia persa (mm)	Pioggia netta (mm)	Portata (mc/s)
	(ore)	(minuti)				
34	2.750	165	0.000	0.000	0.000	0.1
35	2.833	170	0.000	0.000	0.000	0.1
36	2.917	175	0.000	0.000	0.000	0.1
37	3.000	180	0.000	0.000	0.000	0.1
38	3.083	185	0.000	0.000	0.000	0.1
39	3.167	190	0.000	0.000	0.000	0.0
40	3.250	195	0.000	0.000	0.000	0.0
41	3.333	200	0.000	0.000	0.000	0.0

**Tabella risultati**

Parametro	Valore	U.M.
Portata massima	12.4	mc/s
Istante picco	0.917	ore
Istante picco	55.0	minuti
Durata totale evento	3.333	ore
Volume afflusso	88	mc x 1000
Volume deflusso	37	mc x 1000
Altezza afflusso	67.670	mm
Altezza deflusso	28.721	mm
Coeff. deflusso	0.42	-
Coeff. udometrico	9.54	mc/s/kmq



*Idrogramma SCS TCEV I TOV\_UP\_200*

## Rapporto sulla stazione di misura:

<b>SERRACAPRIOLA-TOV_UP_500</b>
---------------------------------

**Descrizione**  
TOVAGLIA\_UP

**Dati Stazione**

**Codice:** 16249  
**Bacino:** TOV\_UP  
**Comune:** SERRACAPRIOLA  
**Quota:** 270.0 m s.l.m.  
**Latitudine:** 41,8  
**Longtudine:** 15,15

**Dati Serie**

**Serie presenti:** 5  
**Durate presenti:** 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore  
**Minima dimensione serie:** 51  
**Massima dimensione serie:** 52

<b>Serie n. 1</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 1 ORA
<b>Durata</b>	1 ora
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 2</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 3 ORE
<b>Durata</b>	3 ore
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 3</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 6 ORE
<b>Durata</b>	6 ore
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 4</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 12 ORE
<b>Durata</b>	12 ore

<b>Serie n. 4</b>	
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 5</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 24 ORE
<b>Durata</b>	24 ore
<b>Descrizione</b>	

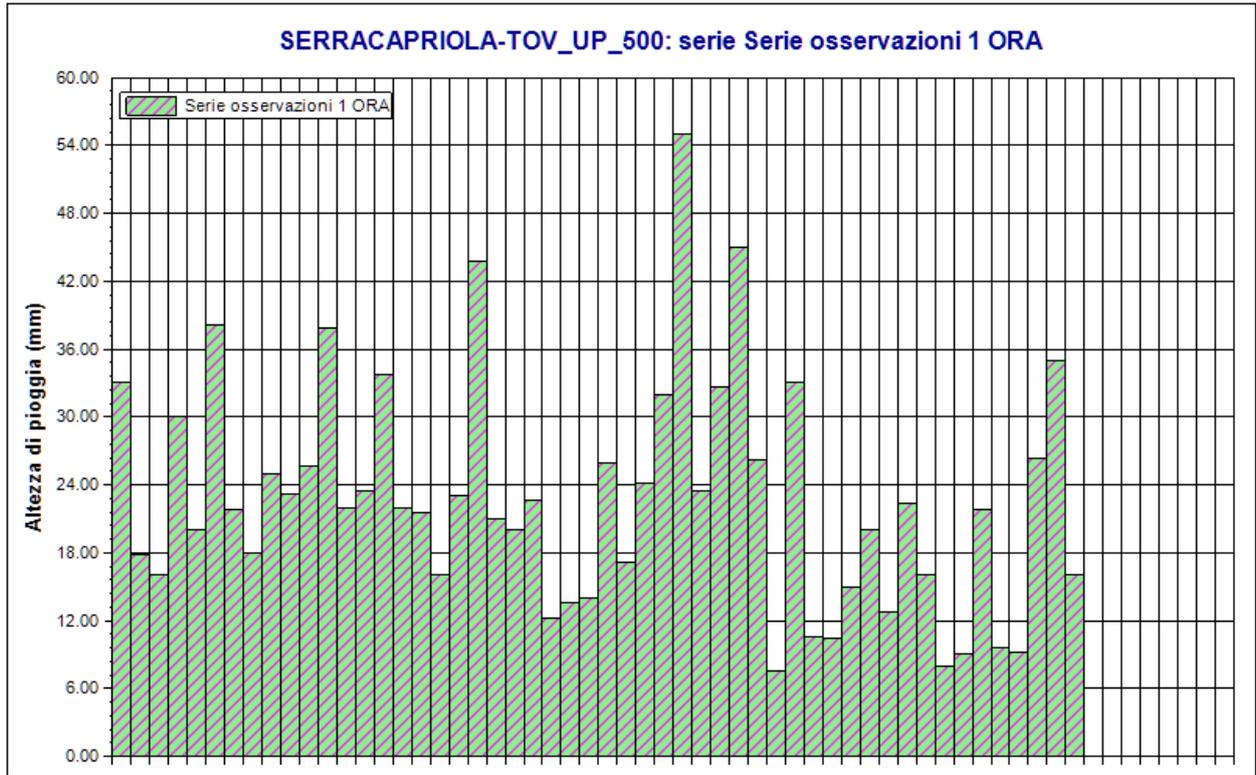
### Serie osservazioni

n	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1	33.0	18.6	29.0	32.4	50.2
2	17.8	18.8	37.8	75.4	89.6
3	16.0	34.4	41.6	53.0	69.2
4	30.0	30.4	30.4	30.4	34.0
5	20.0	59.0	63.6	65.0	68.6
6	38.2	44.2	63.6	64.2	66.4
7	21.8	31.2	41.8	64.4	74.2
8	18.0	41.6	52.0	59.6	82.0
9	25.0	34.2	40.6	50.6	52.2
10	23.2	54.0	73.0	88.2	121.4
11	25.6	57.2	78.2	87.2	87.8
12	37.8	40.4	49.2	58.8	59.2
13	22.0	33.0	39.2	41.0	49.0
14	23.4	36.4	36.4	37.2	37.8
15	33.8	61.4	78.0	85.4	105.4
16	22.0	33.2	33.6	55.0	67.6
17	21.6	32.4	45.2	64.0	96.8
18	16.0	26.6	37.2	44.0	56.6
19	23.0	49.6	49.8	71.8	72.0
20	43.8	33.8	34.2	35.6	43.0
21	21.0	31.6	37.8	43.8	45.4
22	20.0	31.2	48.8	54.4	64.6
23	22.6	23.4	40.8	45.2	45.6
24	12.2	27.4	34.2	49.8	67.8
25	13.6	23.8	26.6	33.2	36.0
26	14.0	36.6	37.4	38.4	46.4
27	26.0	20.8	22.6	27.8	46.8
28	17.2	38.6	42.2	56.0	106.6
29	24.2	35.4	42.0	44.6	63.6
30	32.0	88.0	98.2	103.2	122.4
31	55.0	31.2	37.6	50.4	54.0
32	23.4	42.4	43.0	43.6	57.8

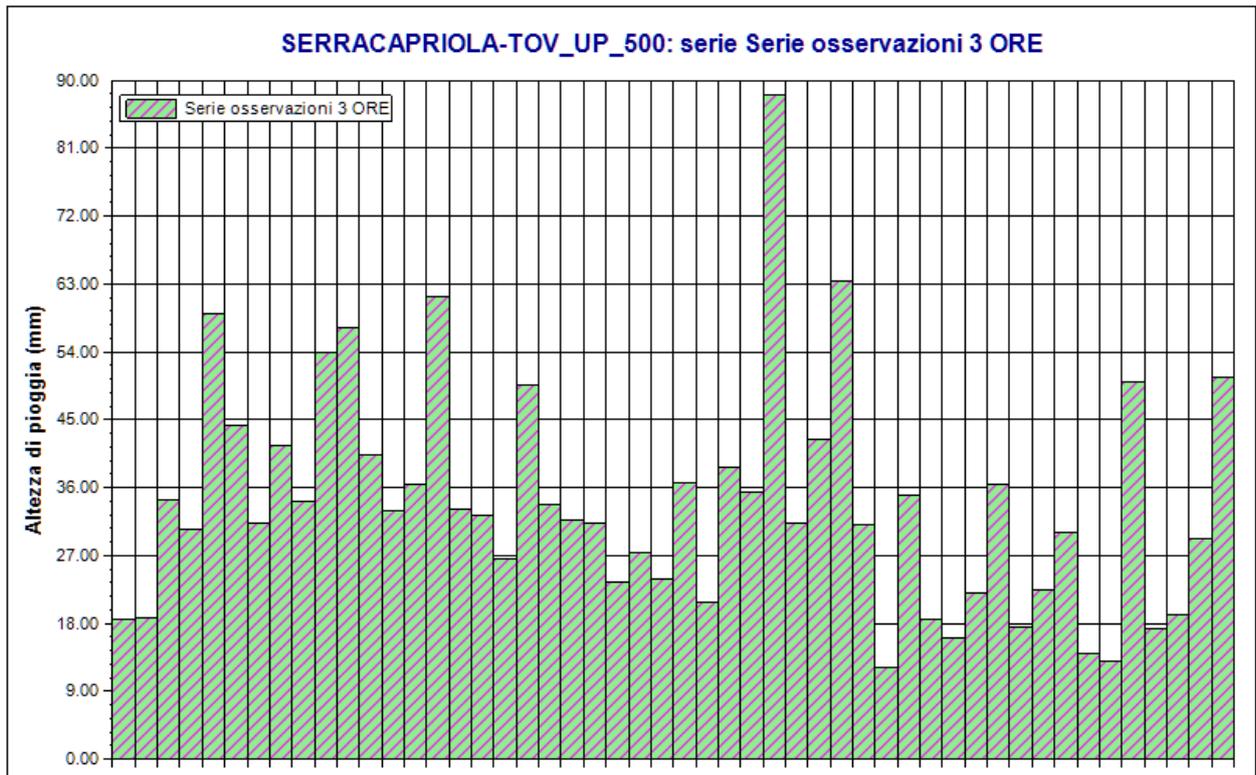
n	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
33	32.6	63.4	69.2	77.2	77.2
34	45.0	31.0	31.2	32.2	43.0
35	26.2	12.2	12.6	18.8	31.2
36	7.6	35.0	39.8	40.4	40.4
37	33.0	18.6	27.0	39.6	56.6
38	10.6	16.0	24.4	35.0	36.6
39	10.4	22.0	37.0	74.2	80.6
40	15.0	36.4	52.0	52.8	52.8
41	20.0	17.4	24.4	30.0	48.0
42	12.8	22.4	22.4	22.4	35.6
43	22.4	30.0	40.0	68.0	90.4
44	16.0	14.0	20.0	23.0	45.0
45	8.0	13.0	25.0	44.6	57.8
46	9.0	50.0	64.8	71.8	73.6
47	21.8	17.2	21.0	32.0	32.4
48	9.6	19.2	26.0	31.8	41.8
49	9.2	29.2	29.2	51.4	86.4
50	26.4	50.6	65.2	97.6	100.6
51	35.0	22.0	33.0	36.0	47.8
52	16.0	-	-	-	-

### Dati Statistici

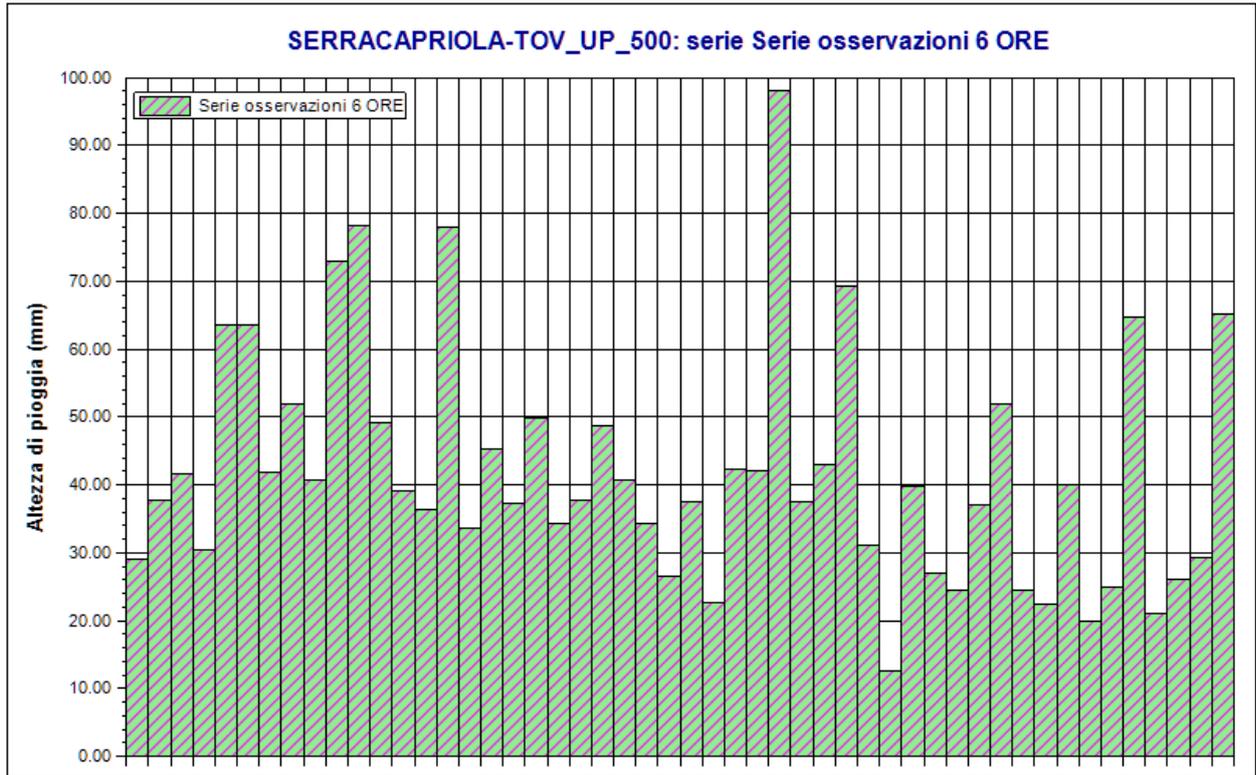
Parametro	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Dimensione campione	52	51	51	51	51
Somma dei dati	1179.8	1720.4	2129.8	2632.4	3217.8
Valore minimo	7.6	12.2	12.6	18.8	31.2
Valore massimo	55.0	88.0	98.2	103.2	122.4
Valore medio	22.69	33.73	41.76	51.62	63.09
Dev. standard	10.12	15.04	17.34	20.06	23.34
Coeff. variazione	0.446	0.446	0.415	0.389	0.370
Coeff. asimmetria	0.906	1.200	1.129	0.675	0.820



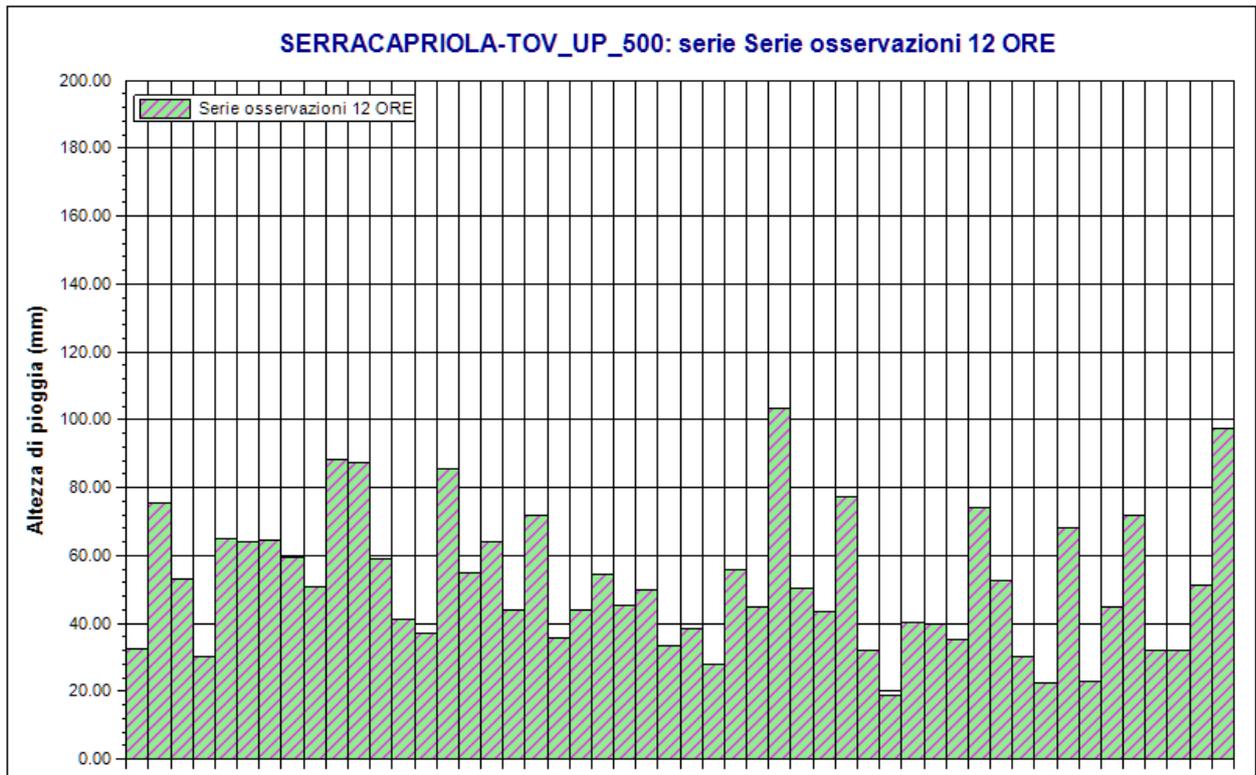
SERRACAPRIOLA-TOV\_UP\_500. Serie osservazioni 1 ORA. Durata 1 ora



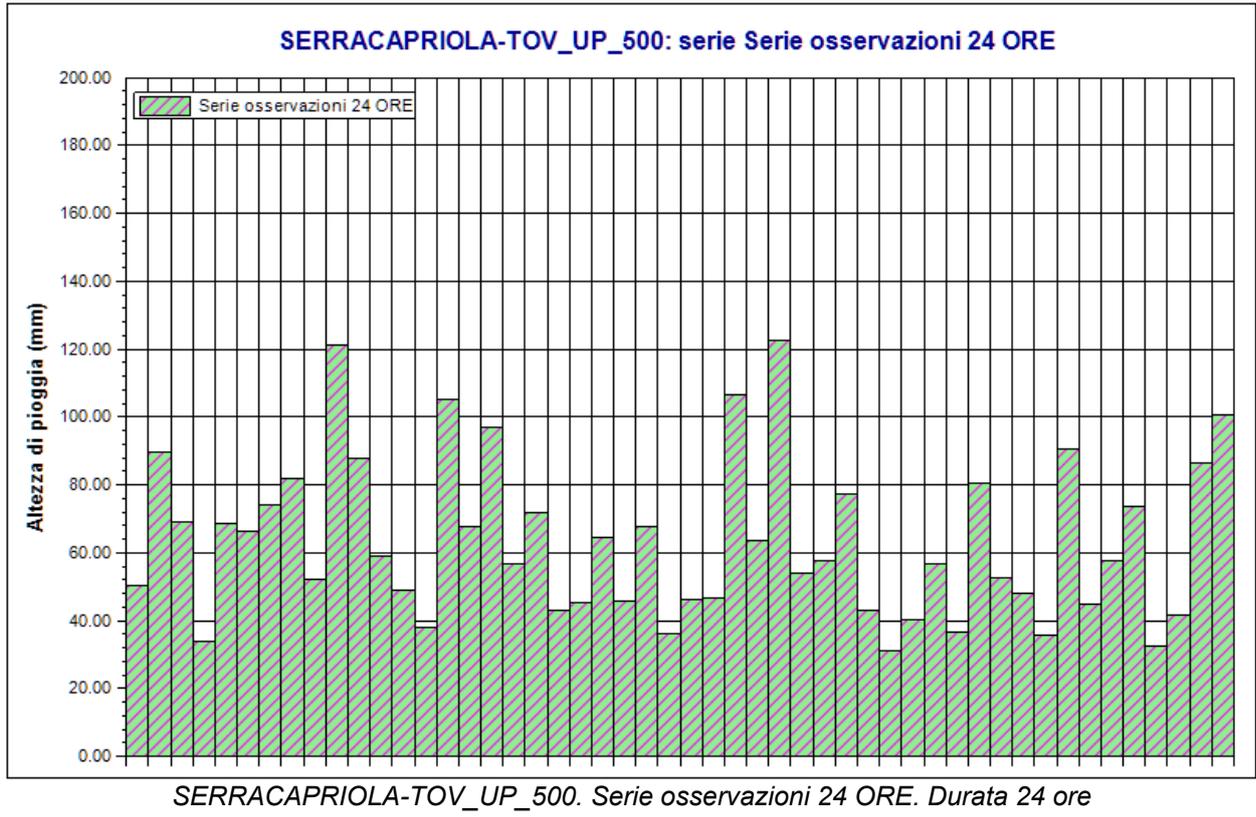
SERRACAPRIOLA-TOV\_UP\_500. Serie osservazioni 3 ORE. Durata 3 ore



SERRACAPRIOLA-TOV\_UP\_500. Serie osservazioni 6 ORE. Durata 6 ore



SERRACAPRIOLA-TOV\_UP\_500. Serie osservazioni 12 ORE. Durata 12 ore



**Rapporto sull'elaborazione probabilistica:****Elaborazione TCEV primo livello TOV\_UP\_500****Modello TCEV (Two Components Extreme Value)**

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 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  $\Lambda_1$  e  $\Lambda_2$  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 ha che la CDF di  $y$  è data da:

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

avendo posto:

$$\mathcal{G}_* = \frac{\mathcal{G}_2}{\mathcal{G}_1} \quad \text{e} \quad \Lambda_* = \frac{\Lambda_2}{\Lambda_1^{1/\mathcal{G}_*}}$$

La media della distribuzione TCEV è data dall'espressione:

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

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

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

Il coefficiente di variazione teorico dipende da  $\Lambda_1$ ,  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  ed è quindi indipendente da  $\mathcal{G}_1$ .

Il coefficiente di asimmetria teorico dipende da  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  ed è quindi indipendente da  $\Lambda_1$  e  $\mathcal{G}_1$ .

### **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  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  e delle sottoregioni di queste, più limitate, in cui sia costante pure il coefficiente di variazione e, quindi, il parametro  $\Lambda_1$ .

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  $\Lambda^*$  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  $\Lambda^*$ ,  $\mathcal{G}^*$  e  $\Lambda_1$ .  $\Lambda_1$  può quindi essere stimato in base a tutte le serie storiche ricadenti nella sottozona.

In una sottozona rimane costante la CDF di  $x/\mu$ . Infatti dall'espressione della CDF della TCEV, introducendo i parametri  $\Lambda^*$  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

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

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:

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

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

b) Al livello di regionalizzazione uno, in cui i parametri  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  sono stimati a livello regionale e  $\Lambda_1$  e  $\mathcal{G}_1$  dalla singola serie:

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

c) Al livello di regionalizzazione due, in cui i parametri  $\Lambda^*$ ,  $\mathcal{G}^*$  e  $\Lambda_1$  sono stimati a livello regionale e  $\mathcal{G}_1$  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:

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

## Dati Elaborazione

Stazione di misura: SERRACAPRIOLA-TOV\_UP\_500

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	52	51	51	51	51
Valore medio	22.69	33.73	41.76	51.62	63.09
Dev. standard	10.12	15.04	17.34	20.06	23.34
<b>Parametri regionali</b>					
Descrizione	Parametri zona: Puglia - Durata: Unica				
Lambda*	0.77200	0.77200	0.77200	0.77200	0.77200
Teta*	2.35200	2.35200	2.35200	2.35200	2.35200
<b>Parametri stimati</b>					
Lambda 1	12.33540	15.95556	21.70403	22.77489	45.16353
Teta 1	5.26146	7.31896	8.53805	10.43280	11.00886
Lambda 2	2.24669	2.50645	2.85676	2.91586	3.90107
Teta 2	12.37496	17.21418	20.08149	24.53794	25.89284

### Espressioni delle CDF della distribuzione

TCEV primo livello: Serie osservazioni 1 ORA	$F_x(x) = \exp \left[ -12.34 \exp \left( -\frac{x}{5.261} \right) - 2.25 \exp \left( -\frac{x}{12.375} \right) \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 3 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -15.96 \exp \left( -\frac{x}{7.319} \right) - 2.51 \exp \left( -\frac{x}{17.214} \right) \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 6 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -21.70 \exp \left( -\frac{x}{8.538} \right) - 2.86 \exp \left( -\frac{x}{20.081} \right) \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 12 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -22.77 \exp \left( -\frac{x}{10.433} \right) - 2.92 \exp \left( -\frac{x}{24.538} \right) \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 24 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -45.16 \exp \left( -\frac{x}{11.009} \right) - 3.90 \exp \left( -\frac{x}{25.893} \right) \right]$

### Espressioni delle Curve di crescita

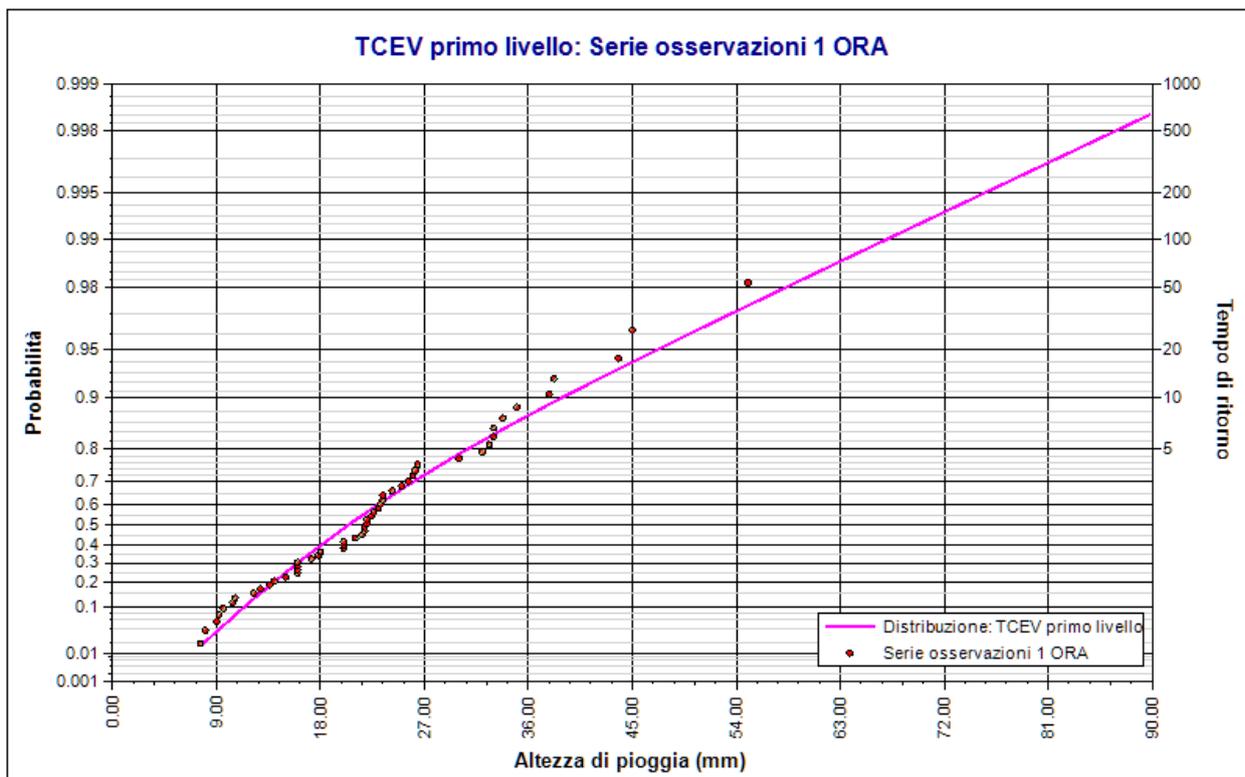
TCEV primo livello: Serie osservazioni 1 ORA	$F_X(x) = \exp \left[ -12.335 (83.521)^{-x} - 2.247 (6.563)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 3 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -15.956 (108.033)^{-x} - 2.506 (7.322)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 6 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -21.704 (146.955)^{-x} - 2.857 (8.345)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 12 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -22.775 (154.206)^{-x} - 2.916 (8.518)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 24 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -45.164 (305.796)^{-x} - 3.901 (11.395)^{-x} \right]$

### Frattili distribuzioni probabilistiche

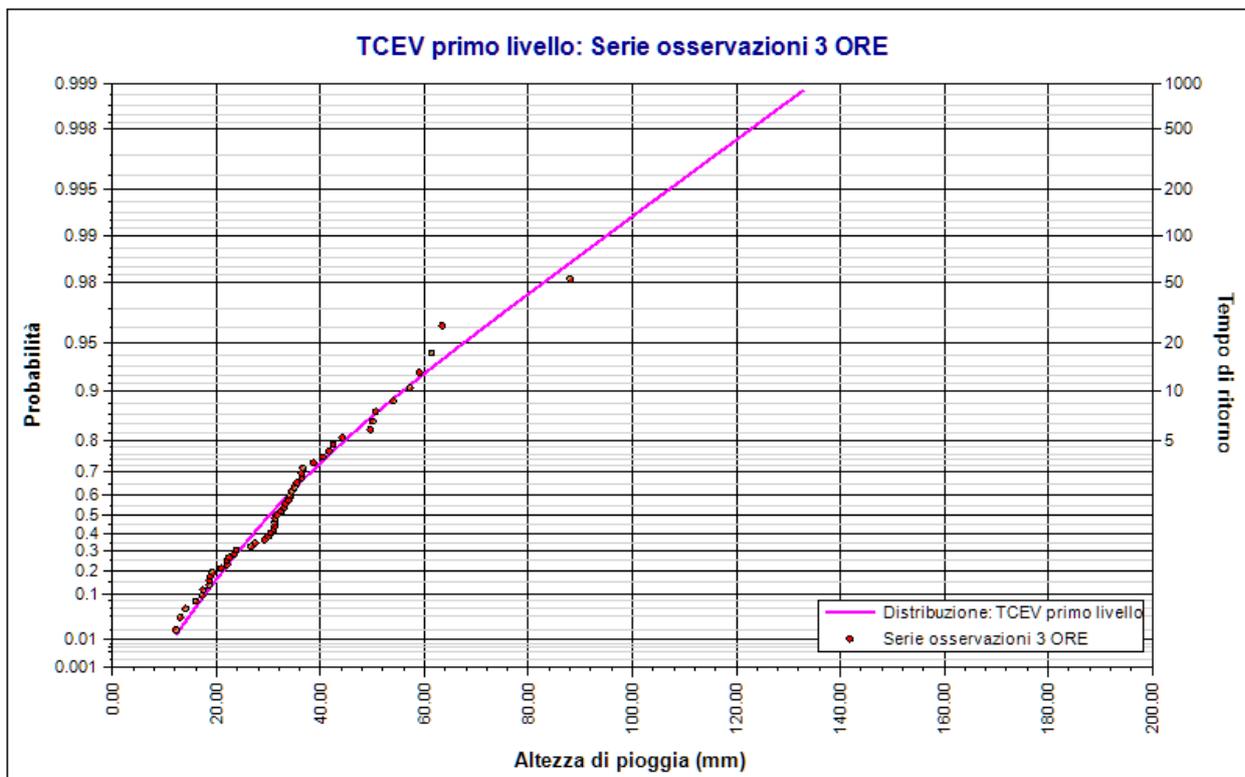
Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2 anni	20.33	30.17	37.82	46.72	56.83
5 anni	30.74	44.65	54.71	67.35	78.61
10 anni	38.81	55.87	67.80	83.35	95.49
20 anni	47.16	67.49	81.35	99.91	112.96
50 anni	58.42	83.15	99.62	122.23	136.52
100 anni	66.99	95.07	113.53	139.23	154.45
200 anni	75.57	107.01	127.46	156.24	172.41
500 anni	86.92	122.79	145.87	178.74	196.15
1000 anni	95.50	134.72	159.79	195.75	214.10

### Fattori di crescita

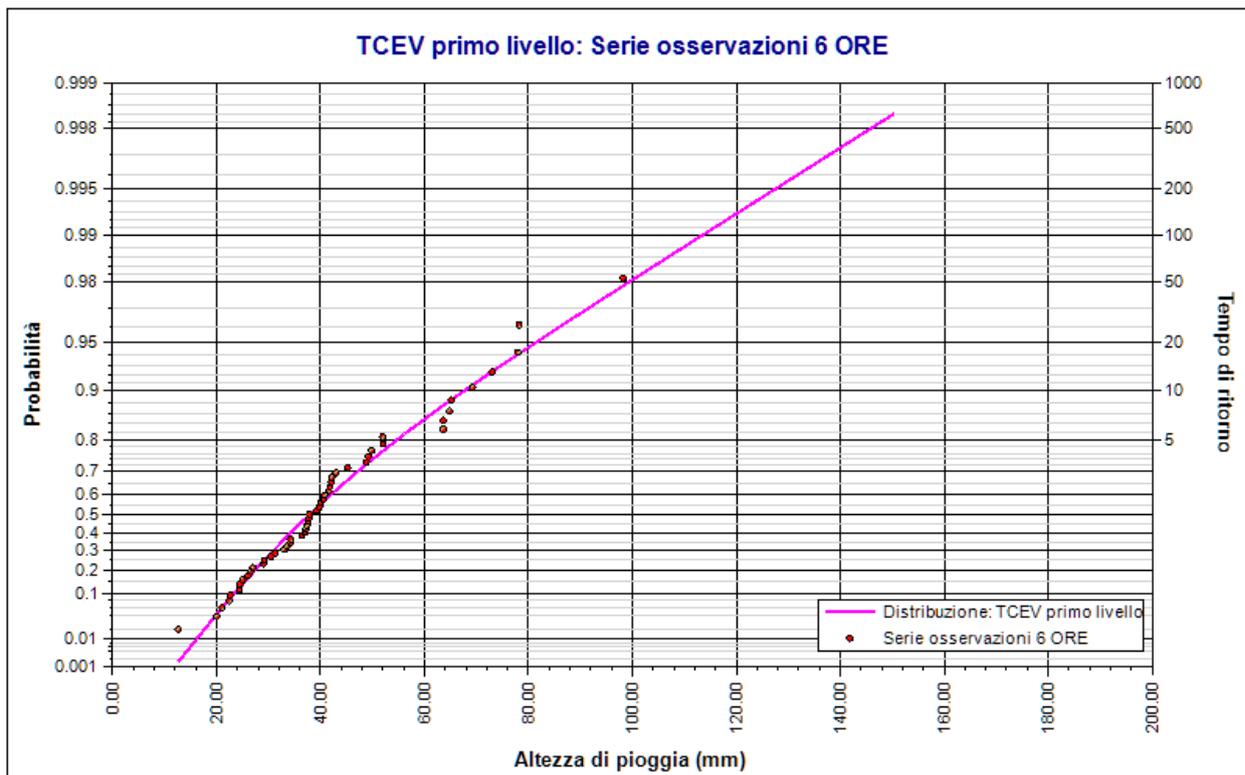
Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2 anni	0.87	0.88	0.89	0.89	0.90
5 anni	1.32	1.30	1.28	1.28	1.25
10 anni	1.67	1.63	1.59	1.59	1.52
20 anni	2.03	1.97	1.91	1.90	1.79
50 anni	2.51	2.43	2.34	2.33	2.17
100 anni	2.88	2.77	2.66	2.65	2.45
200 anni	3.25	3.12	2.99	2.97	2.74
500 anni	3.73	3.58	3.42	3.40	3.11
1000 anni	4.10	3.93	3.75	3.72	3.40



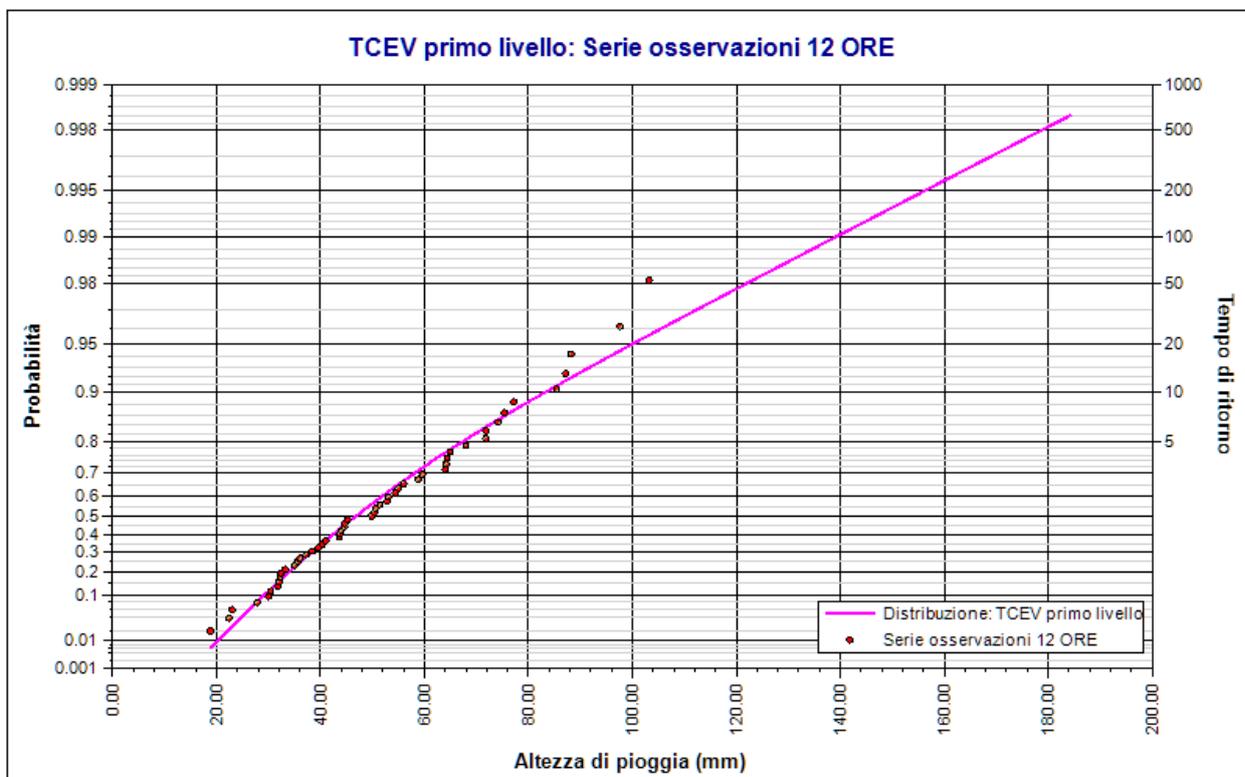
Elaborazione TCEV primo livello TOV\_UP\_500. TCEV primo livello: Serie osservazioni 1 ORA. Durata 1 ora



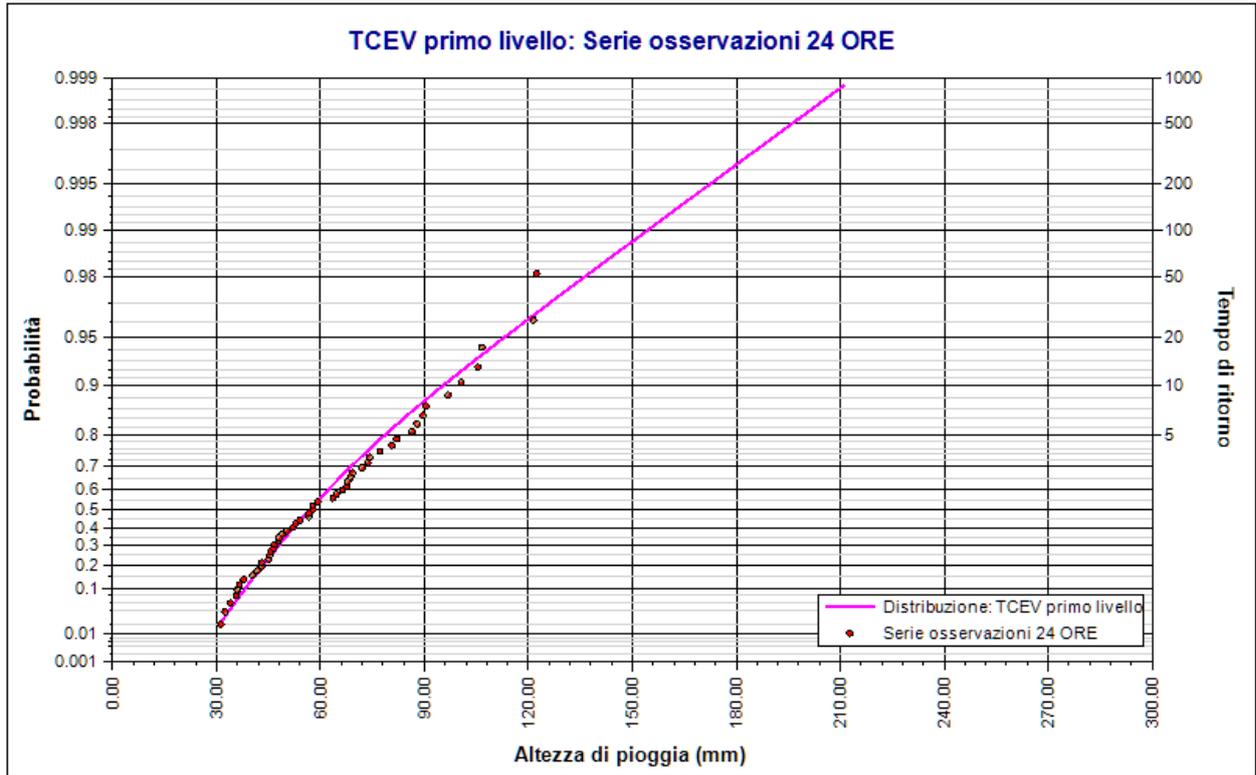
Elaborazione TCEV primo livello TOV\_UP\_500. TCEV primo livello: Serie osservazioni 3 ORE. Durata 3 ore



Elaborazione TCEV primo livello TOV\_UP\_500. TCEV primo livello: Serie osservazioni 6 ORE. Durata 6 ore



Elaborazione TCEV primo livello TOV\_UP\_500. TCEV primo livello: Serie osservazioni 12 ORE. Durata 12 ore



Elaborazione TCEV primo livello TOV\_UP\_500. TCEV primo livello: Serie osservazioni 24 ORE. Durata 24 ore

## Rapporto sulla curva di pioggia:

<b>Curva pioggia calcolata TCEV PRIMO LIVELLO TOV_UP_500</b>
--

## Dati Curva di pioggia

Tipo: Curva di pioggia calcolata

Elaborazione probabilistica: Elaborazione TCEV primo livello TOV\_UP\_500

Tempo di ritorno: 500.000 anni

Numero punti: 5

Durate di calcolo: 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore

## Tabella punti di calcolo

n	Durata		Altezza (mm)
	(ore)	(minuti)	
1	1.000	60	86.915
2	3.000	180	122.787
3	6.000	360	145.866
4	12.000	720	178.739
5	24.000	1440	196.145

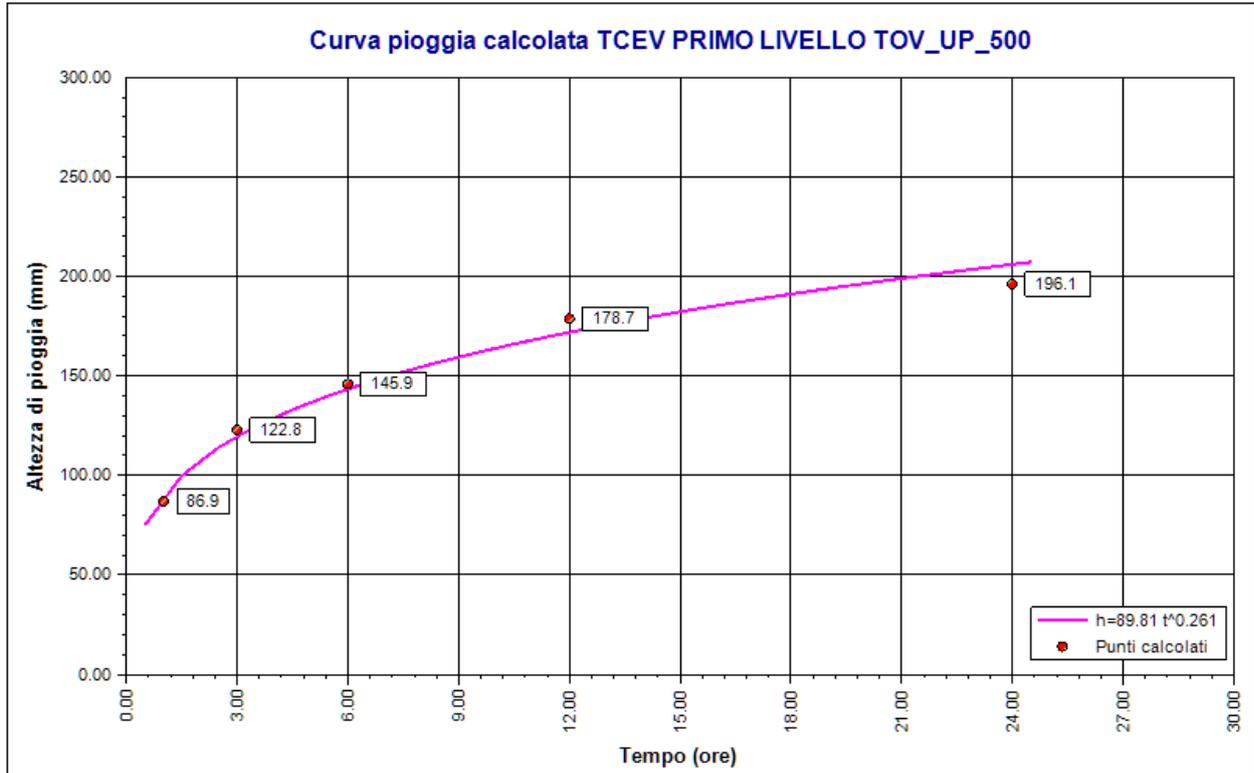
## Risultati interpolazione

Coefficienti curva			Espressione
a	n	correlazione (r)	
89.81	0.26	0.99	$h(t) = 89.8 t^{0.261}$

## Valori curva di pioggia

t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)
1	89.811	9	159.441	17	188.257
2	107.638	10	163.890	18	191.089
3	119.664	11	168.021	19	193.807
4	129.003	12	171.884	20	196.421
5	136.746	13	175.516	21	198.940
6	143.417	14	178.947	22	201.373
7	149.310	15	182.201	23	203.725

t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)
8	154.610	16	185.299	24	206.002



*Curva pioggia calcolata TCEV PRIMO LIVELLO TOV\_UP\_500*

## Rapporto pluviogramma sintetico:

<b>Pluviogramma sintetico TCEV I LIV TOV_UP_500</b>
---

## Dati Pluviogramma

Tipo: Pluviogramma sintetico

Curva di pioggia: Curva pioggia calcolata TCEV PRIMO LIVELLO TOV\_UP\_500

Durata: 0.568 ore

Altezza di pioggia complessiva: 78.015 mm

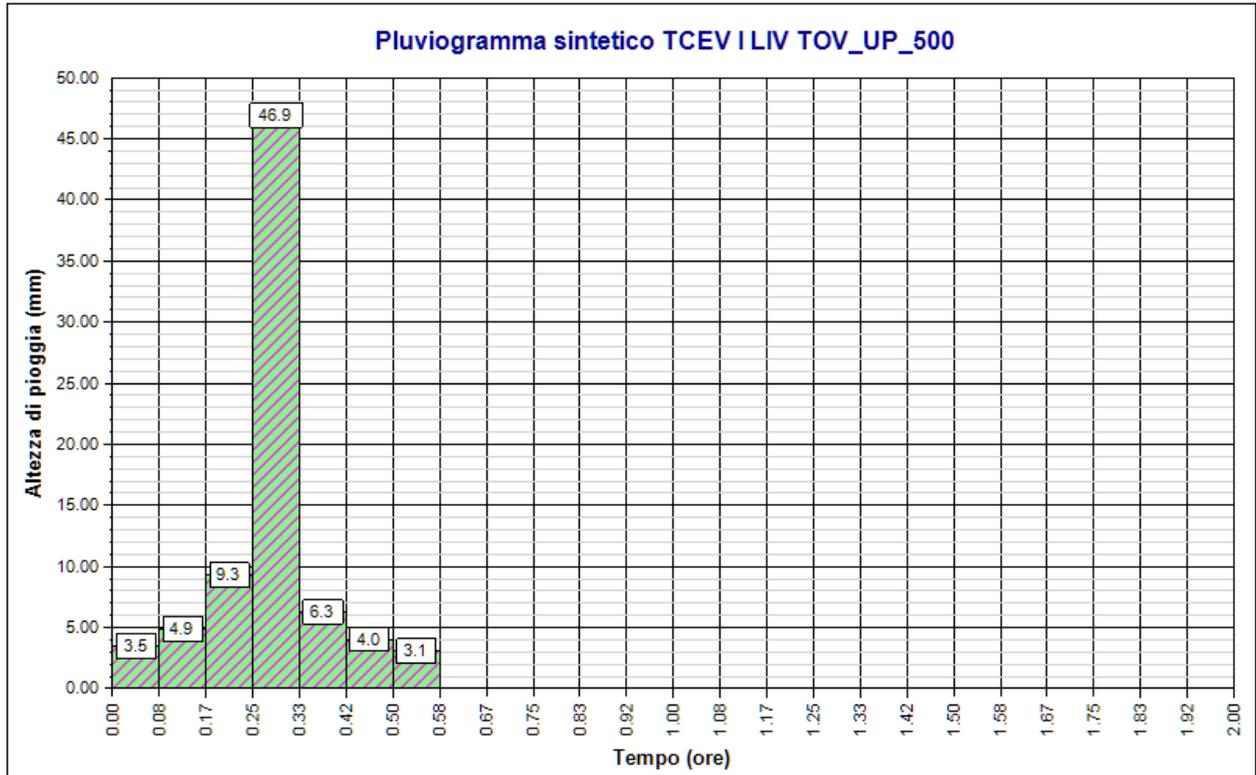
Intervallo di discretizzazione: 5

## Curva di pioggia

Coefficienti curva		Espressione
a	n	
89.81	0.26	<b><math>h(t) = 89.8 t^{0.261}</math></b>

## Tabella pluviogramma

n	Estremi intervallo (ore)		Estremi intervallo (minuti)		Altezza (mm)
	t(i)	t(i+1)	t(i)	t(i+1)	
1	0.000	0.083	0	5	3.485
2	0.083	0.167	5	10	4.880
3	0.167	0.250	10	15	9.315
4	0.250	0.333	15	20	46.927
5	0.333	0.417	20	25	6.284
6	0.417	0.500	25	30	4.046
7	0.500	0.583	30	35	3.079



Pluviogramma sintetico TCEV I LIV TOV\_UP\_500

**Rapporto idrogramma:****Idrogramma SCS TCEV I TOV\_UP\_500****Modello SCS-CN**

Il modello idrologico SCS-CN permette di simulare il deflusso superficiale in corrispondenza di una data precipitazione. Il processo di trasformazione afflussi-deflussi è suddiviso nelle seguenti fasi:

- a) Determinazione delle piogge nette;
- b) Trasformazione delle piogge nette in deflussi superficiali.

È necessario definire un pluviogramma, che viene considerato uniformemente distribuito sull'intero bacino.

Le piogge nette si calcolano, a partire dal pluviogramma, secondo il metodo del Curve Number (CN) proposto dall'SCS (Soil Conservation Service). L'equazione di continuità:

$$R = P - S$$

dove:

- $R$  è il deflusso fino all'istante  $t$  (mm)
- $P$  è la precipitazione fino all'istante  $t$  (mm)
- $S$  sono le perdite fino all'istante  $t$  (mm)

viene modificata ipotizzando che vi sia una relazione di proporzionalità tra perdite  $S$  e massima altezza immagazzinabile nel terreno a saturazione,  $S'$  (mm):

$$\frac{S}{S'} = \frac{R}{P}$$

e assume la forma seguente:

$$R = \frac{P^2}{P + S'} [mm]$$

che definisce l'andamento nel tempo del deflusso  $R$  nota la precipitazione  $P$  e la massima infiltrazione  $S'$ .

Considerando che un'aliquota di  $P$  si invasa nelle depressioni superficiali o si infiltra prima che il deflusso abbia inizio, si può scrivere:

$$R = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S'} [mm]$$

essendo  $Ia$  (mm) la perdita iniziale (*Initial abstraction*).

L'unico parametro del modello risulta quindi essere l'altezza massima immagazzinabile nel terreno a saturazione  $S'$  (mm), che si ricava dalla seguente formula:

$$S' = \frac{25400}{CN} - 254$$

dove  $CN$  (*Curve Number*) è un indice compreso tra 0 e 100 fornito dalle tabelle SCS in funzione del tipo di terreno, dell'utilizzazione del suolo e delle condizioni antecedenti di umidità.

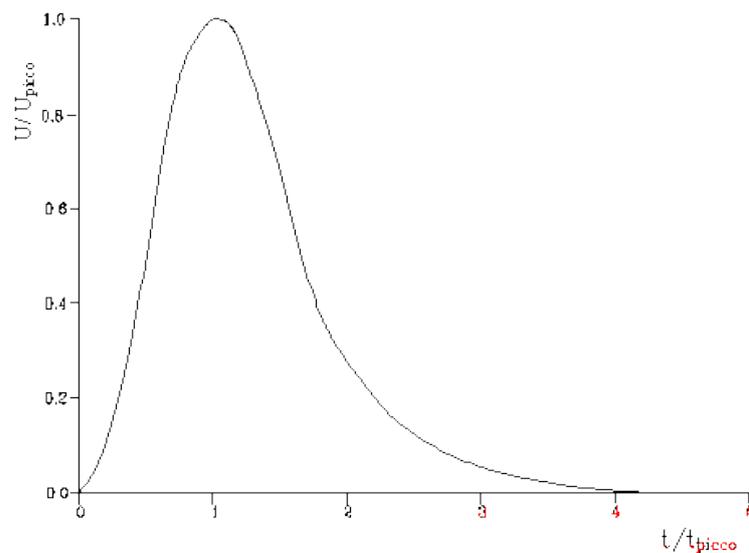
La trasformazione afflussi-deflussi quindi è ottenuta tramite l'idrogramma unitario SCS (1972) di seguito riportato, che richiede come unico parametro il tempo  $t_{LAG}$  (ore) pari al ritardo tra il baricentro del diagramma delle piogge nette e il picco dell'idrogramma unitario. Si può porre  $t_{LAG}=0,6 t_c$  con  $t_c$  tempo di corrivazione del bacino in esame.

L'istante e la portata di picco rispetto alla precipitazione unitaria sono calcolati come:

$$t_{picco} = 0,5\Delta t + t_{lag}$$

$$U_{picco} = 0,2084 \frac{A}{t_{picco}}$$

dove  $t_{picco}$  è il tempo in ore del picco dell'idrogramma unitario,  $\Delta t$  è l'intervallo di calcolo espresso in ore,  $U_{picco}$  è la portata massima dell'idrogramma unitario espressa in  $m^3/s/mm$  e  $A$  è l'area del sottobacino misurata in  $km^2$ .



*Idrogramma unitario adimensionalizzato SCS*

La portata è ottenuta tramite la sommatoria che discretizza l'integrale di convoluzione:

$$Q(i) = \sum_{j=1}^i U(j)P(i-j+1)$$

dove  $Q(i)$  è la portata alla fine dell'intervallo  $i$ -esimo,  $U(j)$  è la  $j$ -esima ordinata dell'idrogramma unitario, ricavabile dalla precedente figura, e  $P(i)$  è la pioggia netta all'intervallo  $i$ -esimo.

### Dati Idrogramma

Tipo: Idrogramma SCS

**Pluviogramma di input:** Pluviogramma sintetico TCEV I LIV TOV\_UP\_500

**Superficie del bacino:** 1.3 kmq

**Tlag:** 0.568 ore

**Astrazione iniziale:** 2.0 mm

**Curve Number:** 75.0

**Intervallo di calcolo:** 5 minuti

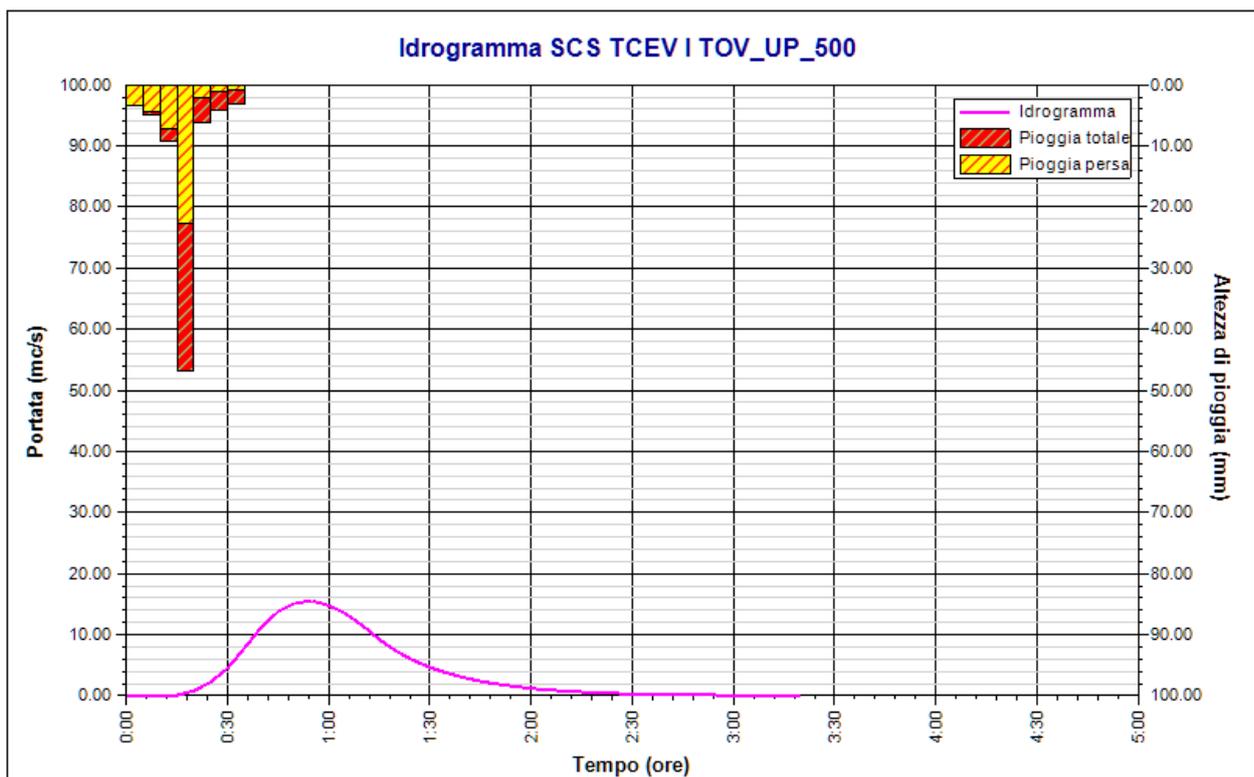
### Tabella idrogramma

n	Tempo		Afflusso (mm)	Pioggia persa (mm)	Pioggia netta (mm)	Portata (mc/s)
	(ore)	(minuti)				
1	0.000	0	3.485	3.460	0.026	0.0
2	0.083	5	4.880	4.460	0.419	0.0
3	0.167	10	9.315	7.310	2.005	0.0
4	0.250	15	46.927	22.763	24.164	0.1
5	0.333	20	6.284	1.992	4.292	0.8
6	0.417	25	4.046	1.198	2.847	2.3
7	0.500	30	3.079	0.872	2.207	4.5
8	0.583	35	0.000	0.000	0.000	7.8
9	0.667	40	0.000	0.000	0.000	11.2
10	0.750	45	0.000	0.000	0.000	13.8
11	0.833	50	0.000	0.000	0.000	15.2
12	0.917	55	0.000	0.000	0.000	15.6
13	1.000	60	0.000	0.000	0.000	14.8
14	1.083	65	0.000	0.000	0.000	13.4
15	1.167	70	0.000	0.000	0.000	11.5
16	1.250	75	0.000	0.000	0.000	9.2
17	1.333	80	0.000	0.000	0.000	7.3
18	1.417	85	0.000	0.000	0.000	5.8
19	1.500	90	0.000	0.000	0.000	4.6
20	1.583	95	0.000	0.000	0.000	3.7
21	1.667	100	0.000	0.000	0.000	3.0
22	1.750	105	0.000	0.000	0.000	2.4
23	1.833	110	0.000	0.000	0.000	1.9
24	1.917	115	0.000	0.000	0.000	1.5
25	2.000	120	0.000	0.000	0.000	1.2
26	2.083	125	0.000	0.000	0.000	1.0
27	2.167	130	0.000	0.000	0.000	0.8
28	2.250	135	0.000	0.000	0.000	0.6
29	2.333	140	0.000	0.000	0.000	0.5
30	2.417	145	0.000	0.000	0.000	0.4
31	2.500	150	0.000	0.000	0.000	0.3
32	2.583	155	0.000	0.000	0.000	0.2
33	2.667	160	0.000	0.000	0.000	0.2

n	Tempo		Afflusso (mm)	Pioggia persa (mm)	Pioggia netta (mm)	Portata (mc/s)
	(ore)	(minuti)				
34	2.750	165	0.000	0.000	0.000	0.2
35	2.833	170	0.000	0.000	0.000	0.1
36	2.917	175	0.000	0.000	0.000	0.1
37	3.000	180	0.000	0.000	0.000	0.1
38	3.083	185	0.000	0.000	0.000	0.1
39	3.167	190	0.000	0.000	0.000	0.0
40	3.250	195	0.000	0.000	0.000	0.0
41	3.333	200	0.000	0.000	0.000	0.0

**Tabella risultati**

Parametro	Valore	U.M.
Portata massima	15.6	mc/s
Istante picco	0.917	ore
Istante picco	55.0	minuti
Durata totale evento	3.333	ore
Volume afflusso	101	mc x 1000
Volume deflusso	47	mc x 1000
Altezza afflusso	78.015	mm
Altezza deflusso	36.005	mm
Coeff. deflusso	0.46	-
Coeff. udometrico	11.96	mc/s/kmq



*Idrogramma SCS TCEV I TOV\_UP\_500*

**Rapporto sulla stazione di misura:****SERRACAPRIOLA-TOV\_AFFL\_DX\_30**

**Descrizione**  
TOVAGLIA\_UP

**Dati Stazione**

**Codice:** 16249  
**Bacino:** TOV\_AFFL\_DX  
**Comune:** SERRACAPRIOLA  
**Quota:** 270.0 m s.l.m.  
**Latitudine:** 41,8  
**Longtudine:** 15,15

**Dati Serie**

**Serie presenti:** 5  
**Durate presenti:** 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore  
**Minima dimensione serie:** 51  
**Massima dimensione serie:** 52

<b>Serie n. 1</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 1 ORA
<b>Durata</b>	1 ora
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 2</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 3 ORE
<b>Durata</b>	3 ore
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 3</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 6 ORE
<b>Durata</b>	6 ore
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 4</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 12 ORE
<b>Durata</b>	12 ore

<b>Serie n. 4</b>	
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 5</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 24 ORE
<b>Durata</b>	24 ore
<b>Descrizione</b>	

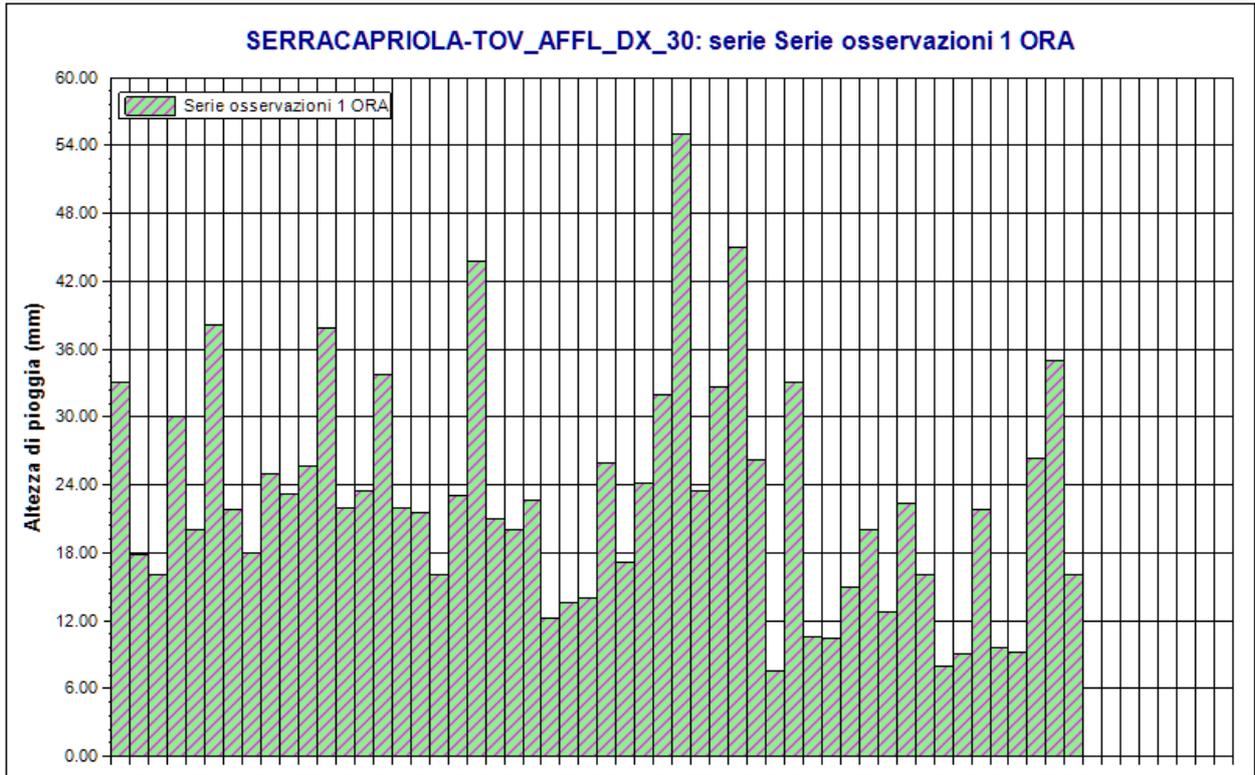
### Serie osservazioni

n	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1	33.0	18.6	29.0	32.4	50.2
2	17.8	18.8	37.8	75.4	89.6
3	16.0	34.4	41.6	53.0	69.2
4	30.0	30.4	30.4	30.4	34.0
5	20.0	59.0	63.6	65.0	68.6
6	38.2	44.2	63.6	64.2	66.4
7	21.8	31.2	41.8	64.4	74.2
8	18.0	41.6	52.0	59.6	82.0
9	25.0	34.2	40.6	50.6	52.2
10	23.2	54.0	73.0	88.2	121.4
11	25.6	57.2	78.2	87.2	87.8
12	37.8	40.4	49.2	58.8	59.2
13	22.0	33.0	39.2	41.0	49.0
14	23.4	36.4	36.4	37.2	37.8
15	33.8	61.4	78.0	85.4	105.4
16	22.0	33.2	33.6	55.0	67.6
17	21.6	32.4	45.2	64.0	96.8
18	16.0	26.6	37.2	44.0	56.6
19	23.0	49.6	49.8	71.8	72.0
20	43.8	33.8	34.2	35.6	43.0
21	21.0	31.6	37.8	43.8	45.4
22	20.0	31.2	48.8	54.4	64.6
23	22.6	23.4	40.8	45.2	45.6
24	12.2	27.4	34.2	49.8	67.8
25	13.6	23.8	26.6	33.2	36.0
26	14.0	36.6	37.4	38.4	46.4
27	26.0	20.8	22.6	27.8	46.8
28	17.2	38.6	42.2	56.0	106.6
29	24.2	35.4	42.0	44.6	63.6
30	32.0	88.0	98.2	103.2	122.4
31	55.0	31.2	37.6	50.4	54.0
32	23.4	42.4	43.0	43.6	57.8

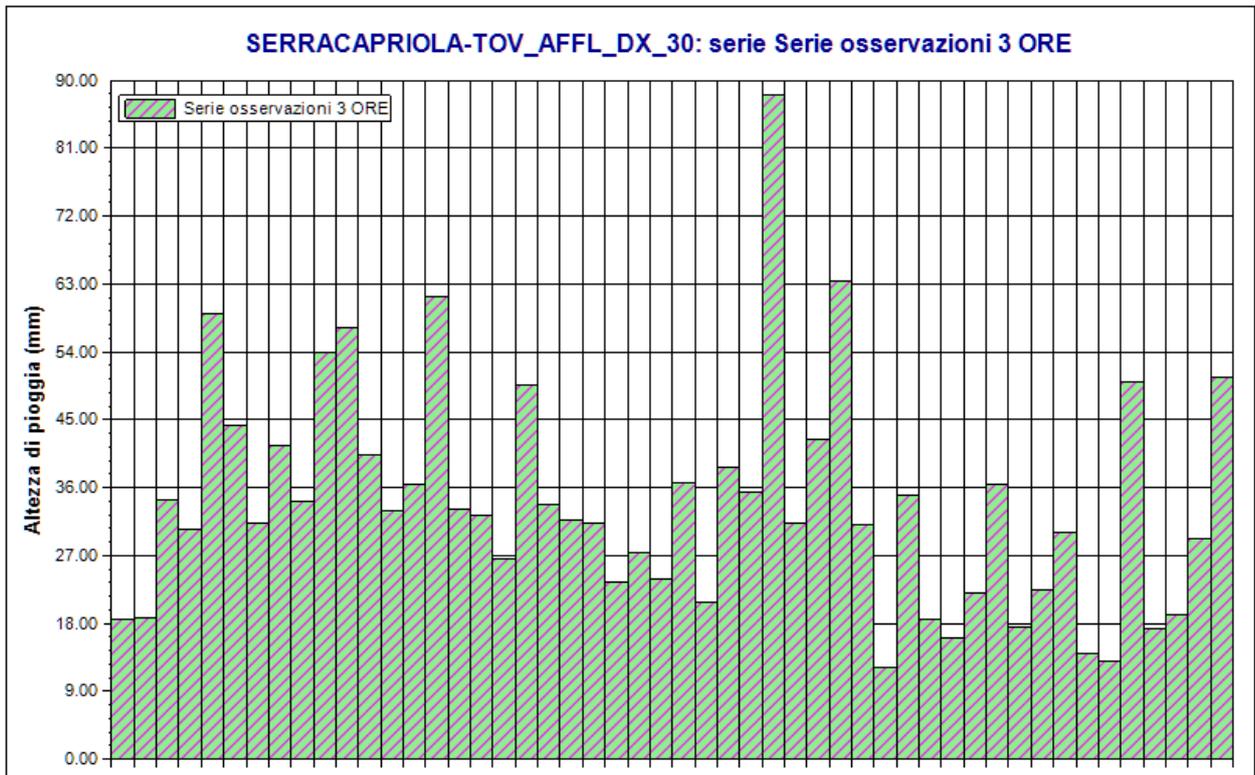
n	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
33	32.6	63.4	69.2	77.2	77.2
34	45.0	31.0	31.2	32.2	43.0
35	26.2	12.2	12.6	18.8	31.2
36	7.6	35.0	39.8	40.4	40.4
37	33.0	18.6	27.0	39.6	56.6
38	10.6	16.0	24.4	35.0	36.6
39	10.4	22.0	37.0	74.2	80.6
40	15.0	36.4	52.0	52.8	52.8
41	20.0	17.4	24.4	30.0	48.0
42	12.8	22.4	22.4	22.4	35.6
43	22.4	30.0	40.0	68.0	90.4
44	16.0	14.0	20.0	23.0	45.0
45	8.0	13.0	25.0	44.6	57.8
46	9.0	50.0	64.8	71.8	73.6
47	21.8	17.2	21.0	32.0	32.4
48	9.6	19.2	26.0	31.8	41.8
49	9.2	29.2	29.2	51.4	86.4
50	26.4	50.6	65.2	97.6	100.6
51	35.0	22.0	33.0	36.0	47.8
52	16.0	-	-	-	-

### Dati Statistici

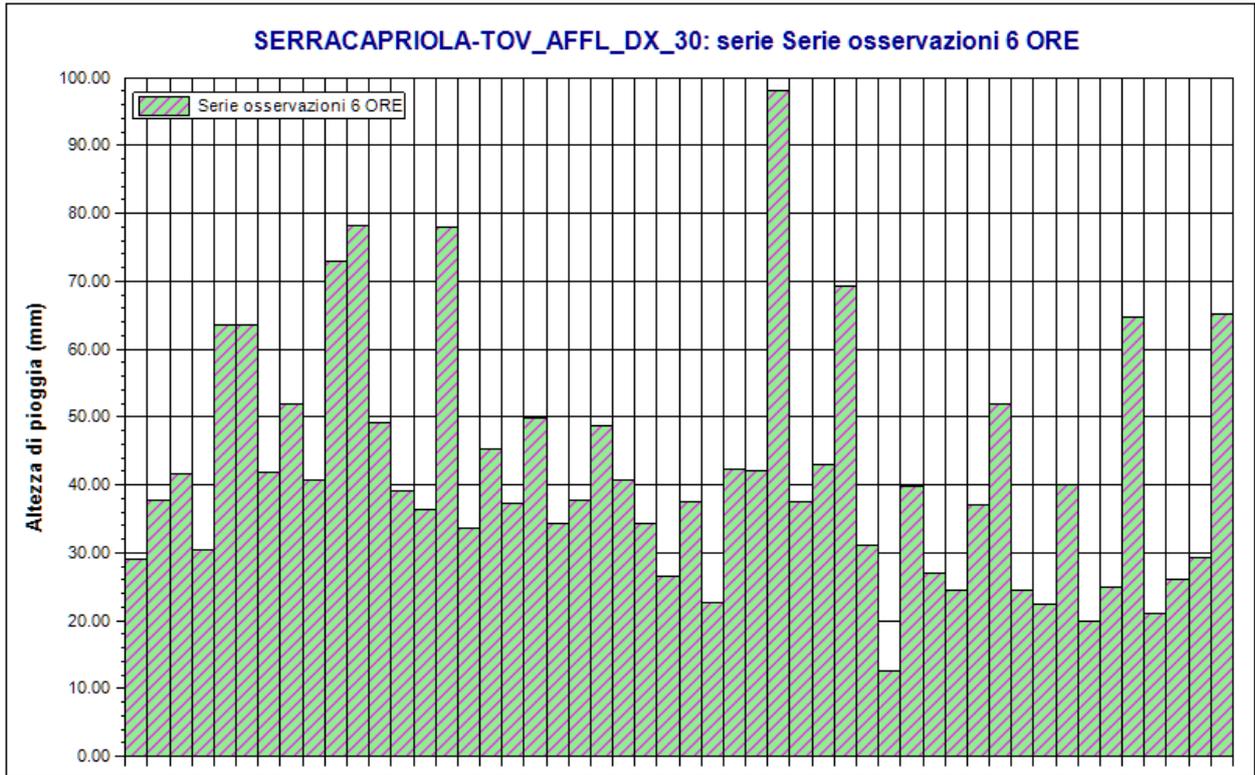
Parametro	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Dimensione campione	52	51	51	51	51
Somma dei dati	1179.8	1720.4	2129.8	2632.4	3217.8
Valore minimo	7.6	12.2	12.6	18.8	31.2
Valore massimo	55.0	88.0	98.2	103.2	122.4
Valore medio	22.69	33.73	41.76	51.62	63.09
Dev. standard	10.12	15.04	17.34	20.06	23.34
Coef. variazione	0.446	0.446	0.415	0.389	0.370
Coef. asimmetria	0.906	1.200	1.129	0.675	0.820



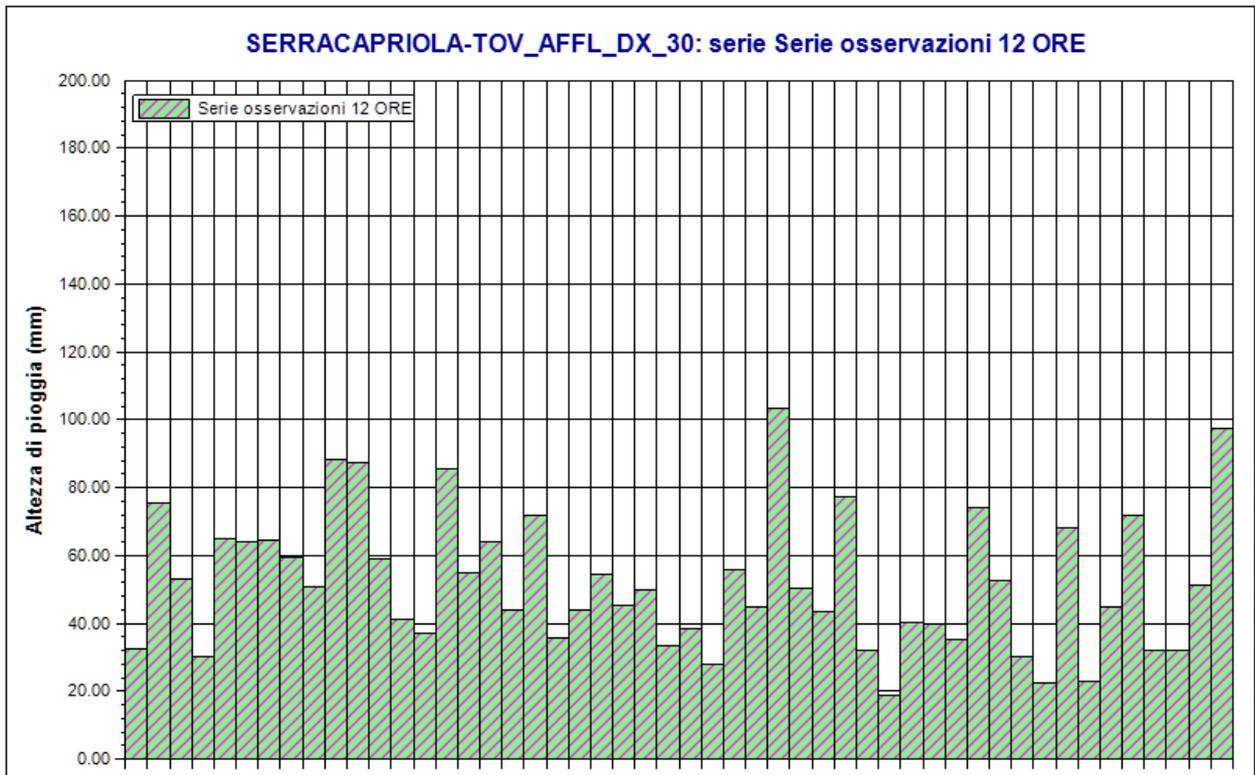
SERRACAPRIOLA-TOV\_AFFL\_DX\_30. Serie osservazioni 1 ORA. Durata 1 ora



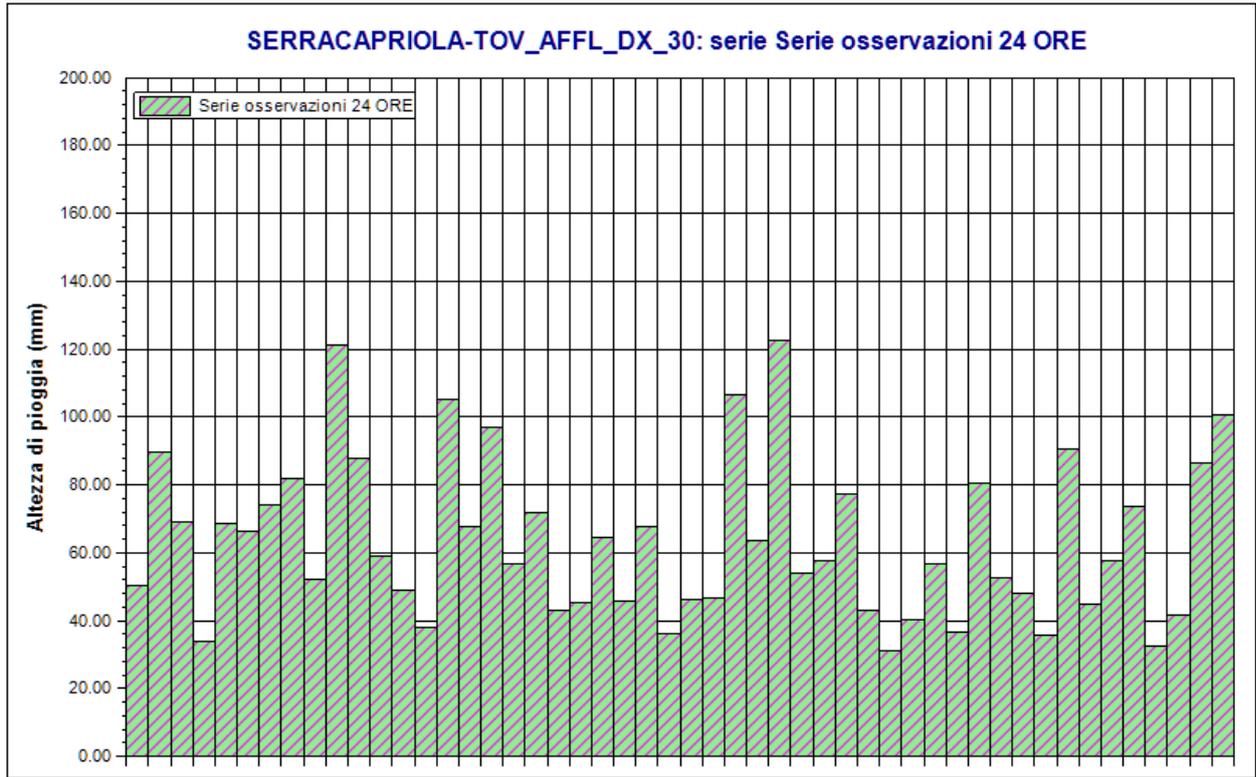
SERRACAPRIOLA-TOV\_AFFL\_DX\_30. Serie osservazioni 3 ORE. Durata 3 ore



SERRACAPRIOLA-TOV\_AFFL\_DX\_30. Serie osservazioni 6 ORE. Durata 6 ore



SERRACAPRIOLA-TOV\_AFFL\_DX\_30. Serie osservazioni 12 ORE. Durata 12 ore



SERRACAPRIOLA-TOV\_AFFL\_DX\_30. Serie osservazioni 24 ORE. Durata 24 ore

**Rapporto sull'elaborazione probabilistica:****Elaborazione TCEV primo livello TOV\_AFFL\_DX\_30****Modello TCEV (Two Components Extreme Value)**

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 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  $\Lambda_1$  e  $\Lambda_2$  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 ha che la CDF di  $y$  è data da:

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

avendo posto:

$$\mathcal{G}_* = \frac{\mathcal{G}_2}{\mathcal{G}_1} \quad \text{e} \quad \Lambda_* = \frac{\Lambda_2}{\Lambda_1^{1/\mathcal{G}_*}}$$

La media della distribuzione TCEV è data dall'espressione:

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

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

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

Il coefficiente di variazione teorico dipende da  $\Lambda_1$ ,  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  ed è quindi indipendente da  $\mathcal{G}_1$ .

Il coefficiente di asimmetria teorico dipende da  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  ed è quindi indipendente da  $\Lambda_1$  e  $\mathcal{G}_1$ .

### **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  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  e delle sottoregioni di queste, più limitate, in cui sia costante pure il coefficiente di variazione e, quindi, il parametro  $\Lambda_1$ .

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  $\Lambda^*$  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  $\Lambda^*$ ,  $\mathcal{G}^*$  e  $\Lambda_1$ .  $\Lambda_1$  può quindi essere stimato in base a tutte le serie storiche ricadenti nella sottozona.

In una sottozona rimane costante la CDF di  $x/\mu$ . Infatti dall'espressione della CDF della TCEV, introducendo i parametri  $\Lambda^*$  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

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

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:

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

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

b) Al livello di regionalizzazione uno, in cui i parametri  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  sono stimati a livello regionale e  $\Lambda_1$  e  $\mathcal{G}_1$  dalla singola serie:

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

c) Al livello di regionalizzazione due, in cui i parametri  $\Lambda^*$ ,  $\mathcal{G}^*$  e  $\Lambda_1$  sono stimati a livello regionale e  $\mathcal{G}_1$  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:

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

## Dati Elaborazione

**Stazione di misura:** SERRACAPRIOLA-TOV\_AFFL\_DX\_30

**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	52	51	51	51	51
Valore medio	22.69	33.73	41.76	51.62	63.09
Dev. standard	10.12	15.04	17.34	20.06	23.34
<b>Parametri regionali</b>					
Descrizione	Parametri zona: Puglia - Durata: Unica				
Lambda*	0.77200	0.77200	0.77200	0.77200	0.77200
Teta*	2.35200	2.35200	2.35200	2.35200	2.35200
<b>Parametri stimati</b>					
Lambda 1	12.33540	15.95556	21.70403	22.77489	45.16353
Teta 1	5.26146	7.31896	8.53805	10.43280	11.00886
Lambda 2	2.24669	2.50645	2.85676	2.91586	3.90107
Teta 2	12.37496	17.21418	20.08149	24.53794	25.89284

### Espressioni delle CDF della distribuzione

TCEV primo livello: Serie osservazioni 1 ORA	$F_x(x) = \exp \left[ -12.34 \exp \left( -\frac{x}{5.261} \right) - 2.25 \exp \left( -\frac{x}{12.375} \right) \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 3 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -15.96 \exp \left( -\frac{x}{7.319} \right) - 2.51 \exp \left( -\frac{x}{17.214} \right) \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 6 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -21.70 \exp \left( -\frac{x}{8.538} \right) - 2.86 \exp \left( -\frac{x}{20.081} \right) \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 12 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -22.77 \exp \left( -\frac{x}{10.433} \right) - 2.92 \exp \left( -\frac{x}{24.538} \right) \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 24 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -45.16 \exp \left( -\frac{x}{11.009} \right) - 3.90 \exp \left( -\frac{x}{25.893} \right) \right]$

### Espressioni delle Curve di crescita

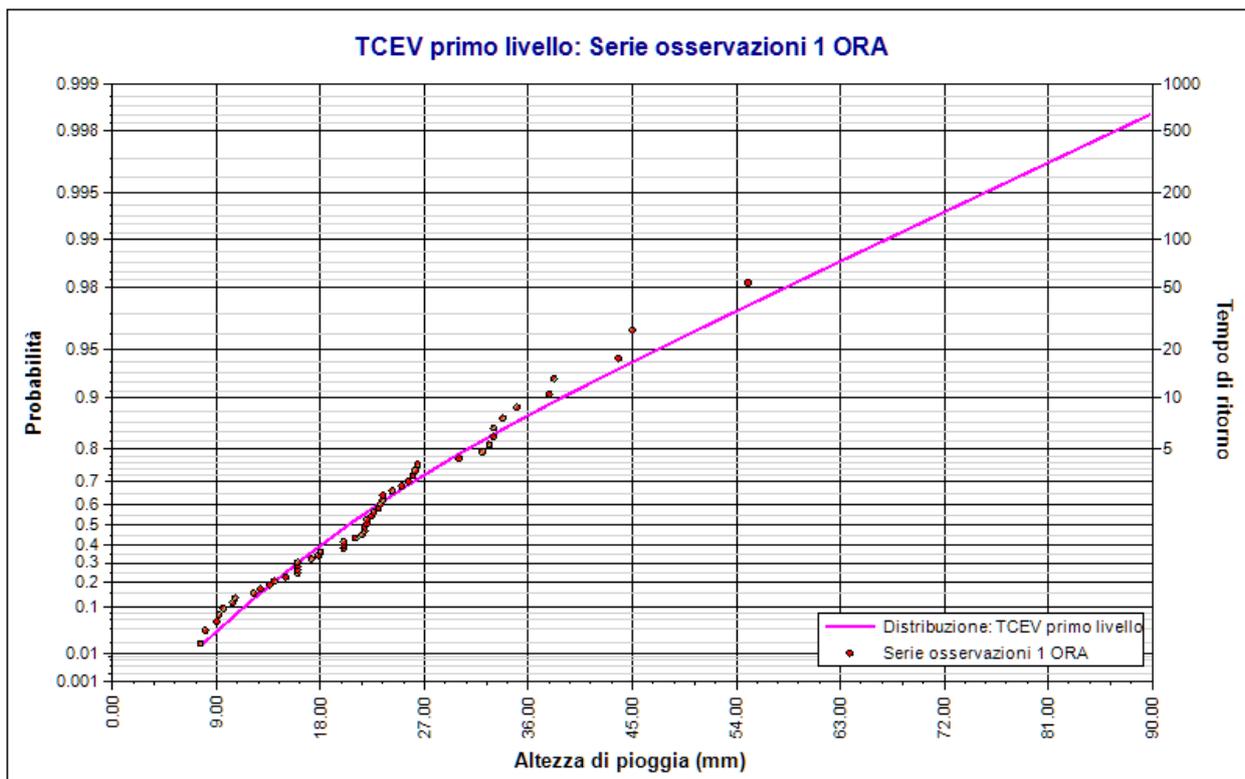
TCEV primo livello: Serie osservazioni 1 ORA	$F_X(x) = \exp \left[ -12.335 (83.521)^{-x} - 2.247 (6.563)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 3 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -15.956 (108.033)^{-x} - 2.506 (7.322)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 6 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -21.704 (146.955)^{-x} - 2.857 (8.345)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 12 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -22.775 (154.206)^{-x} - 2.916 (8.518)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 24 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -45.164 (305.796)^{-x} - 3.901 (11.395)^{-x} \right]$

### Frattili distribuzioni probabilistiche

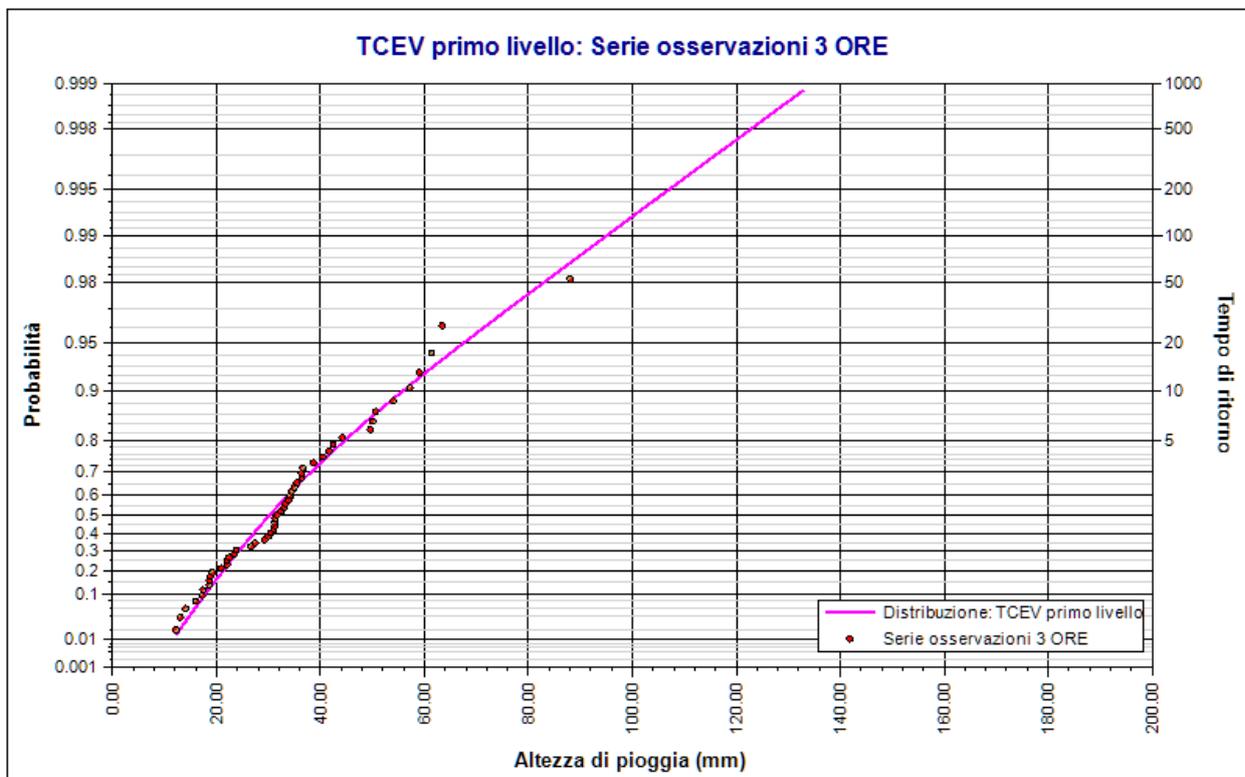
Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2 anni	20.33	30.17	37.82	46.72	56.83
5 anni	30.74	44.65	54.71	67.35	78.61
10 anni	38.81	55.87	67.80	83.35	95.49
20 anni	47.16	67.49	81.35	99.91	112.96
50 anni	58.42	83.15	99.62	122.23	136.52
100 anni	66.99	95.07	113.53	139.23	154.45
200 anni	75.57	107.01	127.46	156.24	172.41
500 anni	86.92	122.79	145.87	178.74	196.15
1000 anni	95.50	134.72	159.79	195.75	214.10

### Fattori di crescita

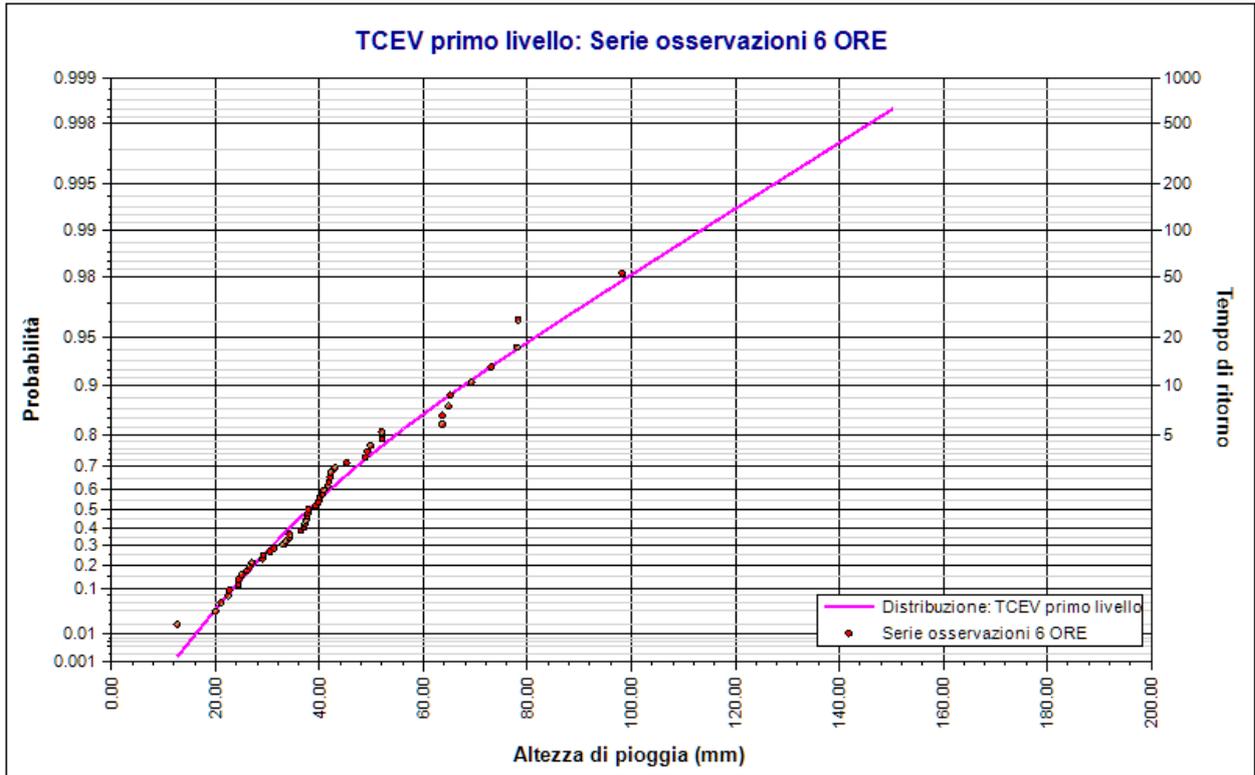
Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2 anni	0.87	0.88	0.89	0.89	0.90
5 anni	1.32	1.30	1.28	1.28	1.25
10 anni	1.67	1.63	1.59	1.59	1.52
20 anni	2.03	1.97	1.91	1.90	1.79
50 anni	2.51	2.43	2.34	2.33	2.17
100 anni	2.88	2.77	2.66	2.65	2.45
200 anni	3.25	3.12	2.99	2.97	2.74
500 anni	3.73	3.58	3.42	3.40	3.11
1000 anni	4.10	3.93	3.75	3.72	3.40



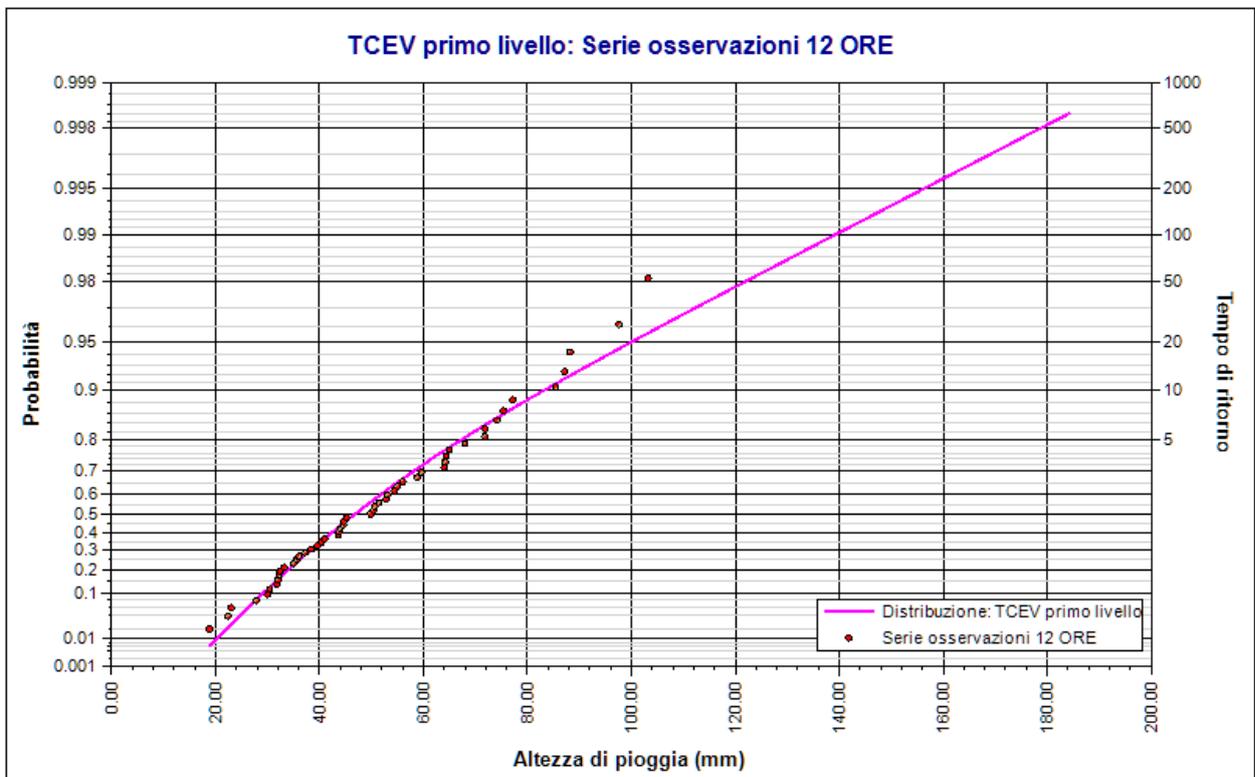
Elaborazione TCEV primo livello TOV\_AFFL\_DX\_30. TCEV primo livello: Serie osservazioni 1 ORA. Durata 1 ora



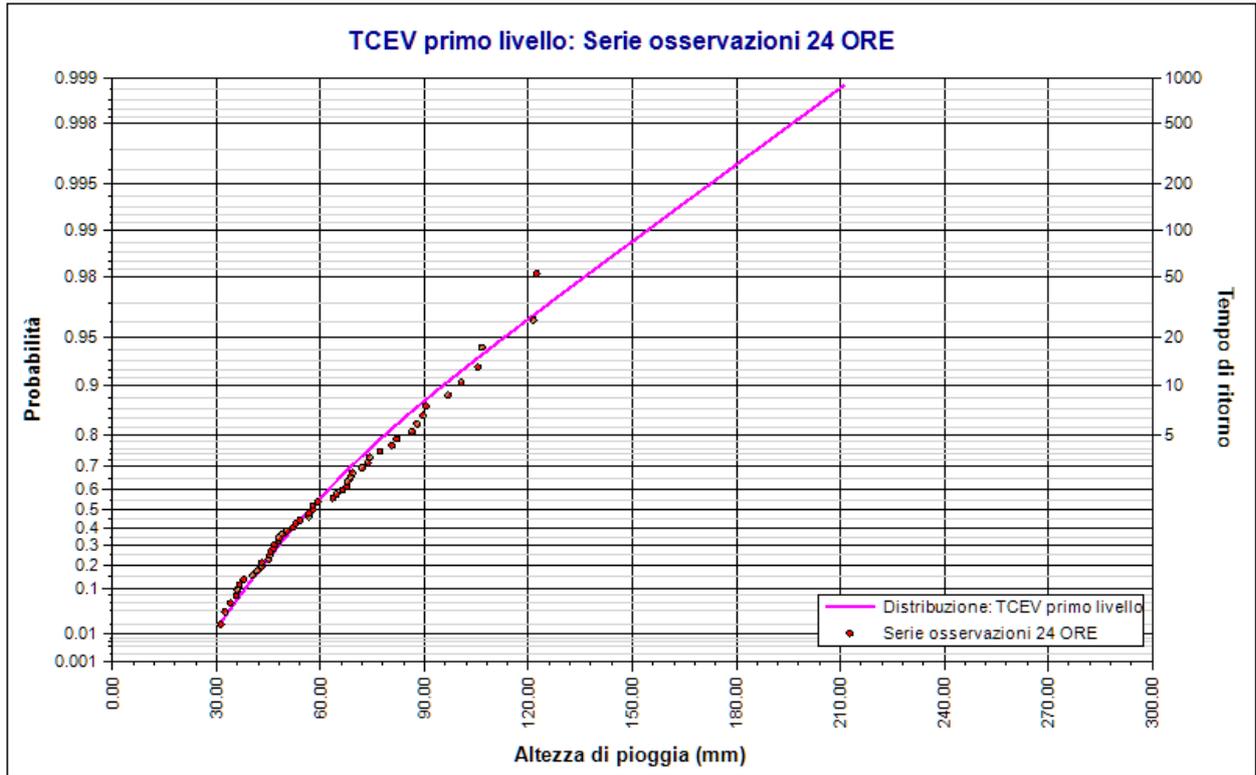
Elaborazione TCEV primo livello TOV\_AFFL\_DX\_30. TCEV primo livello: Serie osservazioni 3 ORE. Durata 3 ore



Elaborazione TCEV primo livello TOV\_AFFL\_DX\_30. TCEV primo livello: Serie osservazioni 6 ORE.  
Durata 6 ore



Elaborazione TCEV primo livello TOV\_AFFL\_DX\_30. TCEV primo livello: Serie osservazioni 12 ORE.  
Durata 12 ore



Elaborazione TCEV primo livello TOV\_AFFL\_DX\_30. TCEV primo livello: Serie osservazioni 24 ORE. Durata 24 ore

## Rapporto sulla curva di pioggia:

<b>Curva pioggia calcolata TCEV PRIMO LIVELLO TOV_AFFL_DX_30</b>
--

## Dati Curva di pioggia

Tipo: Curva di pioggia calcolata

Elaborazione probabilistica: Elaborazione TCEV primo livello TOV\_AFFL\_DX\_30

Tempo di ritorno: 30.000 anni

Numero punti: 5

Durate di calcolo: 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore

## Tabella punti di calcolo

n	Durata		Altezza (mm)
	(ore)	(minuti)	
1	1.000	60	52.124
2	3.000	180	74.390
3	6.000	360	89.408
4	12.000	720	109.752
5	24.000	1440	123.349

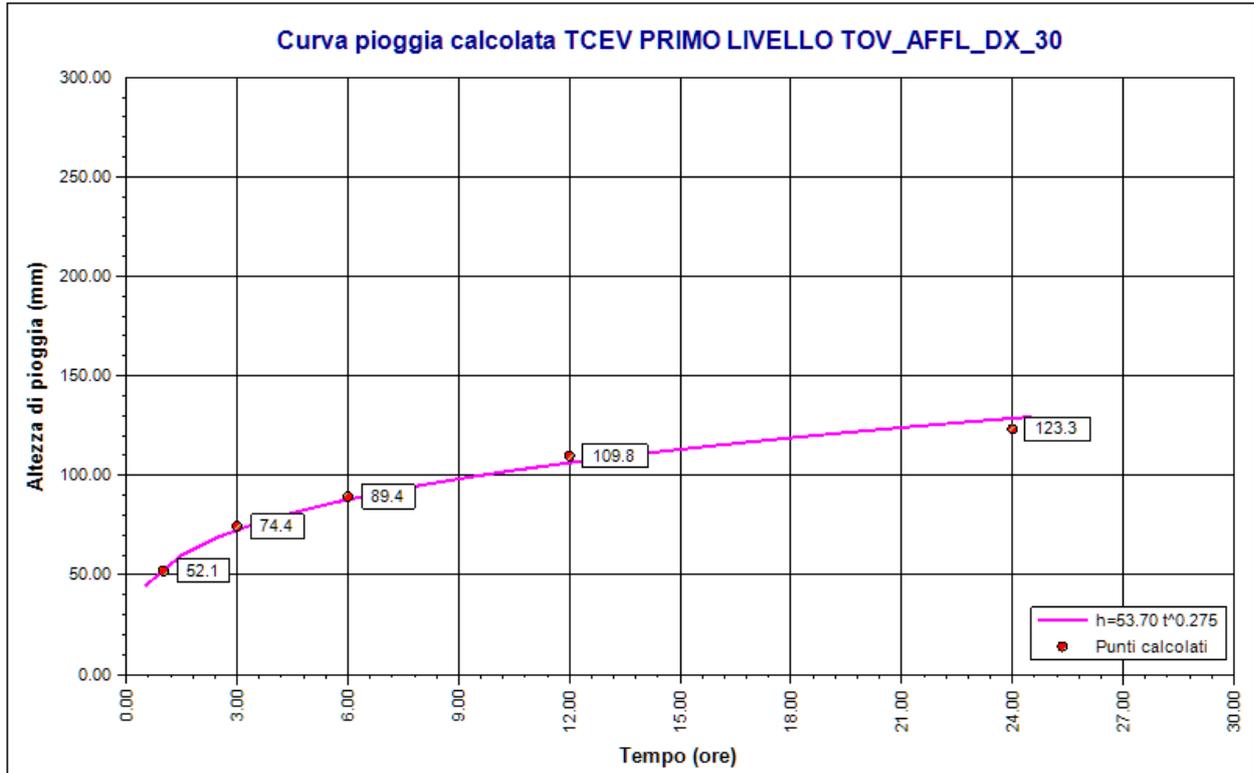
## Risultati interpolazione

Coefficienti curva			Espressione
a	n	correlazione (r)	
53.70	0.27	1.00	<b><math>h(t) = 53.7 t^{0.275}</math></b>

## Valori curva di pioggia

t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)
1	53.702	9	98.267	17	117.048
2	64.979	10	101.156	18	118.902
3	72.644	11	103.842	19	120.683
4	78.624	12	106.357	20	122.397
5	83.600	13	108.724	21	124.051
6	87.899	14	110.962	22	125.648
7	91.705	15	113.087	23	127.193

t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)
8	95.135	16	115.112	24	128.691



Curva pioggia calcolata TCEV PRIMO LIVELLO TOV\_AFFL\_DX\_30

## Rapporto pluviogramma sintetico:

<b>Pluviogramma sintetico TCEV I LIV TOV_AFFL_DX_30</b>
---

**Dati Pluviogramma**

Tipo: Pluviogramma sintetico

Curva di pioggia: Curva pioggia calcolata TCEV PRIMO LIVELLO TOV\_AFFL\_DX\_30

Durata: 0.288 ore

Altezza di pioggia complessiva: 39.700 mm

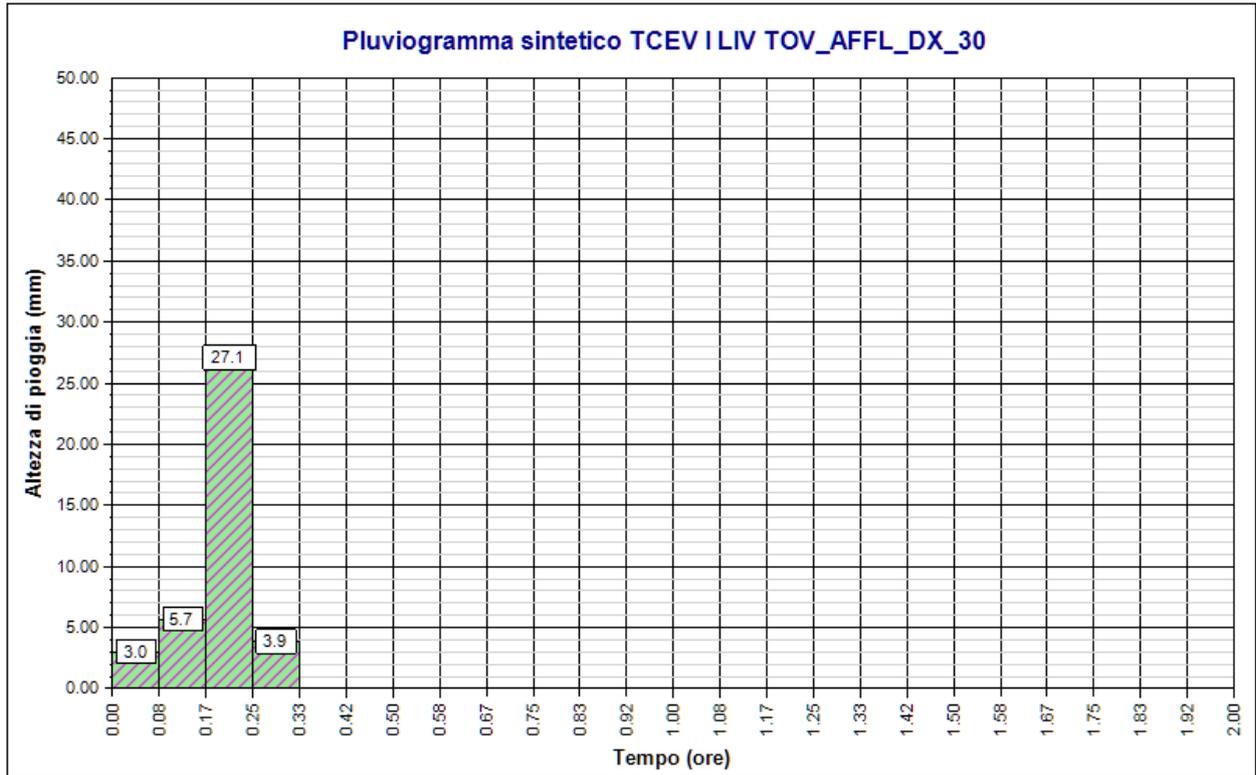
Intervallo di discretizzazione: 5

**Curva di pioggia**

Coefficienti curva		Espressione
a	n	
53.70	0.27	<b><math>h(t) = 53.7 t^{0.275}</math></b>

**Tabella pluviogramma**

n	Estremi intervallo (ore)		Estremi intervallo (minuti)		Altezza (mm)
	t(i)	t(i+1)	t(i)	t(i+1)	
1	0.000	0.083	0	5	3.020
2	0.083	0.167	5	10	5.694
3	0.167	0.250	10	15	27.116
4	0.250	0.333	15	20	3.870



*Pluviogramma sintetico TCEV I LIV TOV\_AFFL\_DX\_30*

**Rapporto idrogramma:****Idrogramma SCS TCEV I TOV\_UP\_30****Modello SCS-CN**

Il modello idrologico SCS-CN permette di simulare il deflusso superficiale in corrispondenza di una data precipitazione. Il processo di trasformazione afflussi-deflussi è suddiviso nelle seguenti fasi:

- a) Determinazione delle piogge nette;
- b) Trasformazione delle piogge nette in deflussi superficiali.

È necessario definire un pluviogramma, che viene considerato uniformemente distribuito sull'intero bacino.

Le piogge nette si calcolano, a partire dal pluviogramma, secondo il metodo del Curve Number (CN) proposto dall'SCS (Soil Conservation Service). L'equazione di continuità:

$$R = P - S$$

dove:

- $R$  è il deflusso fino all'istante  $t$  (mm)
- $P$  è la precipitazione fino all'istante  $t$  (mm)
- $S$  sono le perdite fino all'istante  $t$  (mm)

viene modificata ipotizzando che vi sia una relazione di proporzionalità tra perdite  $S$  e massima altezza immagazzinabile nel terreno a saturazione,  $S'$  (mm):

$$\frac{S}{S'} = \frac{R}{P}$$

e assume la forma seguente:

$$R = \frac{P^2}{P + S'} [mm]$$

che definisce l'andamento nel tempo del deflusso  $R$  nota la precipitazione  $P$  e la massima infiltrazione  $S'$ .

Considerando che un'aliquota di  $P$  si invasa nelle depressioni superficiali o si infiltra prima che il deflusso abbia inizio, si può scrivere:

$$R = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S'} [mm]$$

essendo  $Ia$  (mm) la perdita iniziale (*Initial abstraction*).

L'unico parametro del modello risulta quindi essere l'altezza massima immagazzinabile nel terreno a saturazione  $S'$  (mm), che si ricava dalla seguente formula:

$$S' = \frac{25400}{CN} - 254$$

dove  $CN$  (*Curve Number*) è un indice compreso tra 0 e 100 fornito dalle tabelle SCS in funzione del tipo di terreno, dell'utilizzazione del suolo e delle condizioni antecedenti di umidità.

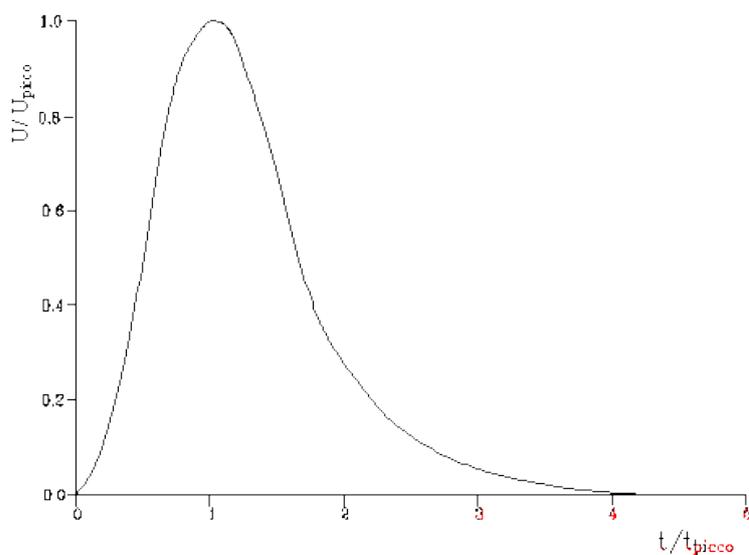
La trasformazione afflussi-deflussi quindi è ottenuta tramite l'idrogramma unitario SCS (1972) di seguito riportato, che richiede come unico parametro il tempo  $t_{LAG}$  (ore) pari al ritardo tra il baricentro del diagramma delle piogge nette e il picco dell'idrogramma unitario. Si può porre  $t_{LAG}=0,6 t_c$  con  $t_c$  tempo di corrivazione del bacino in esame.

L'istante e la portata di picco rispetto alla precipitazione unitaria sono calcolati come:

$$t_{picco} = 0,5\Delta t + t_{lag}$$

$$U_{picco} = 0,2084 \frac{A}{t_{picco}}$$

dove  $t_{picco}$  è il tempo in ore del picco dell'idrogramma unitario,  $\Delta t$  è l'intervallo di calcolo espresso in ore,  $U_{picco}$  è la portata massima dell'idrogramma unitario espressa in  $m^3/s/mm$  e  $A$  è l'area del sottobacino misurata in  $km^2$ .



Idrogramma unitario adimensionalizzato SCS

La portata è ottenuta tramite la sommatoria che discretizza l'integrale di convoluzione:

$$Q(i) = \sum_{j=1}^i U(j)P(i-j+1)$$

dove  $Q(i)$  è la portata alla fine dell'intervallo  $i$ -esimo,  $U(j)$  è la  $j$ -esima ordinata dell'idrogramma unitario, ricavabile dalla precedente figura, e  $P(i)$  è la pioggia netta all'intervallo  $i$ -esimo.

#### Dati Idrogramma

Tipo: Idrogramma SCS

**Pluviogramma di input:** Pluviogramma sintetico TCEV I LIV TOV\_AFFL\_DX\_30

**Superficie del bacino:** 1.0 kmq

**Tlag:** 0.288 ore

**Astrazione iniziale:** 2.0 mm

**Curve Number:** 75.0

**Intervallo di calcolo:** 5 minuti

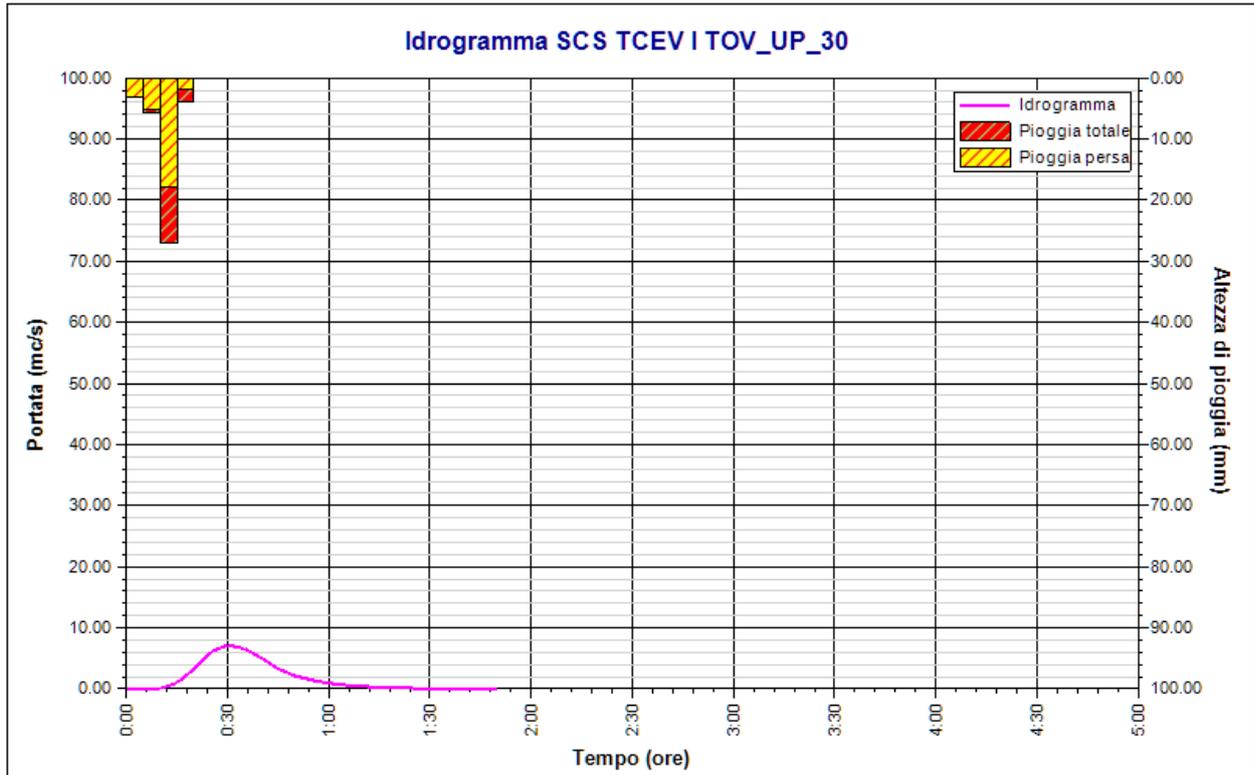
### Tabella idrogramma

n	Tempo		Afflusso (mm)	Pioggia persa (mm)	Pioggia netta (mm)	Portata (mc/s)
	(ore)	(minuti)				
1	0.000	0	3.020	3.008	0.012	0.0
2	0.083	5	5.694	5.213	0.481	0.0
3	0.167	10	27.116	17.951	9.165	0.0
4	0.250	15	3.870	1.913	1.957	1.0
5	0.333	20	0.000	0.000	0.000	3.2
6	0.417	25	0.000	0.000	0.000	6.1
7	0.500	30	0.000	0.000	0.000	7.2
8	0.583	35	0.000	0.000	0.000	6.6
9	0.667	40	0.000	0.000	0.000	5.0
10	0.750	45	0.000	0.000	0.000	3.3
11	0.833	50	0.000	0.000	0.000	2.1
12	0.917	55	0.000	0.000	0.000	1.4
13	1.000	60	0.000	0.000	0.000	0.9
14	1.083	65	0.000	0.000	0.000	0.6
15	1.167	70	0.000	0.000	0.000	0.4
16	1.250	75	0.000	0.000	0.000	0.3
17	1.333	80	0.000	0.000	0.000	0.2
18	1.417	85	0.000	0.000	0.000	0.1
19	1.500	90	0.000	0.000	0.000	0.1
20	1.583	95	0.000	0.000	0.000	0.1
21	1.667	100	0.000	0.000	0.000	0.0
22	1.750	105	0.000	0.000	0.000	0.0
23	1.833	110	0.000	0.000	0.000	0.0

### Tabella risultati

Parametro	Valore	U.M.
Portata massima	7.2	mc/s
Istante picco	0.500	ore
Istante picco	30.0	minuti
Durata totale evento	1.833	ore
Volume afflusso	40	mc x 1000
Volume deflusso	12	mc x 1000

Parametro	Valore	U.M.
Altezza afflusso	39.700	mm
Altezza deflusso	11.600	mm
Coeff. deflusso	0.29	-
Coeff. udometrico	7.17	mc/s/kmq



Idrogramma SCS TCEV I TOV\_UP\_30

**Rapporto sulla stazione di misura:****SERRACAPRIOLA-TOV\_AFFL\_DX\_200****Descrizione**

TOVAGLIA\_AFFL\_DX

**Dati Stazione**

**Codice:** 16249  
**Bacino:** TOV\_AFFL\_DX  
**Comune:** SERRACAPRIOLA  
**Quota:** 270.0 m s.l.m.  
**Latitudine:** 41,8  
**Longitudine:** 15,15

**Dati Serie**

**Serie presenti:** 5  
**Durate presenti:** 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore  
**Minima dimensione serie:** 51  
**Massima dimensione serie:** 52

<b>Serie n. 1</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 1 ORA
<b>Durata</b>	1 ora
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 2</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 3 ORE
<b>Durata</b>	3 ore
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 3</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 6 ORE
<b>Durata</b>	6 ore
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 4</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 12 ORE
<b>Durata</b>	12 ore

<b>Serie n. 4</b>	
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 5</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 24 ORE
<b>Durata</b>	24 ore
<b>Descrizione</b>	

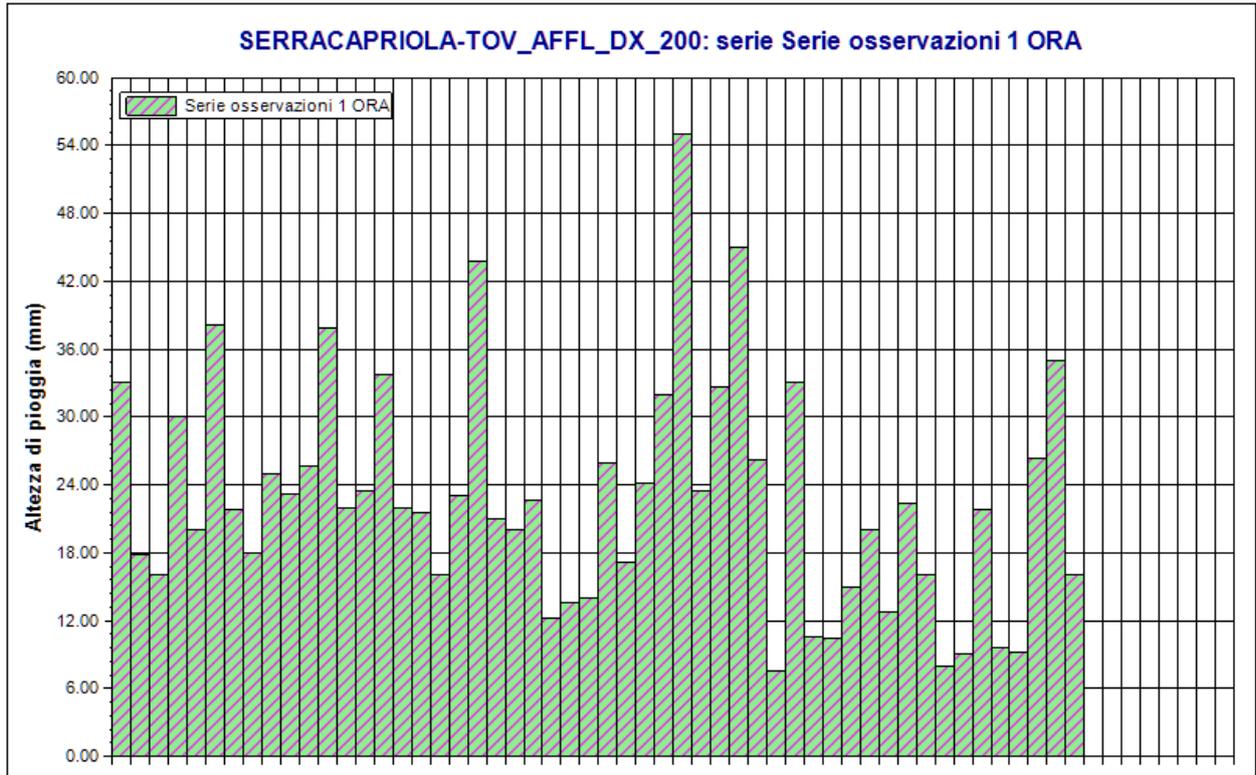
### Serie osservazioni

n	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1	33.0	18.6	29.0	32.4	50.2
2	17.8	18.8	37.8	75.4	89.6
3	16.0	34.4	41.6	53.0	69.2
4	30.0	30.4	30.4	30.4	34.0
5	20.0	59.0	63.6	65.0	68.6
6	38.2	44.2	63.6	64.2	66.4
7	21.8	31.2	41.8	64.4	74.2
8	18.0	41.6	52.0	59.6	82.0
9	25.0	34.2	40.6	50.6	52.2
10	23.2	54.0	73.0	88.2	121.4
11	25.6	57.2	78.2	87.2	87.8
12	37.8	40.4	49.2	58.8	59.2
13	22.0	33.0	39.2	41.0	49.0
14	23.4	36.4	36.4	37.2	37.8
15	33.8	61.4	78.0	85.4	105.4
16	22.0	33.2	33.6	55.0	67.6
17	21.6	32.4	45.2	64.0	96.8
18	16.0	26.6	37.2	44.0	56.6
19	23.0	49.6	49.8	71.8	72.0
20	43.8	33.8	34.2	35.6	43.0
21	21.0	31.6	37.8	43.8	45.4
22	20.0	31.2	48.8	54.4	64.6
23	22.6	23.4	40.8	45.2	45.6
24	12.2	27.4	34.2	49.8	67.8
25	13.6	23.8	26.6	33.2	36.0
26	14.0	36.6	37.4	38.4	46.4
27	26.0	20.8	22.6	27.8	46.8
28	17.2	38.6	42.2	56.0	106.6
29	24.2	35.4	42.0	44.6	63.6
30	32.0	88.0	98.2	103.2	122.4
31	55.0	31.2	37.6	50.4	54.0
32	23.4	42.4	43.0	43.6	57.8

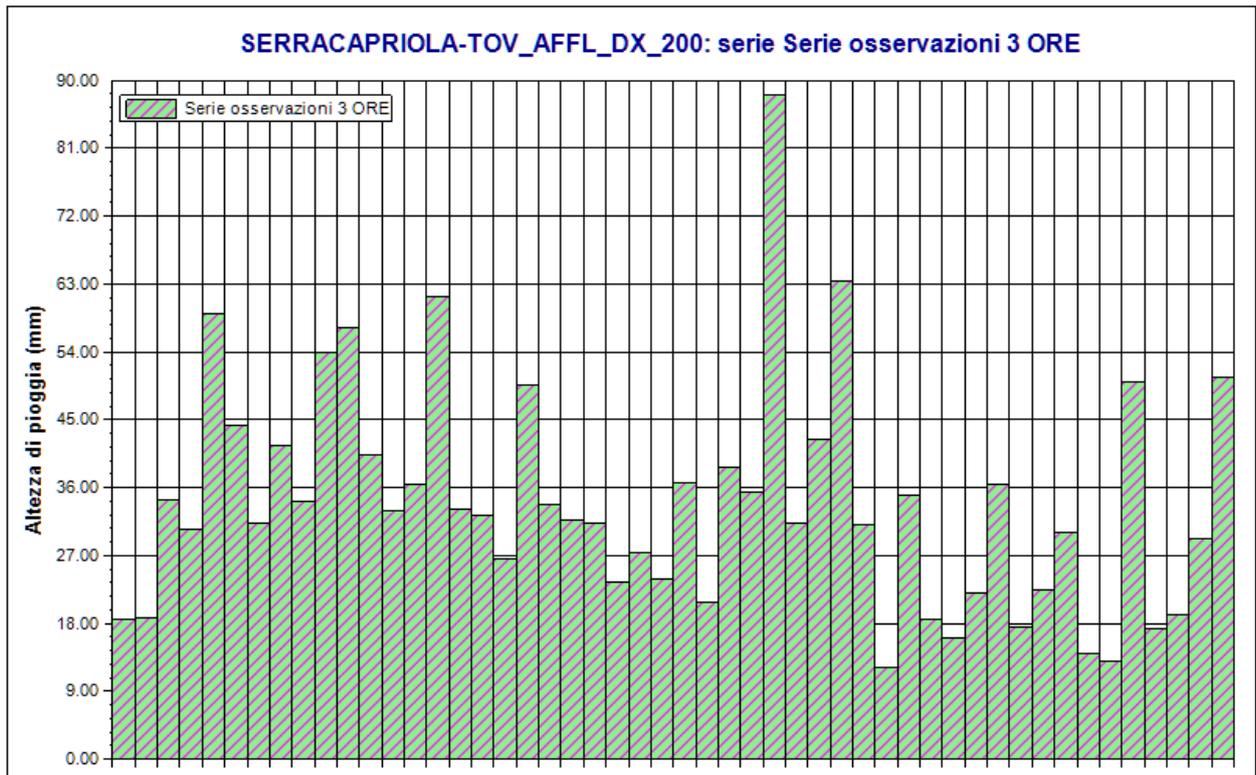
n	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
33	32.6	63.4	69.2	77.2	77.2
34	45.0	31.0	31.2	32.2	43.0
35	26.2	12.2	12.6	18.8	31.2
36	7.6	35.0	39.8	40.4	40.4
37	33.0	18.6	27.0	39.6	56.6
38	10.6	16.0	24.4	35.0	36.6
39	10.4	22.0	37.0	74.2	80.6
40	15.0	36.4	52.0	52.8	52.8
41	20.0	17.4	24.4	30.0	48.0
42	12.8	22.4	22.4	22.4	35.6
43	22.4	30.0	40.0	68.0	90.4
44	16.0	14.0	20.0	23.0	45.0
45	8.0	13.0	25.0	44.6	57.8
46	9.0	50.0	64.8	71.8	73.6
47	21.8	17.2	21.0	32.0	32.4
48	9.6	19.2	26.0	31.8	41.8
49	9.2	29.2	29.2	51.4	86.4
50	26.4	50.6	65.2	97.6	100.6
51	35.0	22.0	33.0	36.0	47.8
52	16.0	-	-	-	-

### Dati Statistici

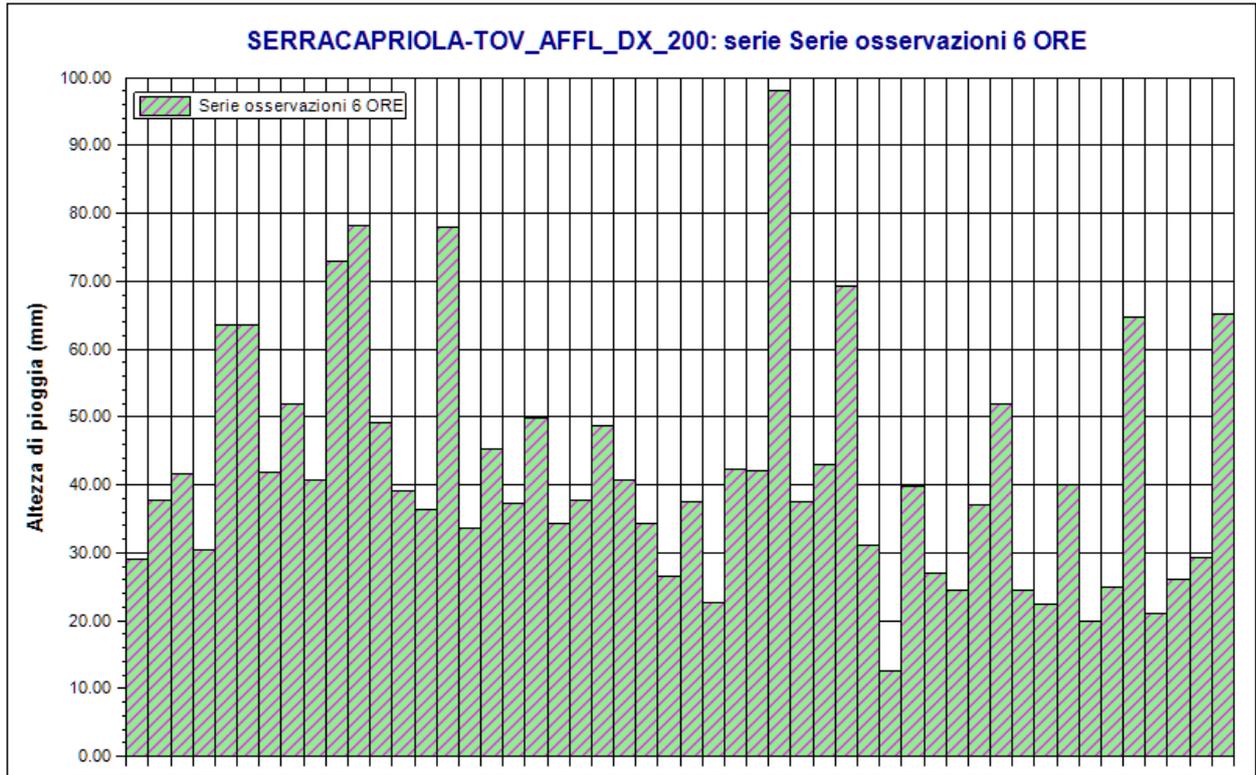
Parametro	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Dimensione campione	52	51	51	51	51
Somma dei dati	1179.8	1720.4	2129.8	2632.4	3217.8
Valore minimo	7.6	12.2	12.6	18.8	31.2
Valore massimo	55.0	88.0	98.2	103.2	122.4
Valore medio	22.69	33.73	41.76	51.62	63.09
Dev. standard	10.12	15.04	17.34	20.06	23.34
Coeff. variazione	0.446	0.446	0.415	0.389	0.370
Coeff. asimmetria	0.906	1.200	1.129	0.675	0.820



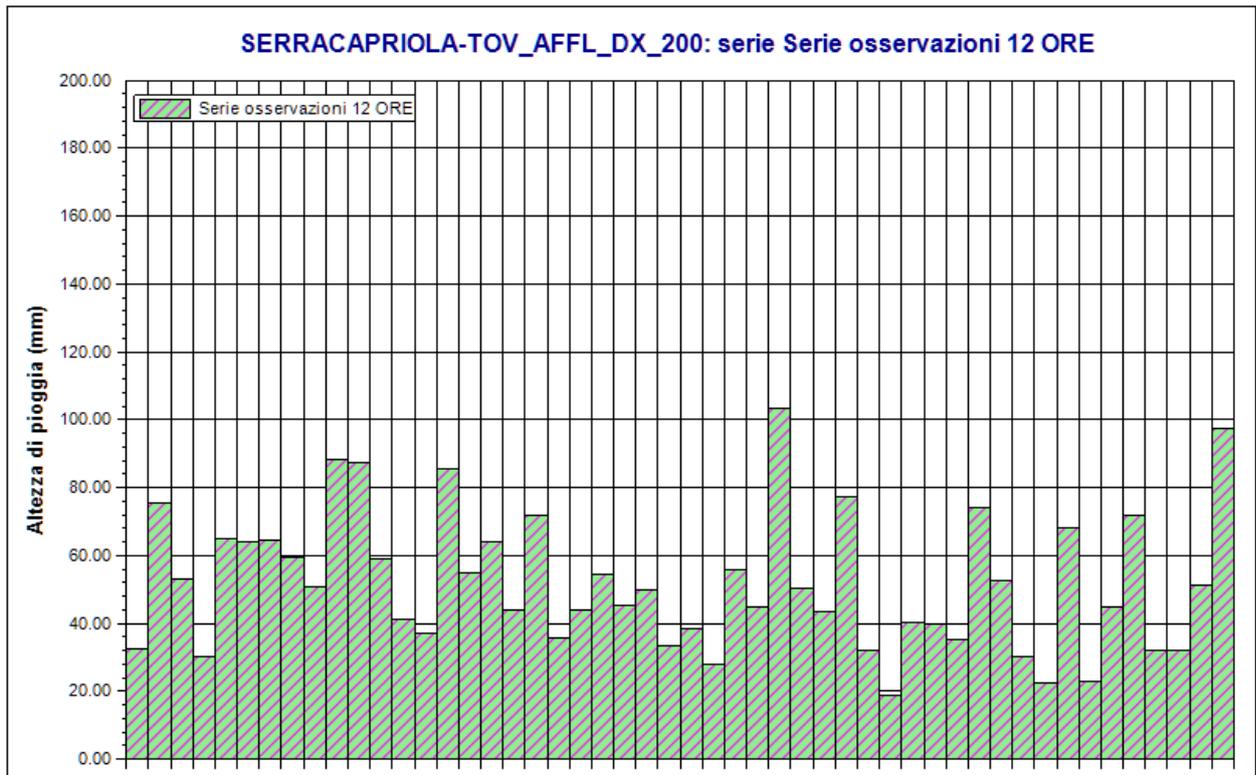
*SERRACAPRIOLA-TOV\_AFFL\_DX\_200. Serie osservazioni 1 ORA. Durata 1 ora*



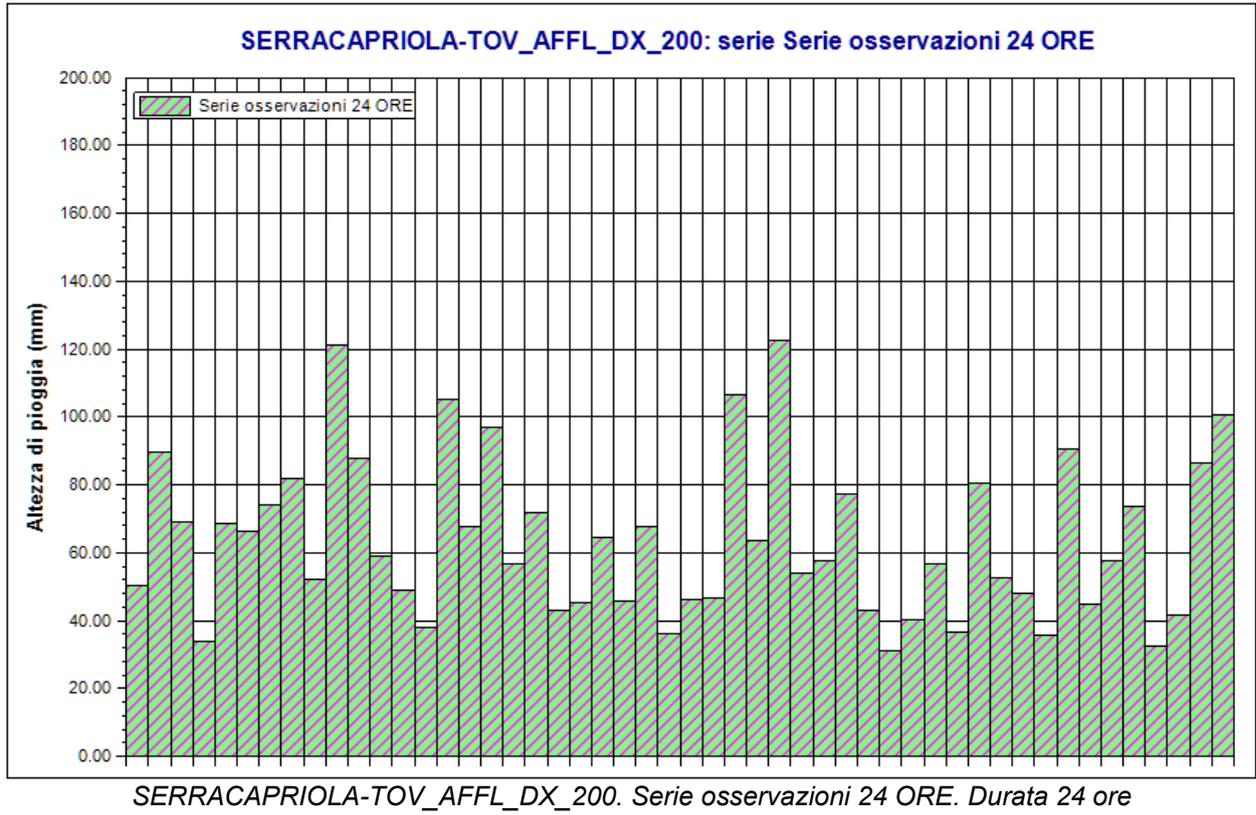
*SERRACAPRIOLA-TOV\_AFFL\_DX\_200. Serie osservazioni 3 ORE. Durata 3 ore*



SERRACAPRIOLA-TOV\_AFFL\_DX\_200. Serie osservazioni 6 ORE. Durata 6 ore



SERRACAPRIOLA-TOV\_AFFL\_DX\_200. Serie osservazioni 12 ORE. Durata 12 ore



**Rapporto sull'elaborazione probabilistica:****Elaborazione TCEV primo livello TOV\_AFFL\_DX\_200****Modello TCEV (Two Components Extreme Value)**

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 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  $\Lambda_1$  e  $\Lambda_2$  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 ha che la CDF di  $y$  è data da:

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

avendo posto:

$$\mathcal{G}_* = \frac{\mathcal{G}_2}{\mathcal{G}_1} \quad \text{e} \quad \Lambda_* = \frac{\Lambda_2}{\Lambda_1^{1/\mathcal{G}_*}}$$

La media della distribuzione TCEV è data dall'espressione:

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

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

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

Il coefficiente di variazione teorico dipende da  $\Lambda_1$ ,  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  ed è quindi indipendente da  $\mathcal{G}_1$ .

Il coefficiente di asimmetria teorico dipende da  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  ed è quindi indipendente da  $\Lambda_1$  e  $\mathcal{G}_1$ .

### **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  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  e delle sottoregioni di queste, più limitate, in cui sia costante pure il coefficiente di variazione e, quindi, il parametro  $\Lambda_1$ .

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  $\Lambda^*$  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  $\Lambda^*$ ,  $\mathcal{G}^*$  e  $\Lambda_1$ .  $\Lambda_1$  può quindi essere stimato in base a tutte le serie storiche ricadenti nella sottozona.

In una sottozona rimane costante la CDF di  $x/\mu$ . Infatti dall'espressione della CDF della TCEV, introducendo i parametri  $\Lambda^*$  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

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

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:

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

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

b) Al livello di regionalizzazione uno, in cui i parametri  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  sono stimati a livello regionale e  $\Lambda_1$  e  $\mathcal{G}_1$  dalla singola serie:

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

c) Al livello di regionalizzazione due, in cui i parametri  $\Lambda^*$ ,  $\mathcal{G}^*$  e  $\Lambda_1$  sono stimati a livello regionale e  $\mathcal{G}_1$  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:

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

## Dati Elaborazione

**Stazione di misura:** SERRACAPRIOLA-TOV\_AFFL\_DX\_200

**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	52	51	51	51	51
Valore medio	22.69	33.73	41.76	51.62	63.09
Dev. standard	10.12	15.04	17.34	20.06	23.34
<b>Parametri regionali</b>					
Descrizione	Parametri zona: Puglia - Durata: Unica				
Lambda*	0.77200	0.77200	0.77200	0.77200	0.77200
Teta*	2.35200	2.35200	2.35200	2.35200	2.35200
<b>Parametri stimati</b>					
Lambda 1	12.33540	15.95556	21.70403	22.77489	45.16353
Teta 1	5.26146	7.31896	8.53805	10.43280	11.00886
Lambda 2	2.24669	2.50645	2.85676	2.91586	3.90107
Teta 2	12.37496	17.21418	20.08149	24.53794	25.89284

### Espressioni delle CDF della distribuzione

TCEV primo livello: Serie osservazioni 1 ORA	$F_x(x) = \exp \left[ -12.34 \exp \left( -\frac{x}{5.261} \right) - 2.25 \exp \left( -\frac{x}{12.375} \right) \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 3 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -15.96 \exp \left( -\frac{x}{7.319} \right) - 2.51 \exp \left( -\frac{x}{17.214} \right) \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 6 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -21.70 \exp \left( -\frac{x}{8.538} \right) - 2.86 \exp \left( -\frac{x}{20.081} \right) \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 12 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -22.77 \exp \left( -\frac{x}{10.433} \right) - 2.92 \exp \left( -\frac{x}{24.538} \right) \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 24 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -45.16 \exp \left( -\frac{x}{11.009} \right) - 3.90 \exp \left( -\frac{x}{25.893} \right) \right]$

### Espressioni delle Curve di crescita

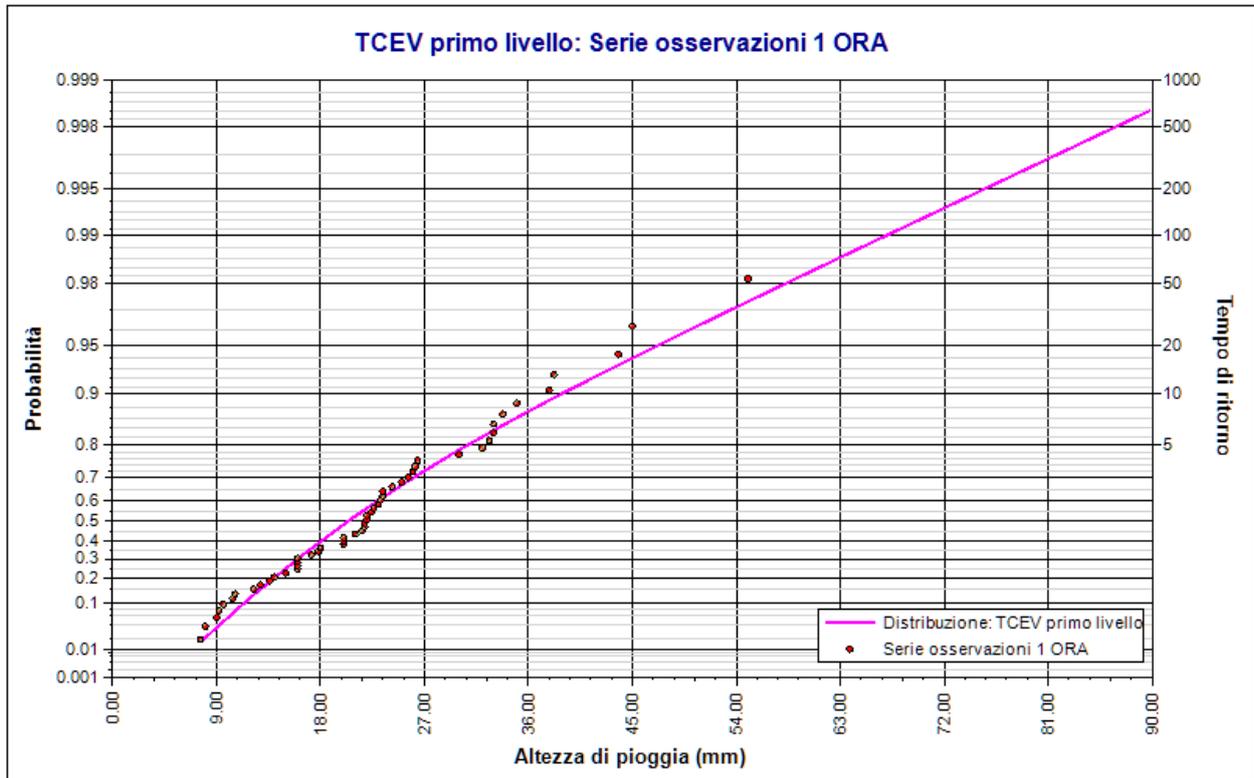
TCEV primo livello: Serie osservazioni 1 ORA	$F_X(x) = \exp \left[ -12.335 (83.521)^{-x} - 2.247 (6.563)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 3 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -15.956 (108.033)^{-x} - 2.506 (7.322)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 6 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -21.704 (146.955)^{-x} - 2.857 (8.345)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 12 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -22.775 (154.206)^{-x} - 2.916 (8.518)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 24 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -45.164 (305.796)^{-x} - 3.901 (11.395)^{-x} \right]$

### Frattili distribuzioni probabilistiche

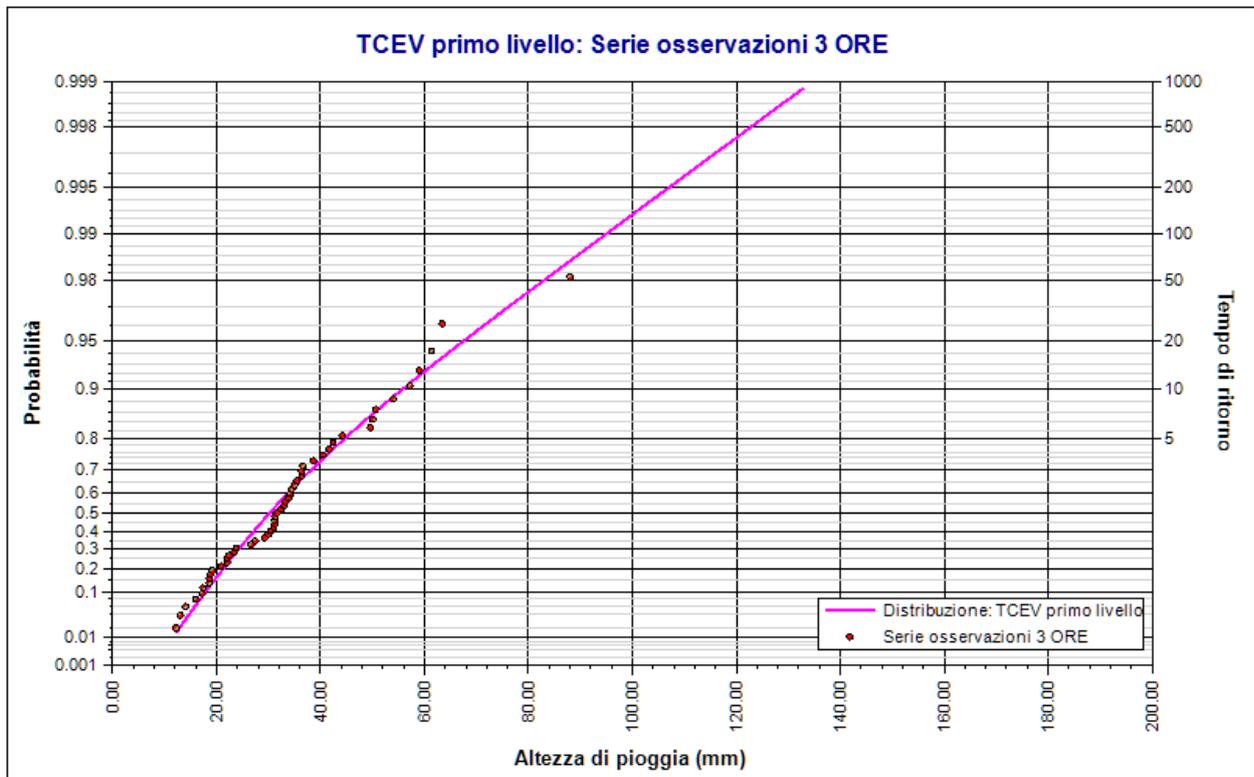
Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2 anni	20.33	30.17	37.82	46.72	56.83
5 anni	30.74	44.65	54.71	67.35	78.61
10 anni	38.81	55.87	67.80	83.35	95.49
20 anni	47.16	67.49	81.35	99.91	112.96
50 anni	58.42	83.15	99.62	122.23	136.52
100 anni	66.99	95.07	113.53	139.23	154.45
200 anni	75.57	107.01	127.46	156.24	172.41
500 anni	86.92	122.79	145.87	178.74	196.15
1000 anni	95.50	134.72	159.79	195.75	214.10

### Fattori di crescita

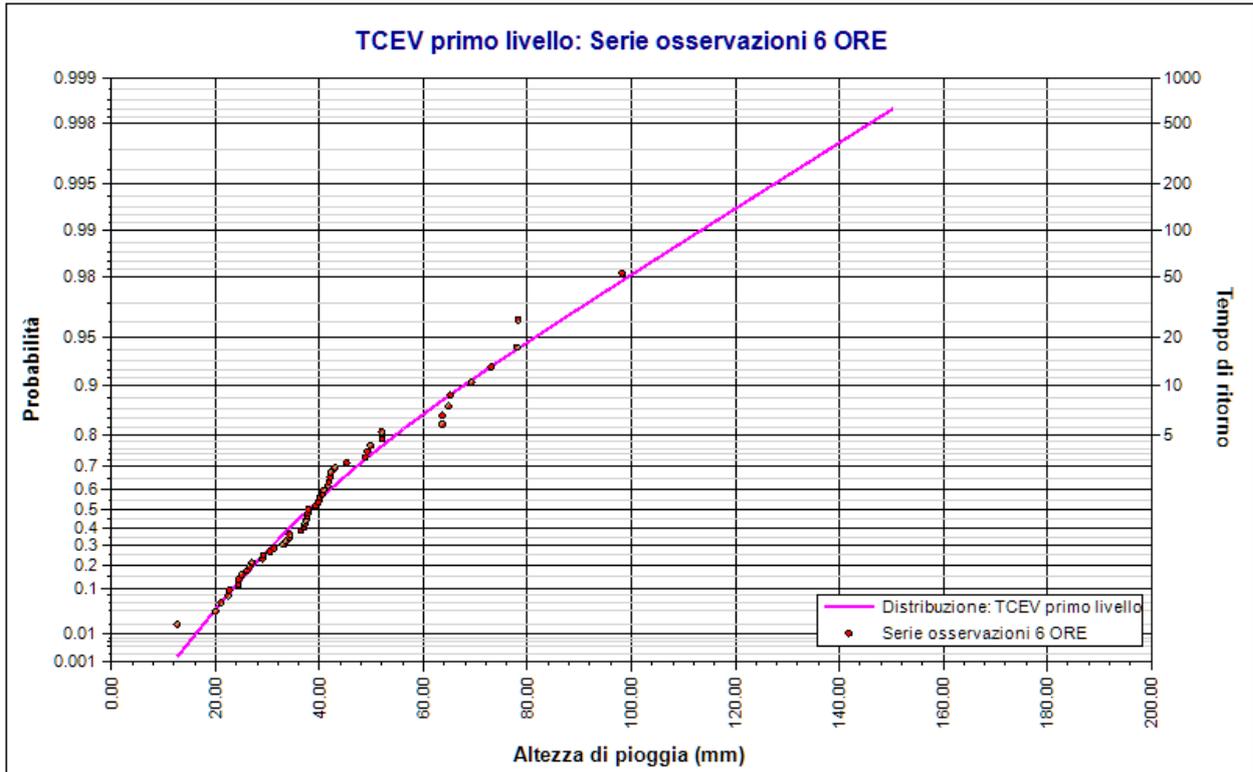
Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2 anni	0.87	0.88	0.89	0.89	0.90
5 anni	1.32	1.30	1.28	1.28	1.25
10 anni	1.67	1.63	1.59	1.59	1.52
20 anni	2.03	1.97	1.91	1.90	1.79
50 anni	2.51	2.43	2.34	2.33	2.17
100 anni	2.88	2.77	2.66	2.65	2.45
200 anni	3.25	3.12	2.99	2.97	2.74
500 anni	3.73	3.58	3.42	3.40	3.11
1000 anni	4.10	3.93	3.75	3.72	3.40



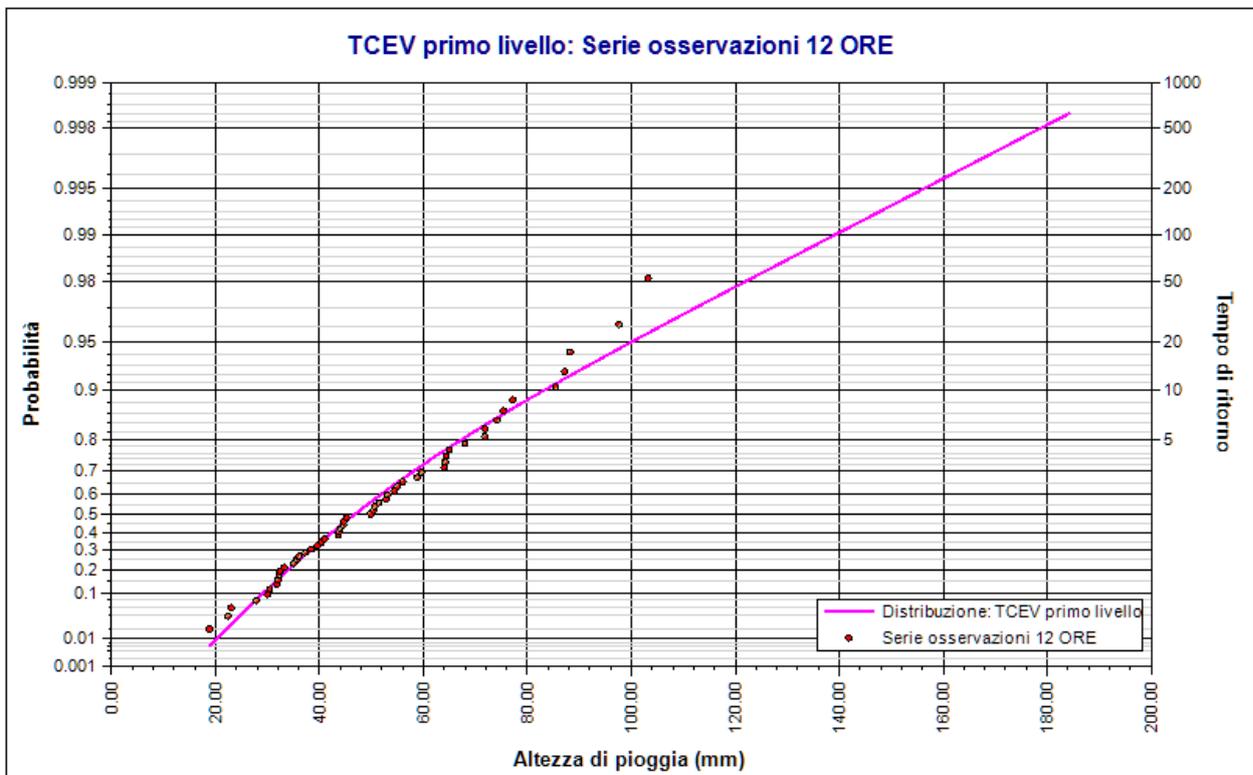
Elaborazione TCEV primo livello TOV\_AFFL\_DX\_200. TCEV primo livello: Serie osservazioni 1 ORA. Durata 1 ora



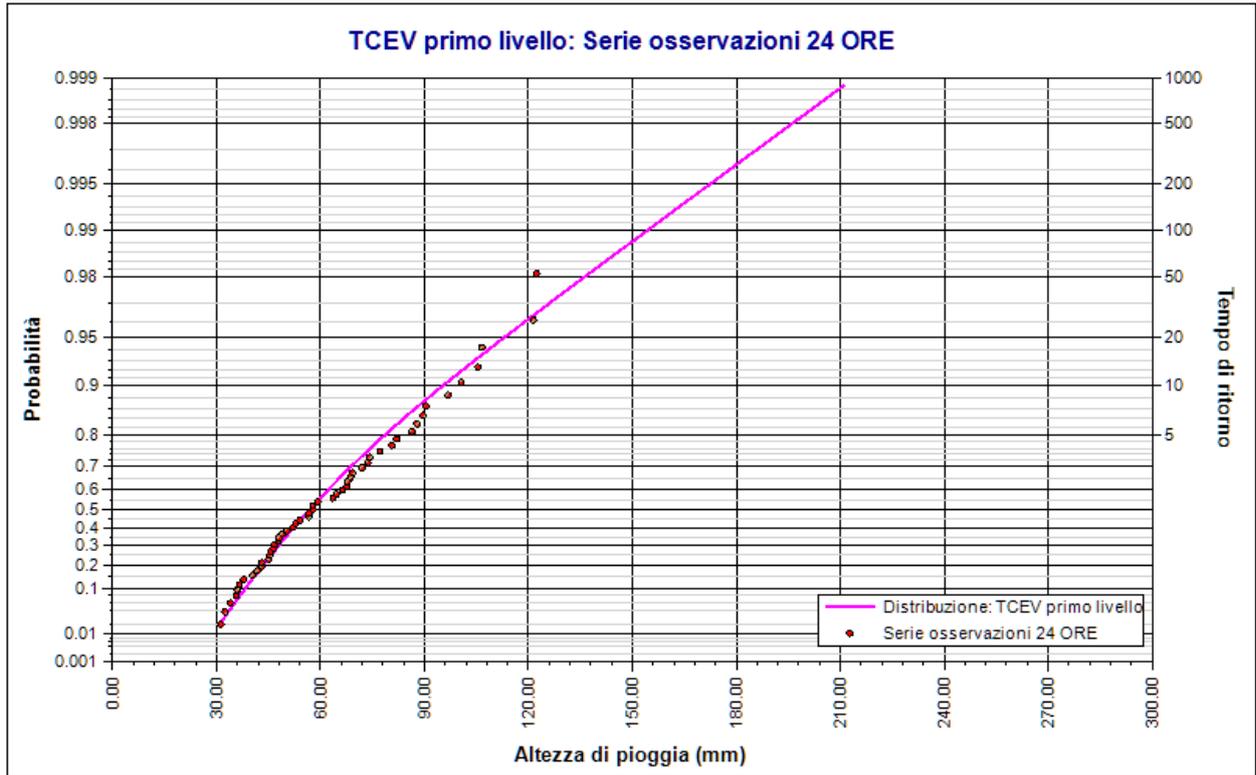
Elaborazione TCEV primo livello TOV\_AFFL\_DX\_200. TCEV primo livello: Serie osservazioni 3 ORE. Durata 3 ore



Elaborazione TCEV primo livello TOV\_AFFL\_DX\_200. TCEV primo livello: Serie osservazioni 6 ORE. Durata 6 ore



Elaborazione TCEV primo livello TOV\_AFFL\_DX\_200. TCEV primo livello: Serie osservazioni 12 ORE. Durata 12 ore



Elaborazione TCEV primo livello TOV\_AFFL\_DX\_200. TCEV primo livello: Serie osservazioni 24 ORE. Durata 24 ore

## Rapporto sulla curva di pioggia:

<b>Curva pioggia calcolata TCEV PRIMO LIVELLO TOV_AFFL_DX_200</b>
---

## Dati Curva di pioggia

Tipo: Curva di pioggia calcolata

Elaborazione probabilistica: Elaborazione TCEV primo livello TOV\_AFFL\_DX\_200

Tempo di ritorno: 200.000 anni

Numero punti: 5

Durate di calcolo: 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore

## Tabella punti di calcolo

n	Durata		Altezza (mm)
	(ore)	(minuti)	
1	1.000	60	75.570
2	3.000	180	107.005
3	6.000	360	127.456
4	12.000	720	156.243
5	24.000	1440	172.407

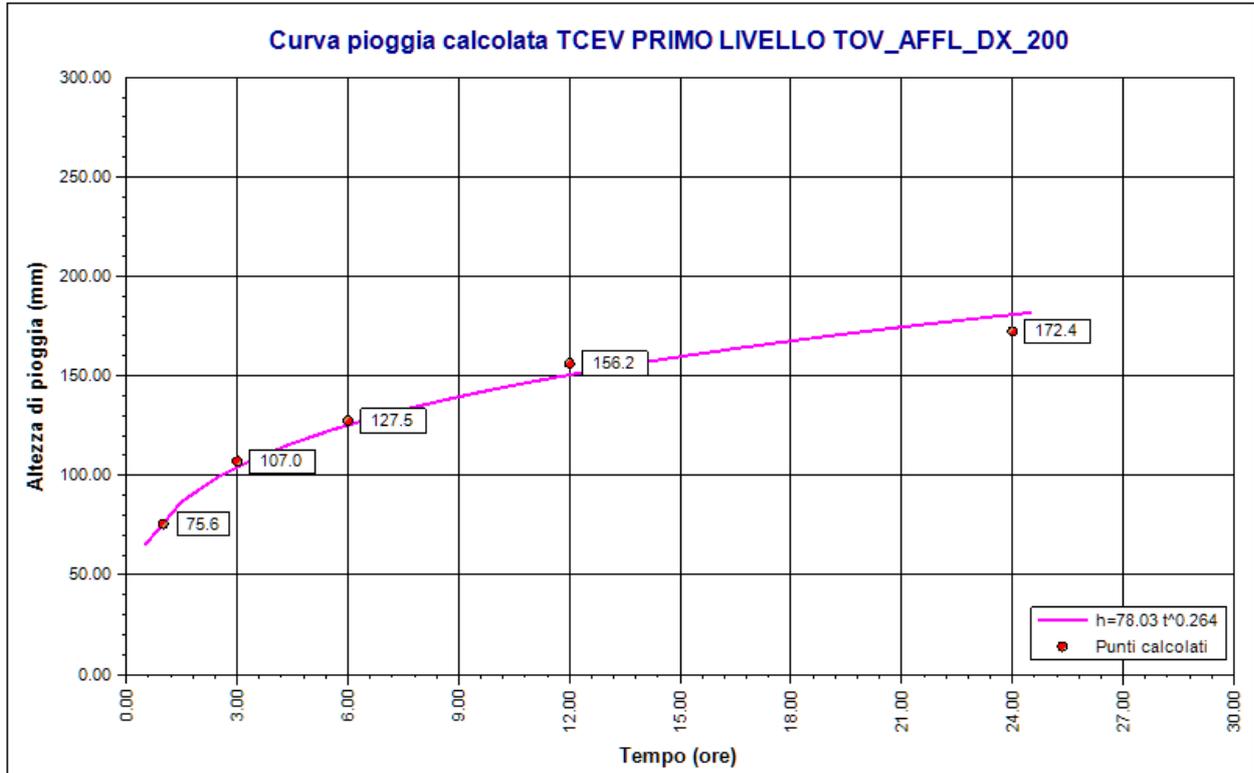
## Risultati interpolazione

Coefficienti curva			Espressione
a	n	correlazione (r)	
78.03	0.26	0.99	$h(t) = 78.0 t^{0.264}$

## Valori curva di pioggia

t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)
1	78.034	9	139.495	17	165.037
2	93.727	10	143.435	18	167.550
3	104.333	11	147.095	19	169.962
4	112.577	12	150.518	20	172.282
5	119.418	13	153.737	21	174.519
6	125.316	14	156.779	22	176.679
7	130.528	15	159.665	23	178.767

t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)
8	135.218	16	162.413	24	180.790



*Curva pioggia calcolata TCEV PRIMO LIVELLO TOV\_AFFL\_DX\_200*

## Rapporto pluviogramma sintetico:

**Pluviogramma sintetico TCEV I LIV TOV\_AFFL\_DX\_200****Dati Pluviogramma**

Tipo: Pluviogramma sintetico

Curva di pioggia: Curva pioggia calcolata TCEV PRIMO LIVELLO TOV\_AFFL\_DX\_200

Durata: 0.288 ore

Altezza di pioggia complessiva: 58.364 mm

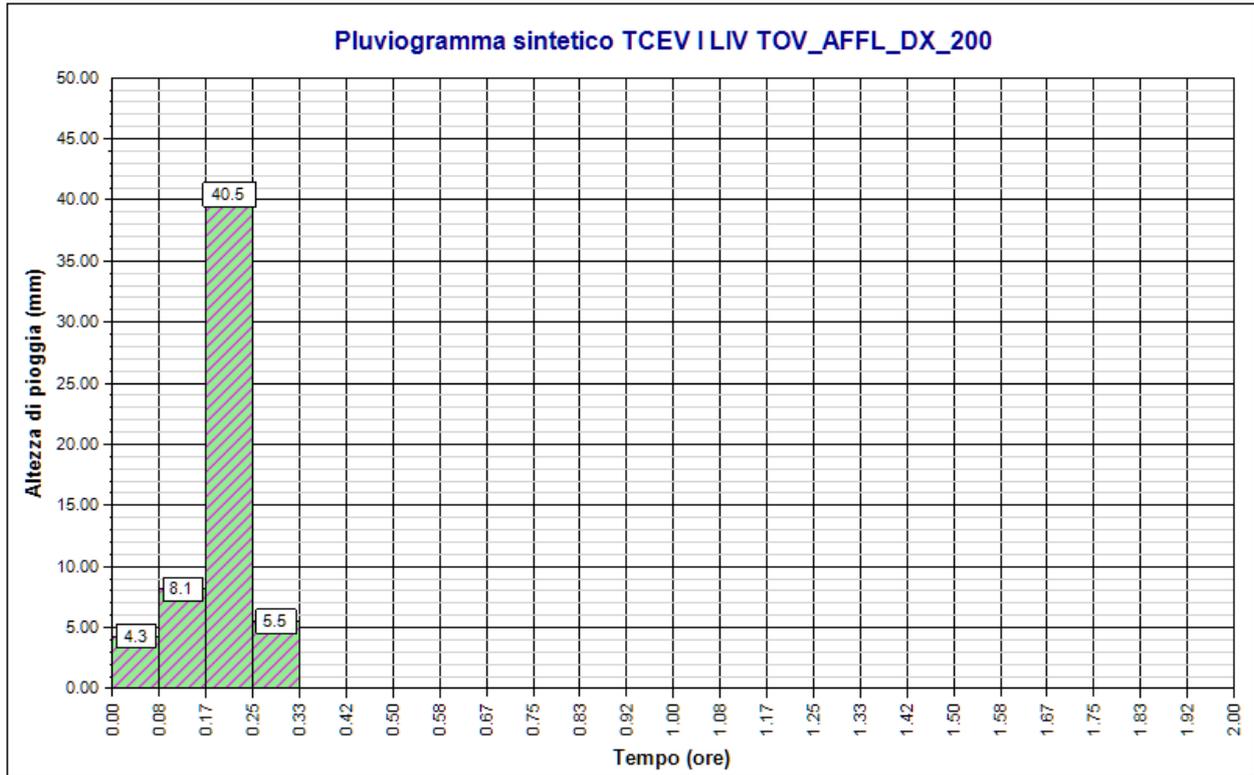
Intervallo di discretizzazione: 5

**Curva di pioggia**

Coefficienti curva		Espressione
a	n	
78.03	0.26	$h(t) = 78.0 t^{0.264}$

**Tabella pluviogramma**

n	Estremi intervallo (ore)		Estremi intervallo (minuti)		Altezza (mm)
	t(i)	t(i+1)	t(i)	t(i+1)	
1	0.000	0.083	0	5	4.274
2	0.083	0.167	5	10	8.136
3	0.167	0.250	10	15	40.455
4	0.250	0.333	15	20	5.498



*Pluviogramma sintetico TCEV I LIV TOV\_AFFL\_DX\_200*

**Rapporto idrogramma:****Idrogramma SCS TCEV I TOV\_AFFL\_DX\_200****Modello SCS-CN**

Il modello idrologico SCS-CN permette di simulare il deflusso superficiale in corrispondenza di una data precipitazione. Il processo di trasformazione afflussi-deflussi è suddiviso nelle seguenti fasi:

- a) Determinazione delle piogge nette;
- b) Trasformazione delle piogge nette in deflussi superficiali.

È necessario definire un pluviogramma, che viene considerato uniformemente distribuito sull'intero bacino.

Le piogge nette si calcolano, a partire dal pluviogramma, secondo il metodo del Curve Number (CN) proposto dall'SCS (Soil Conservation Service). L'equazione di continuità:

$$R = P - S$$

dove:

- $R$  è il deflusso fino all'istante  $t$  (mm)
- $P$  è la precipitazione fino all'istante  $t$  (mm)
- $S$  sono le perdite fino all'istante  $t$  (mm)

viene modificata ipotizzando che vi sia una relazione di proporzionalità tra perdite  $S$  e massima altezza immagazzinabile nel terreno a saturazione,  $S'$  (mm):

$$\frac{S}{S'} = \frac{R}{P}$$

e assume la forma seguente:

$$R = \frac{P^2}{P + S'} [mm]$$

che definisce l'andamento nel tempo del deflusso  $R$  nota la precipitazione  $P$  e la massima infiltrazione  $S'$ .

Considerando che un'aliquota di  $P$  si invasa nelle depressioni superficiali o si infiltra prima che il deflusso abbia inizio, si può scrivere:

$$R = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S'} [mm]$$

essendo  $Ia$  (mm) la perdita iniziale (*Initial abstraction*).

L'unico parametro del modello risulta quindi essere l'altezza massima immagazzinabile nel terreno a saturazione  $S'$  (mm), che si ricava dalla seguente formula:

$$S' = \frac{25400}{CN} - 254$$

dove  $CN$  (*Curve Number*) è un indice compreso tra 0 e 100 fornito dalle tabelle SCS in funzione del tipo di terreno, dell'utilizzazione del suolo e delle condizioni antecedenti di umidità.

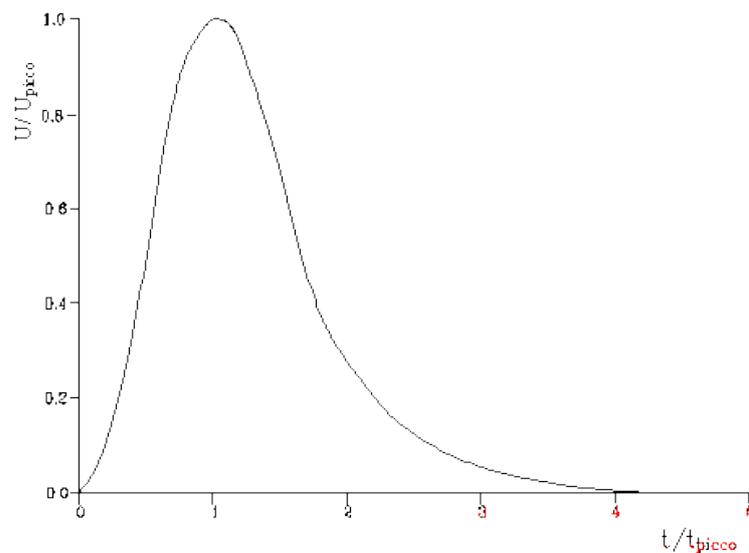
La trasformazione afflussi-deflussi quindi è ottenuta tramite l'idrogramma unitario SCS (1972) di seguito riportato, che richiede come unico parametro il tempo  $t_{LAG}$  (ore) pari al ritardo tra il baricentro del diagramma delle piogge nette e il picco dell'idrogramma unitario. Si può porre  $t_{LAG}=0,6 t_c$  con  $t_c$  tempo di corrivazione del bacino in esame.

L'istante e la portata di picco rispetto alla precipitazione unitaria sono calcolati come:

$$t_{picco} = 0,5\Delta t + t_{lag}$$

$$U_{picco} = 0,2084 \frac{A}{t_{picco}}$$

dove  $t_{picco}$  è il tempo in ore del picco dell'idrogramma unitario,  $\Delta t$  è l'intervallo di calcolo espresso in ore,  $U_{picco}$  è la portata massima dell'idrogramma unitario espressa in  $m^3/s/mm$  e  $A$  è l'area del sottobacino misurata in  $km^2$ .



*Idrogramma unitario adimensionalizzato SCS*

La portata è ottenuta tramite la sommatoria che discretizza l'integrale di convoluzione:

$$Q(i) = \sum_{j=1}^i U(j)P(i-j+1)$$

dove  $Q(i)$  è la portata alla fine dell'intervallo  $i$ -esimo,  $U(j)$  è la  $j$ -esima ordinata dell'idrogramma unitario, ricavabile dalla precedente figura, e  $P(i)$  è la pioggia netta all'intervallo  $i$ -esimo.

### Dati Idrogramma

Tipo: Idrogramma SCS

**Pluviogramma di input:** Pluviogramma sintetico TCEV I LIV TOV\_AFFL\_DX\_200

**Superficie del bacino:** 1.0 kmq

**Tlag:** 0.288 ore

**Astrazione iniziale:** 2.0 mm

**Curve Number:** 75.0

**Intervallo di calcolo:** 5 minuti

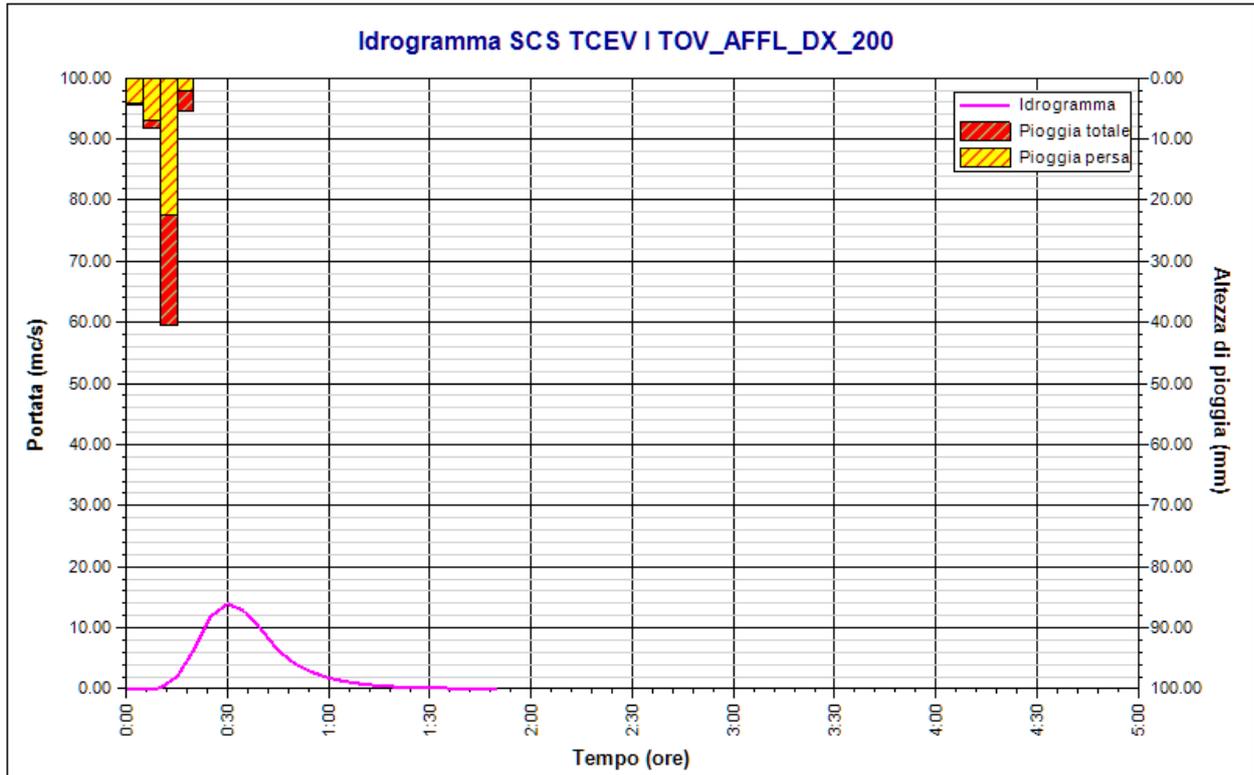
### Tabella idrogramma

n	Tempo		Afflusso (mm)	Pioggia persa (mm)	Pioggia netta (mm)	Portata (mc/s)
	(ore)	(minuti)				
1	0.000	0	4.274	4.215	0.059	0.0
2	0.083	5	8.136	7.056	1.080	0.0
3	0.167	10	40.455	22.505	17.950	0.1
4	0.250	15	5.498	2.062	3.436	2.0
5	0.333	20	0.000	0.000	0.000	6.4
6	0.417	25	0.000	0.000	0.000	11.9
7	0.500	30	0.000	0.000	0.000	13.9
8	0.583	35	0.000	0.000	0.000	12.7
9	0.667	40	0.000	0.000	0.000	9.7
10	0.750	45	0.000	0.000	0.000	6.3
11	0.833	50	0.000	0.000	0.000	4.1
12	0.917	55	0.000	0.000	0.000	2.7
13	1.000	60	0.000	0.000	0.000	1.8
14	1.083	65	0.000	0.000	0.000	1.2
15	1.167	70	0.000	0.000	0.000	0.8
16	1.250	75	0.000	0.000	0.000	0.5
17	1.333	80	0.000	0.000	0.000	0.3
18	1.417	85	0.000	0.000	0.000	0.2
19	1.500	90	0.000	0.000	0.000	0.2
20	1.583	95	0.000	0.000	0.000	0.1
21	1.667	100	0.000	0.000	0.000	0.1
22	1.750	105	0.000	0.000	0.000	0.0
23	1.833	110	0.000	0.000	0.000	0.0

### Tabella risultati

Parametro	Valore	U.M.
Portata massima	13.9	mc/s
Istante picco	0.500	ore
Istante picco	30.0	minuti
Durata totale evento	1.833	ore
Volume afflusso	58	mc x 1000
Volume deflusso	22	mc x 1000

Parametro	Valore	U.M.
Altezza afflusso	58.364	mm
Altezza deflusso	22.499	mm
Coeff. deflusso	0.39	-
Coeff. udometrico	13.92	mc/s/kmq



Idrogramma SCS TCEV I TOV\_AFFL\_DX\_200

**Rapporto sulla stazione di misura:****SERRACAPRIOLA-TOV\_AFFL\_DX\_500****Descrizione**

TOVAGLIA\_AFFL\_DX

**Dati Stazione****Codice:** 16249**Bacino:** TOV\_AFFL\_DX**Comune:** SERRACAPRIOLA**Quota:** 270.0 m s.l.m.**Latitudine:** 41,8**Longitudine:** 15,15**Dati Serie****Serie presenti:** 5**Durate presenti:** 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore**Minima dimensione serie:** 51**Massima dimensione serie:** 52

<b>Serie n. 1</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 1 ORA
<b>Durata</b>	1 ora
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 2</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 3 ORE
<b>Durata</b>	3 ore
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 3</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 6 ORE
<b>Durata</b>	6 ore
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 4</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 12 ORE
<b>Durata</b>	12 ore

<b>Serie n. 4</b>	
<b>Descrizione</b>	

<b>Serie n. 5</b>	
<b>Nome della serie</b>	Serie osservazioni 24 ORE
<b>Durata</b>	24 ore
<b>Descrizione</b>	

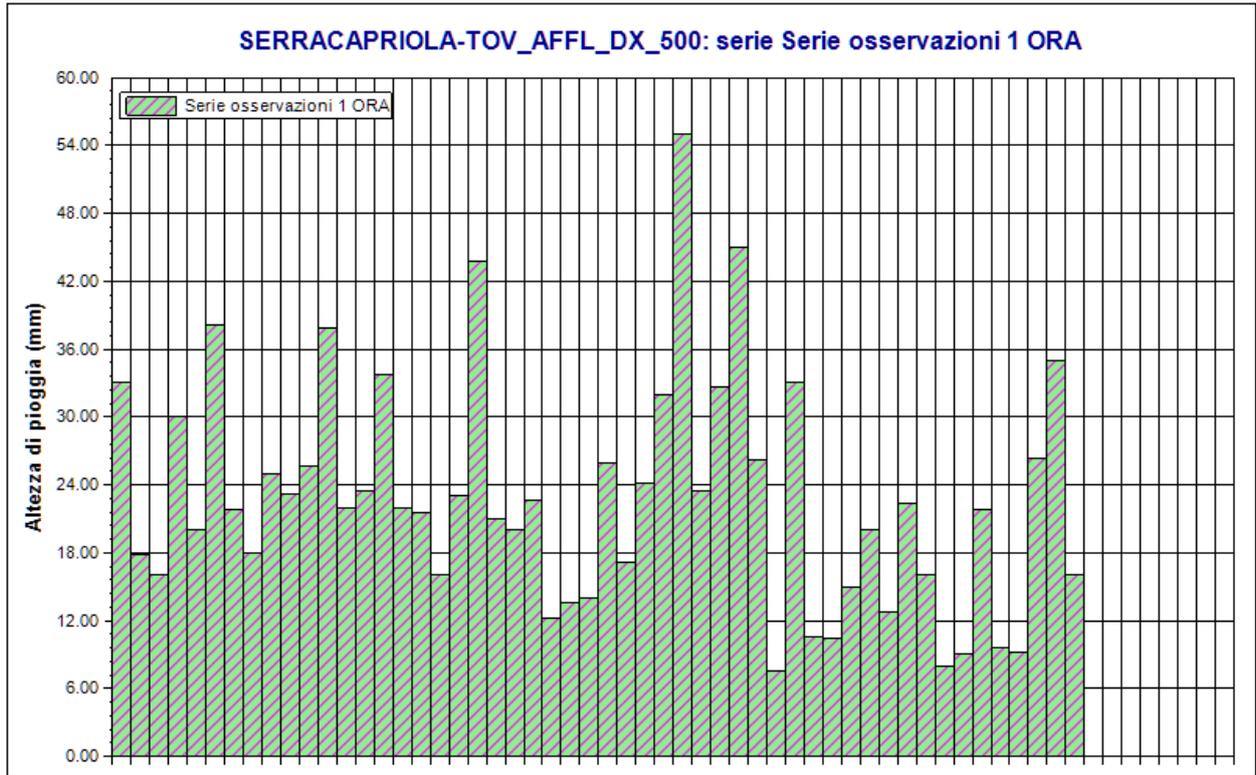
### Serie osservazioni

n	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1	33.0	18.6	29.0	32.4	50.2
2	17.8	18.8	37.8	75.4	89.6
3	16.0	34.4	41.6	53.0	69.2
4	30.0	30.4	30.4	30.4	34.0
5	20.0	59.0	63.6	65.0	68.6
6	38.2	44.2	63.6	64.2	66.4
7	21.8	31.2	41.8	64.4	74.2
8	18.0	41.6	52.0	59.6	82.0
9	25.0	34.2	40.6	50.6	52.2
10	23.2	54.0	73.0	88.2	121.4
11	25.6	57.2	78.2	87.2	87.8
12	37.8	40.4	49.2	58.8	59.2
13	22.0	33.0	39.2	41.0	49.0
14	23.4	36.4	36.4	37.2	37.8
15	33.8	61.4	78.0	85.4	105.4
16	22.0	33.2	33.6	55.0	67.6
17	21.6	32.4	45.2	64.0	96.8
18	16.0	26.6	37.2	44.0	56.6
19	23.0	49.6	49.8	71.8	72.0
20	43.8	33.8	34.2	35.6	43.0
21	21.0	31.6	37.8	43.8	45.4
22	20.0	31.2	48.8	54.4	64.6
23	22.6	23.4	40.8	45.2	45.6
24	12.2	27.4	34.2	49.8	67.8
25	13.6	23.8	26.6	33.2	36.0
26	14.0	36.6	37.4	38.4	46.4
27	26.0	20.8	22.6	27.8	46.8
28	17.2	38.6	42.2	56.0	106.6
29	24.2	35.4	42.0	44.6	63.6
30	32.0	88.0	98.2	103.2	122.4
31	55.0	31.2	37.6	50.4	54.0
32	23.4	42.4	43.0	43.6	57.8

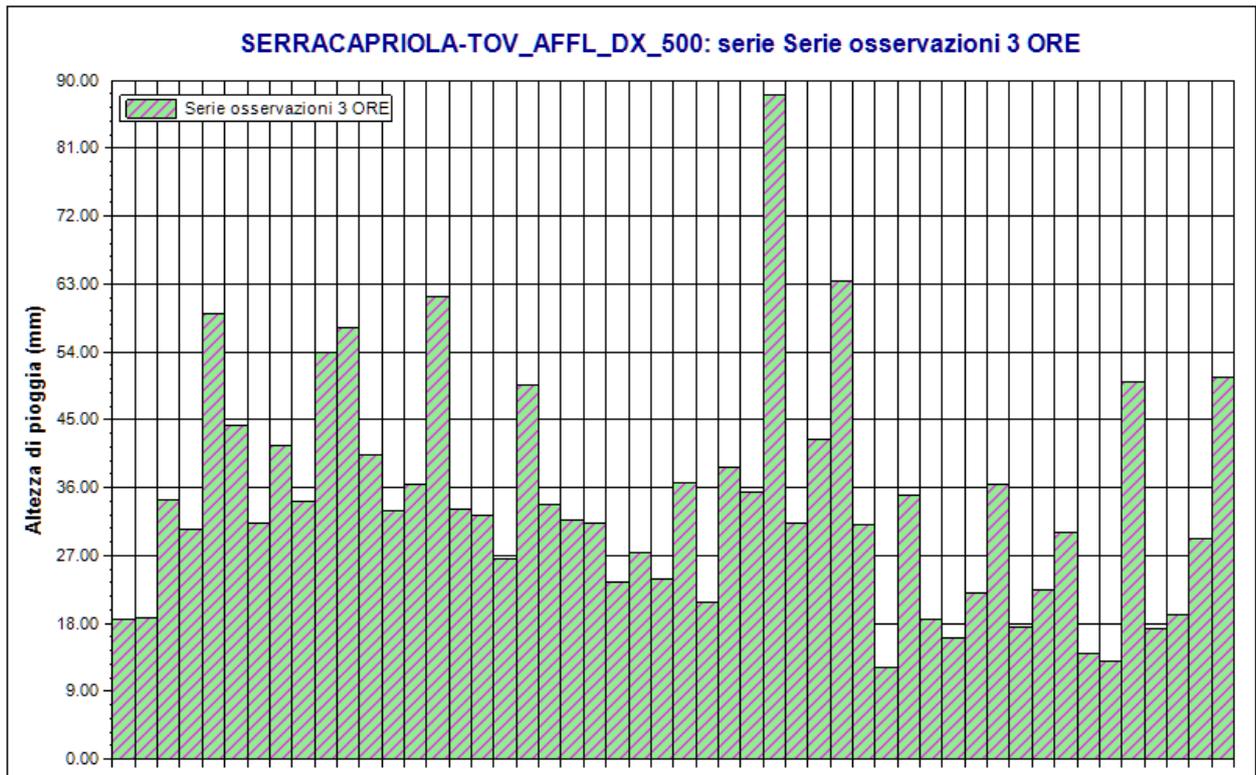
n	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
33	32.6	63.4	69.2	77.2	77.2
34	45.0	31.0	31.2	32.2	43.0
35	26.2	12.2	12.6	18.8	31.2
36	7.6	35.0	39.8	40.4	40.4
37	33.0	18.6	27.0	39.6	56.6
38	10.6	16.0	24.4	35.0	36.6
39	10.4	22.0	37.0	74.2	80.6
40	15.0	36.4	52.0	52.8	52.8
41	20.0	17.4	24.4	30.0	48.0
42	12.8	22.4	22.4	22.4	35.6
43	22.4	30.0	40.0	68.0	90.4
44	16.0	14.0	20.0	23.0	45.0
45	8.0	13.0	25.0	44.6	57.8
46	9.0	50.0	64.8	71.8	73.6
47	21.8	17.2	21.0	32.0	32.4
48	9.6	19.2	26.0	31.8	41.8
49	9.2	29.2	29.2	51.4	86.4
50	26.4	50.6	65.2	97.6	100.6
51	35.0	22.0	33.0	36.0	47.8
52	16.0	-	-	-	-

### Dati Statistici

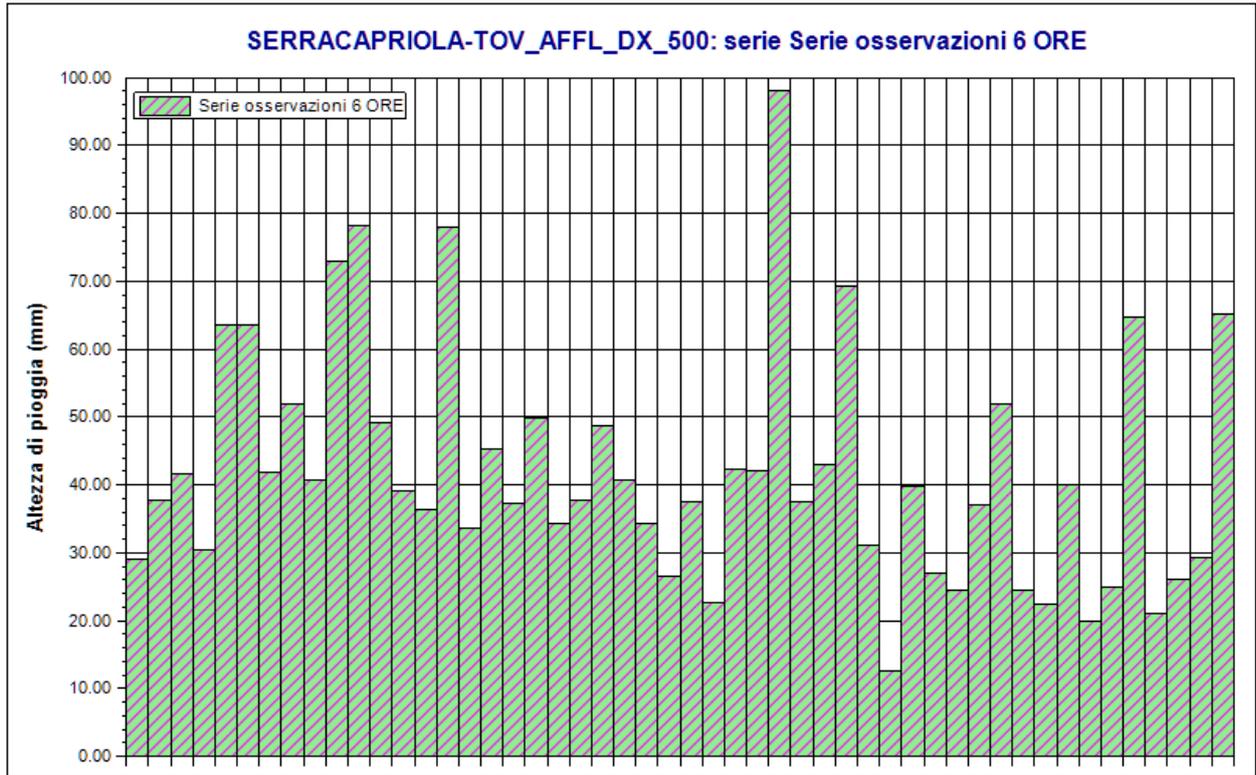
Parametro	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Dimensione campione	52	51	51	51	51
Somma dei dati	1179.8	1720.4	2129.8	2632.4	3217.8
Valore minimo	7.6	12.2	12.6	18.8	31.2
Valore massimo	55.0	88.0	98.2	103.2	122.4
Valore medio	22.69	33.73	41.76	51.62	63.09
Dev. standard	10.12	15.04	17.34	20.06	23.34
Coeff. variazione	0.446	0.446	0.415	0.389	0.370
Coeff. asimmetria	0.906	1.200	1.129	0.675	0.820



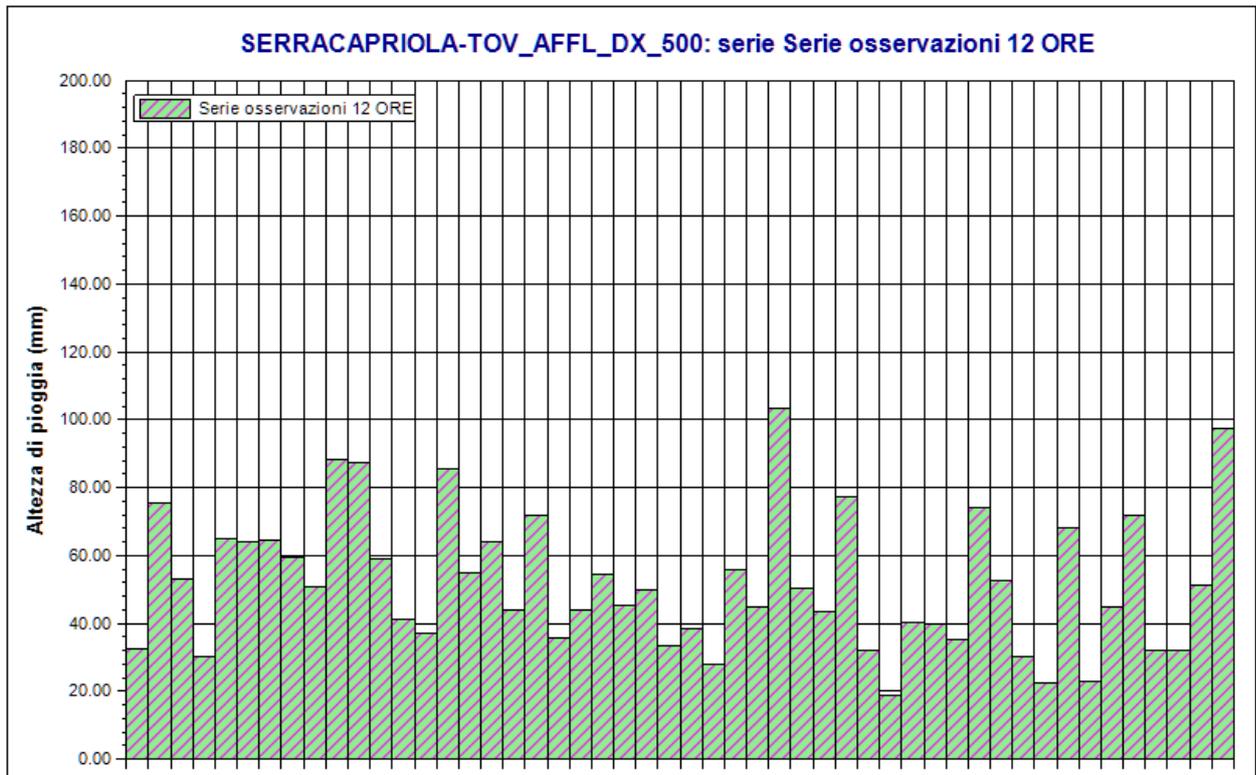
*SERRACAPRIOLA-TOV\_AFFL\_DX\_500. Serie osservazioni 1 ORA. Durata 1 ora*



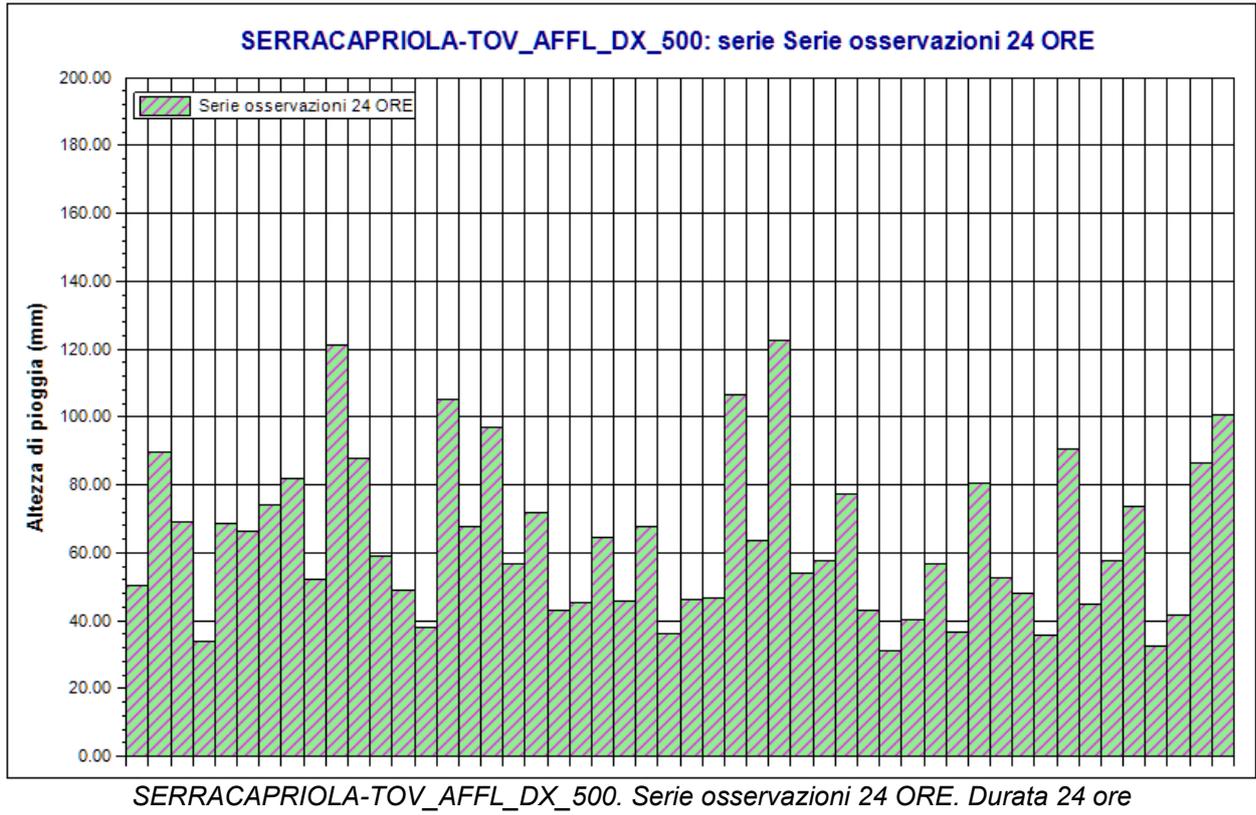
*SERRACAPRIOLA-TOV\_AFFL\_DX\_500. Serie osservazioni 3 ORE. Durata 3 ore*



SERRACAPRIOLA-TOV\_AFFL\_DX\_500. Serie osservazioni 6 ORE. Durata 6 ore



SERRACAPRIOLA-TOV\_AFFL\_DX\_500. Serie osservazioni 12 ORE. Durata 12 ore



**Rapporto sull'elaborazione probabilistica:****Elaborazione TCEV primo livello TOV\_AFFL\_DX\_500****Modello TCEV (Two Components Extreme Value)**

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 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  $\Lambda_1$  e  $\Lambda_2$  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 ha che la CDF di  $y$  è data da:

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

avendo posto:

$$\mathcal{G}_* = \frac{\mathcal{G}_2}{\mathcal{G}_1} \quad \text{e} \quad \Lambda_* = \frac{\Lambda_2}{\Lambda_1^{1/\mathcal{G}_*}}$$

La media della distribuzione TCEV è data dall'espressione:

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

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

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

Il coefficiente di variazione teorico dipende da  $\Lambda_1$ ,  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  ed è quindi indipendente da  $\mathcal{G}_1$ .

Il coefficiente di asimmetria teorico dipende da  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  ed è quindi indipendente da  $\Lambda_1$  e  $\mathcal{G}_1$ .

### **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  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  e delle sottoregioni di queste, più limitate, in cui sia costante pure il coefficiente di variazione e, quindi, il parametro  $\Lambda_1$ .

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  $\Lambda^*$  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  $\Lambda^*$ ,  $\mathcal{G}^*$  e  $\Lambda_1$ .  $\Lambda_1$  può quindi essere stimato in base a tutte le serie storiche ricadenti nella sottozona.

In una sottozona rimane costante la CDF di  $x/\mu$ . Infatti dall'espressione della CDF della TCEV, introducendo i parametri  $\Lambda^*$  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

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

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:

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

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

b) Al livello di regionalizzazione uno, in cui i parametri  $\Lambda^*$  e  $\mathcal{G}^*$  sono stimati a livello regionale e  $\Lambda_1$  e  $\mathcal{G}_1$  dalla singola serie:

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

c) Al livello di regionalizzazione due, in cui i parametri  $\Lambda^*$ ,  $\mathcal{G}^*$  e  $\Lambda_1$  sono stimati a livello regionale e  $\mathcal{G}_1$  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:

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

## Dati Elaborazione

**Stazione di misura:** SERRACAPRIOLA-TOV\_AFFL\_DX\_500

**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	52	51	51	51	51
Valore medio	22.69	33.73	41.76	51.62	63.09
Dev. standard	10.12	15.04	17.34	20.06	23.34
<b>Parametri regionali</b>					
Descrizione	Parametri zona: Puglia - Durata: Unica				
Lambda*	0.77200	0.77200	0.77200	0.77200	0.77200
Teta*	2.35200	2.35200	2.35200	2.35200	2.35200
<b>Parametri stimati</b>					
Lambda 1	12.33540	15.95556	21.70403	22.77489	45.16353
Teta 1	5.26146	7.31896	8.53805	10.43280	11.00886
Lambda 2	2.24669	2.50645	2.85676	2.91586	3.90107
Teta 2	12.37496	17.21418	20.08149	24.53794	25.89284

### Espressioni delle CDF della distribuzione

TCEV primo livello: Serie osservazioni 1 ORA	$F_x(x) = \exp \left[ -12.34 \exp \left( -\frac{x}{5.261} \right) - 2.25 \exp \left( -\frac{x}{12.375} \right) \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 3 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -15.96 \exp \left( -\frac{x}{7.319} \right) - 2.51 \exp \left( -\frac{x}{17.214} \right) \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 6 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -21.70 \exp \left( -\frac{x}{8.538} \right) - 2.86 \exp \left( -\frac{x}{20.081} \right) \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 12 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -22.77 \exp \left( -\frac{x}{10.433} \right) - 2.92 \exp \left( -\frac{x}{24.538} \right) \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 24 ORE	$F_x(x) = \exp \left[ -45.16 \exp \left( -\frac{x}{11.009} \right) - 3.90 \exp \left( -\frac{x}{25.893} \right) \right]$

### Espressioni delle Curve di crescita

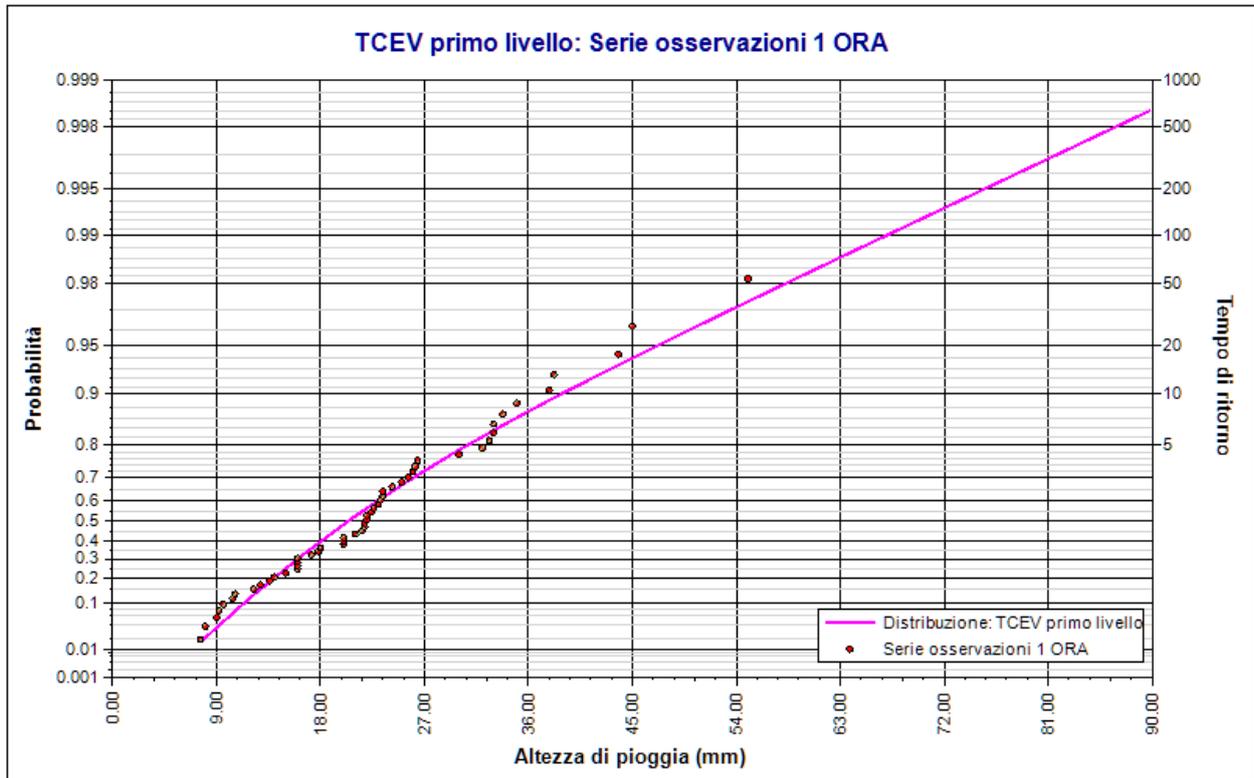
TCEV primo livello: Serie osservazioni 1 ORA	$F_X(x) = \exp \left[ -12.335 (83.521)^{-x} - 2.247 (6.563)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 3 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -15.956 (108.033)^{-x} - 2.506 (7.322)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 6 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -21.704 (146.955)^{-x} - 2.857 (8.345)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 12 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -22.775 (154.206)^{-x} - 2.916 (8.518)^{-x} \right]$
TCEV primo livello: Serie osservazioni 24 ORE	$F_X(x) = \exp \left[ -45.164 (305.796)^{-x} - 3.901 (11.395)^{-x} \right]$

### Frattili distribuzioni probabilistiche

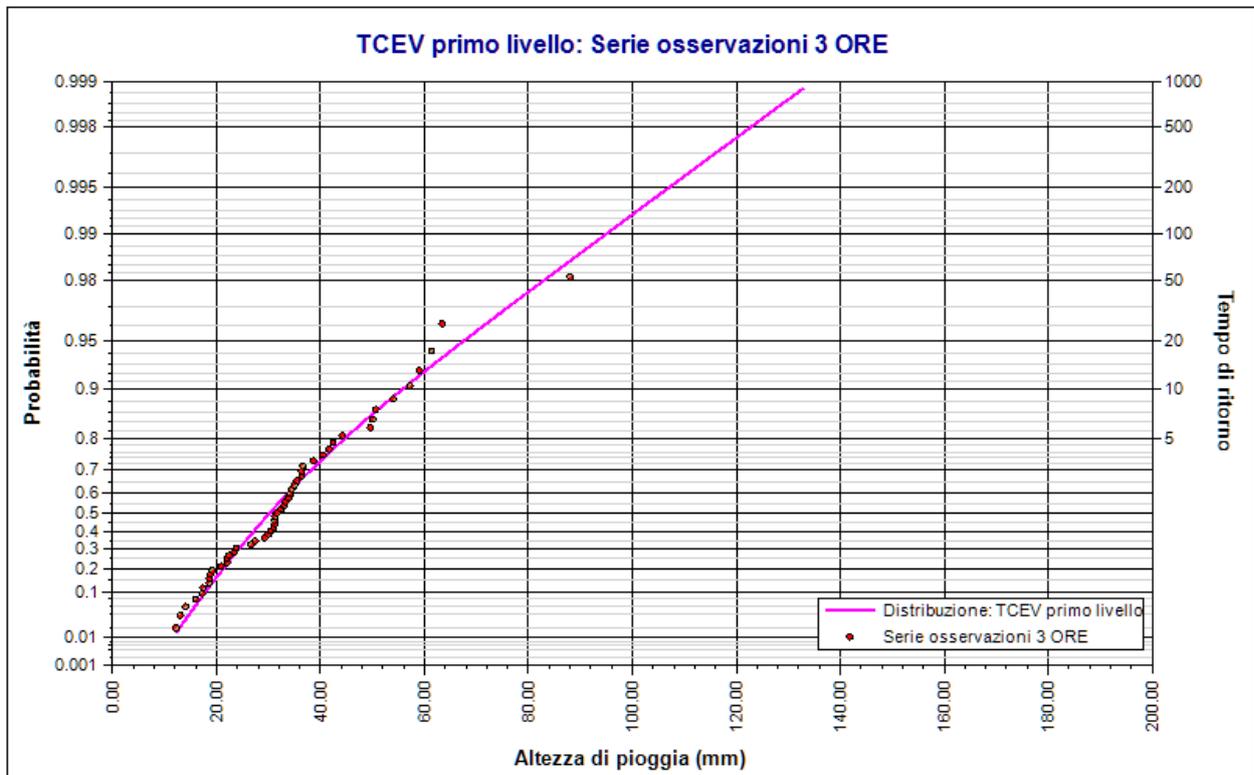
Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2 anni	20.33	30.17	37.82	46.72	56.83
5 anni	30.74	44.65	54.71	67.35	78.61
10 anni	38.81	55.87	67.80	83.35	95.49
20 anni	47.16	67.49	81.35	99.91	112.96
50 anni	58.42	83.15	99.62	122.23	136.52
100 anni	66.99	95.07	113.53	139.23	154.45
200 anni	75.57	107.01	127.46	156.24	172.41
500 anni	86.92	122.79	145.87	178.74	196.15
1000 anni	95.50	134.72	159.79	195.75	214.10

### Fattori di crescita

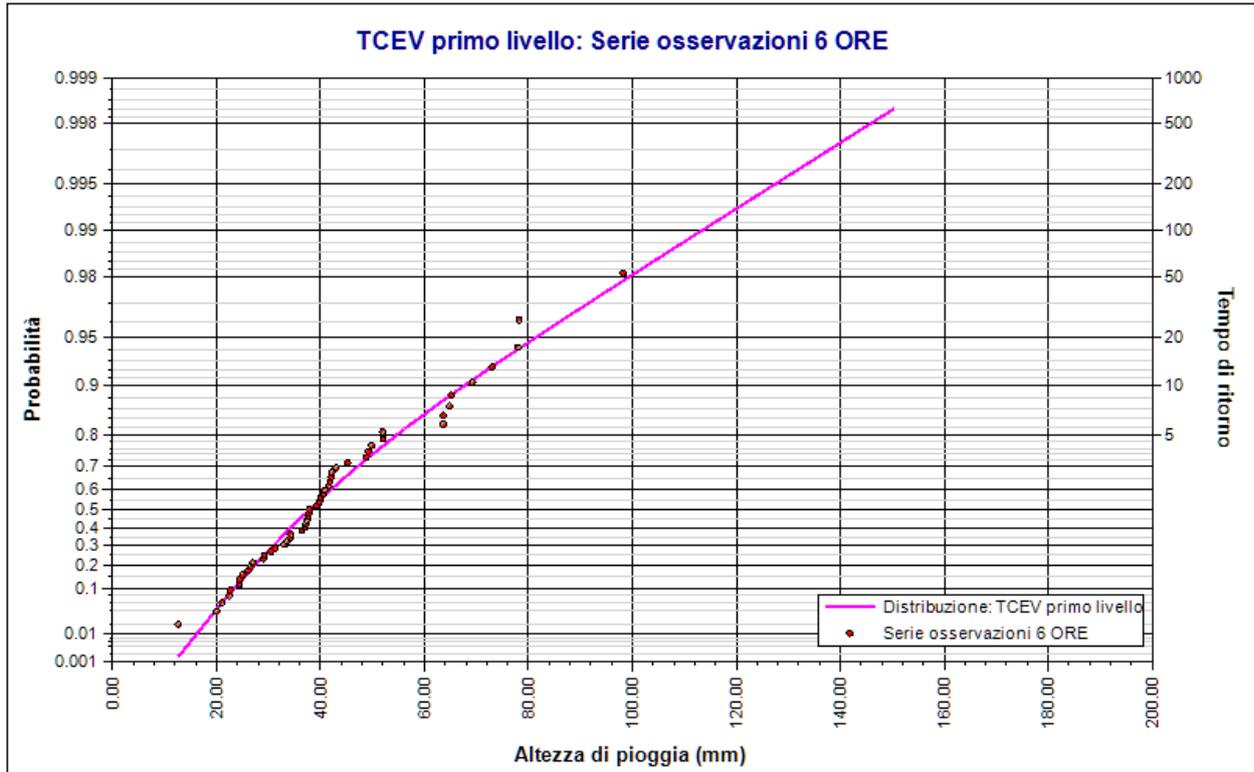
Tempi di ritorno	Durate				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2 anni	0.87	0.88	0.89	0.89	0.90
5 anni	1.32	1.30	1.28	1.28	1.25
10 anni	1.67	1.63	1.59	1.59	1.52
20 anni	2.03	1.97	1.91	1.90	1.79
50 anni	2.51	2.43	2.34	2.33	2.17
100 anni	2.88	2.77	2.66	2.65	2.45
200 anni	3.25	3.12	2.99	2.97	2.74
500 anni	3.73	3.58	3.42	3.40	3.11
1000 anni	4.10	3.93	3.75	3.72	3.40



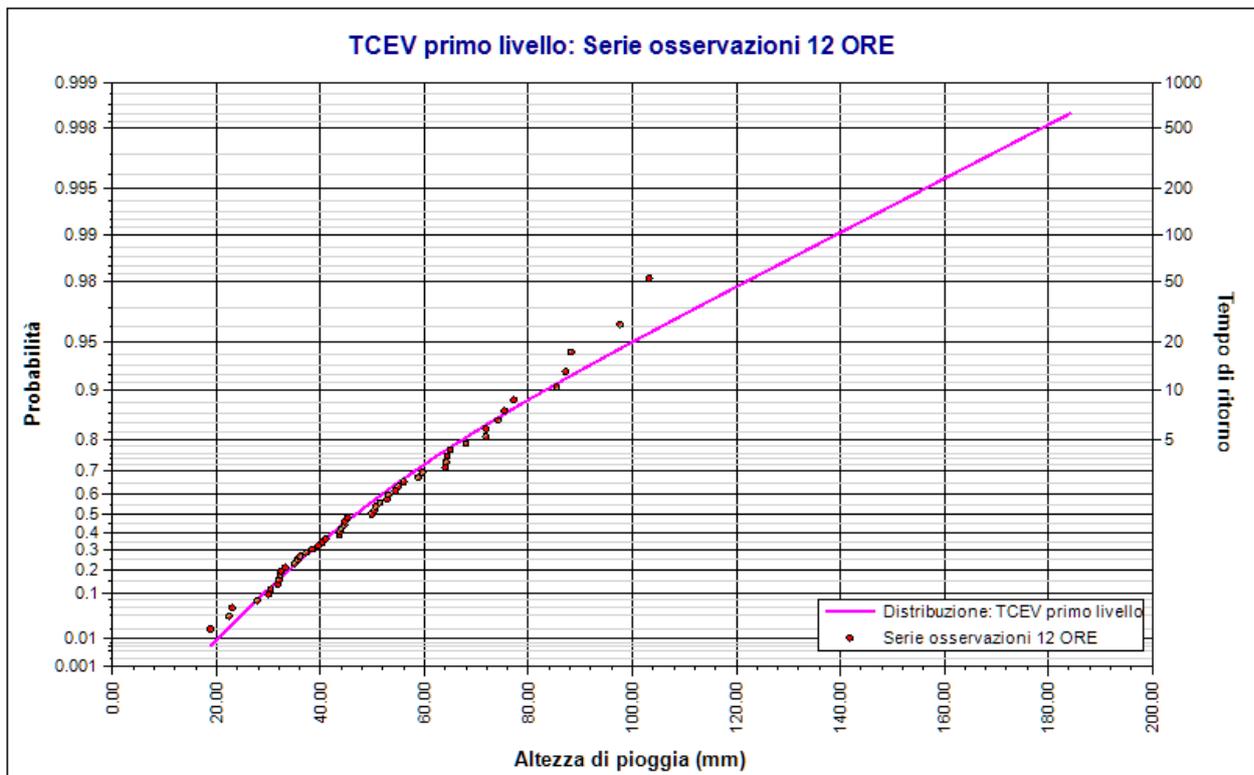
Elaborazione TCEV primo livello TOV\_AFFL\_DX\_500. TCEV primo livello: Serie osservazioni 1 ORA. Durata 1 ora



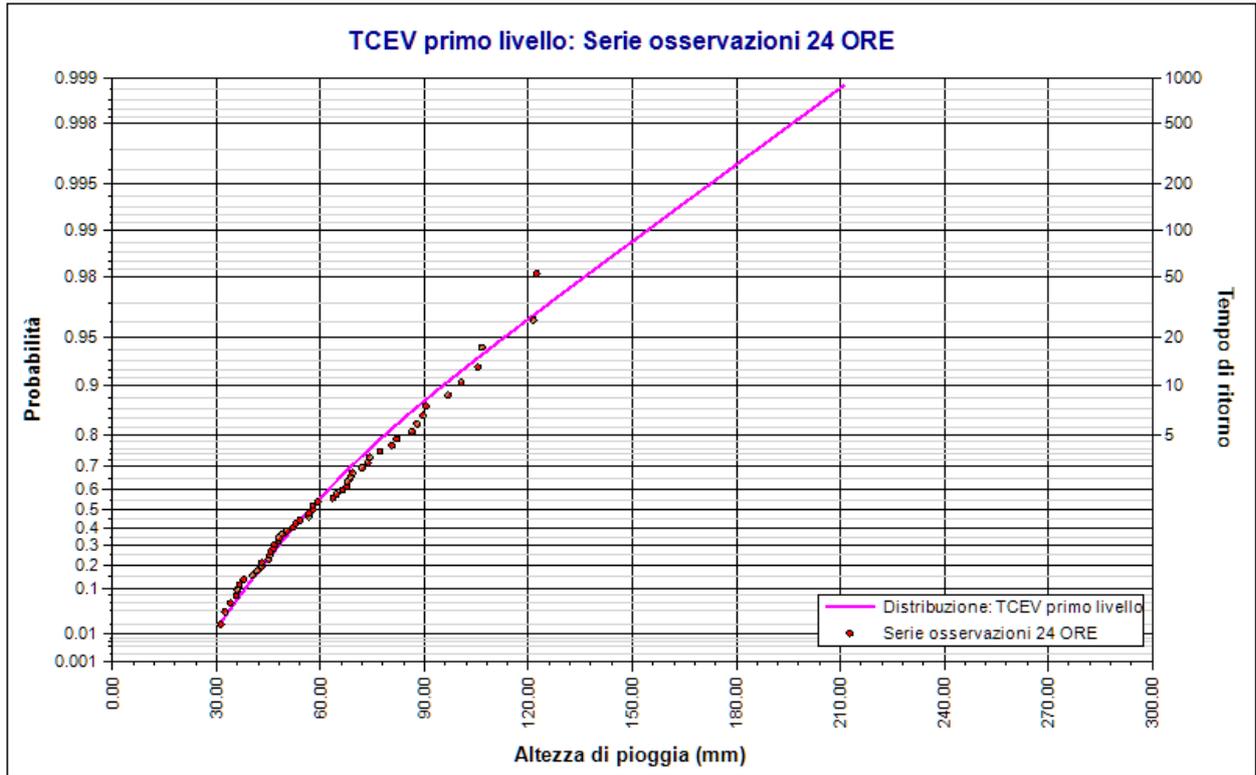
Elaborazione TCEV primo livello TOV\_AFFL\_DX\_500. TCEV primo livello: Serie osservazioni 3 ORE. Durata 3 ore



Elaborazione TCEV primo livello TOV\_AFFL\_DX\_500. TCEV primo livello: Serie osservazioni 6 ORE. Durata 6 ore



Elaborazione TCEV primo livello TOV\_AFFL\_DX\_500. TCEV primo livello: Serie osservazioni 12 ORE. Durata 12 ore



Elaborazione TCEV primo livello TOV\_AFFL\_DX\_500. TCEV primo livello: Serie osservazioni 24 ORE. Durata 24 ore

## Rapporto sulla curva di pioggia:

<b>Curva pioggia calcolata TCEV PRIMO LIVELLO TOV_AFFL_DX_500</b>
---

## Dati Curva di pioggia

Tipo: Curva di pioggia calcolata

Elaborazione probabilistica: Elaborazione TCEV primo livello TOV\_AFFL\_DX\_500

Tempo di ritorno: 500.000 anni

Numero punti: 5

Durate di calcolo: 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore

## Tabella punti di calcolo

n	Durata		Altezza (mm)
	(ore)	(minuti)	
1	1.000	60	86.915
2	3.000	180	122.787
3	6.000	360	145.866
4	12.000	720	178.739
5	24.000	1440	196.145

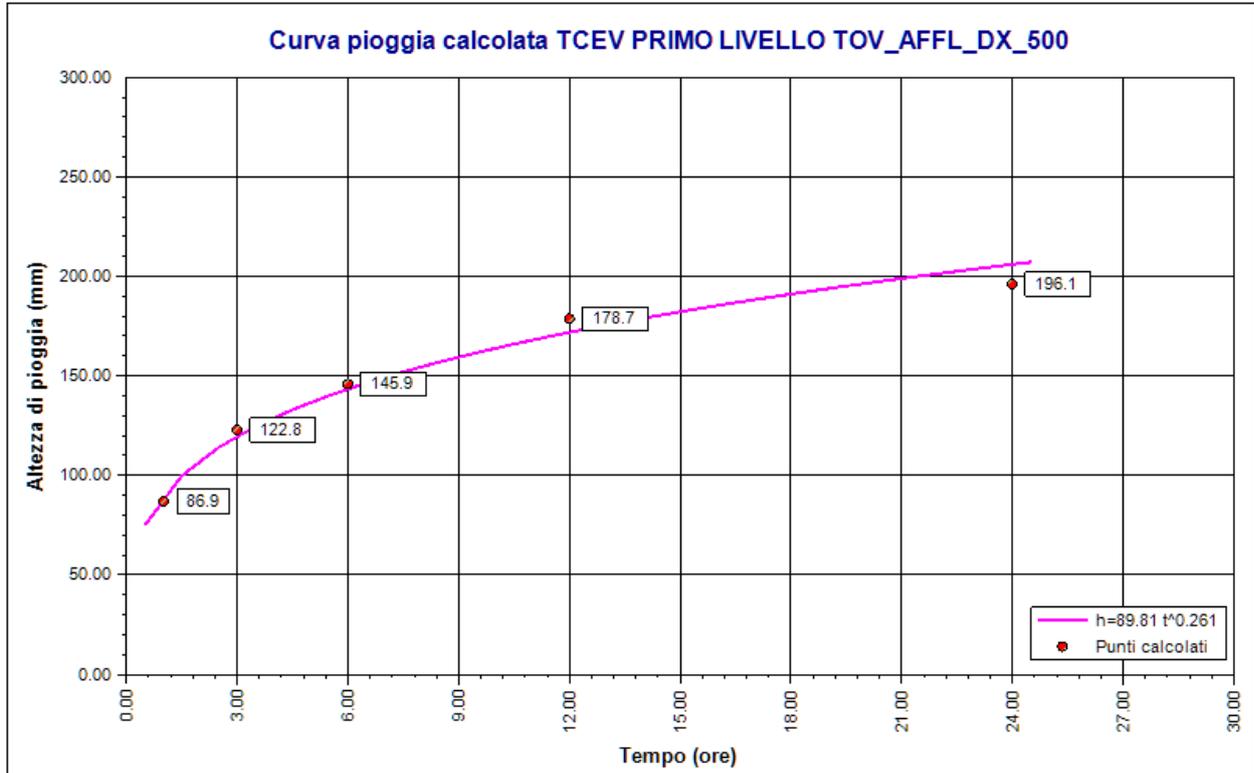
## Risultati interpolazione

Coefficienti curva			Espressione
a	n	correlazione (r)	
89.81	0.26	0.99	$h(t) = 89.8 t^{0.261}$

## Valori curva di pioggia

t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)
1	89.811	9	159.441	17	188.257
2	107.638	10	163.890	18	191.089
3	119.664	11	168.021	19	193.807
4	129.003	12	171.884	20	196.421
5	136.746	13	175.516	21	198.940
6	143.417	14	178.947	22	201.373
7	149.310	15	182.201	23	203.725

t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)	t (ore)	h (mm)
8	154.610	16	185.299	24	206.002



*Curva pioggia calcolata TCEV PRIMO LIVELLO TOV\_AFFL\_DX\_500*

## Rapporto pluviogramma sintetico:

<b>Pluviogramma sintetico TCEV I LIV TOV_AFFL_DX_500</b>
--

## Dati Pluviogramma

Tipo: Pluviogramma sintetico

Curva di pioggia: Curva pioggia calcolata TCEV PRIMO LIVELLO TOV\_AFFL\_DX\_500

Durata: 0.288 ore

Altezza di pioggia complessiva: 67.405 mm

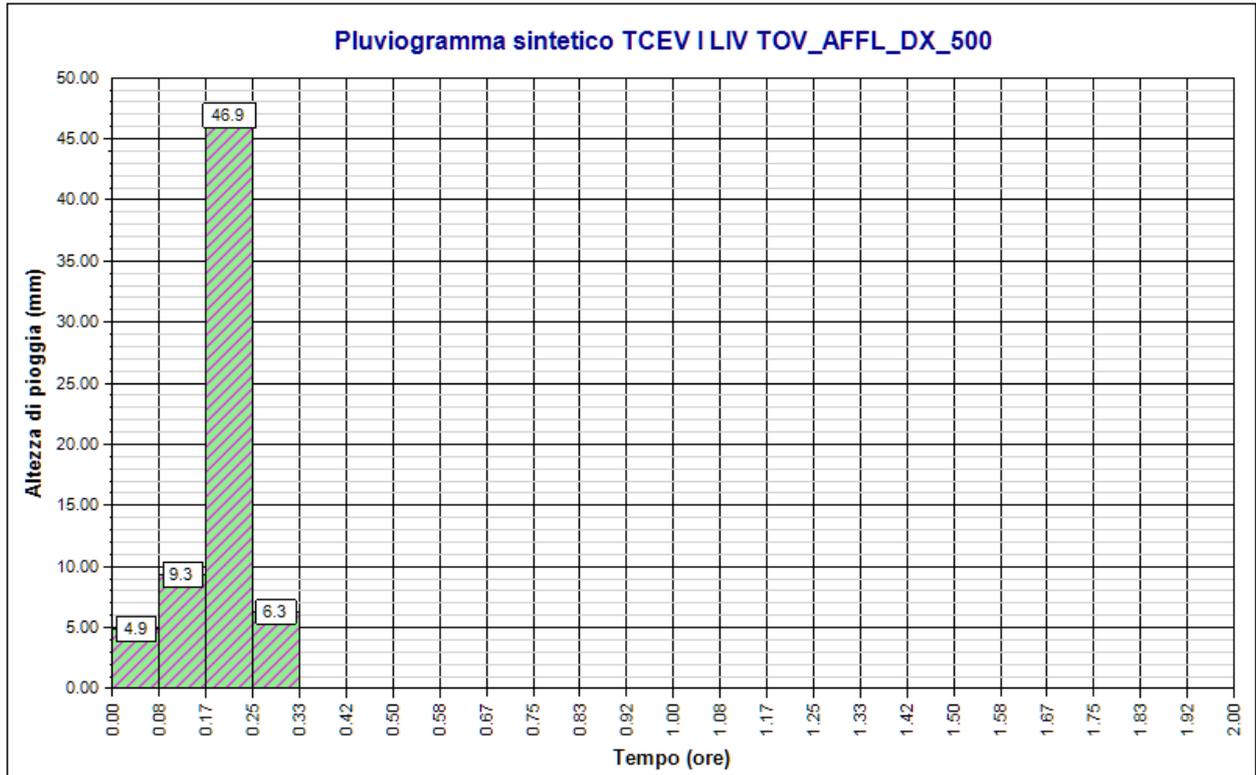
Intervallo di discretizzazione: 5

## Curva di pioggia

Coefficienti curva		Espressione
a	n	
89.81	0.26	<b><math>h(t) = 89.8 t^{0.261}</math></b>

## Tabella pluviogramma

n	Estremi intervallo (ore)		Estremi intervallo (minuti)		Altezza (mm)
	t(i)	t(i+1)	t(i)	t(i+1)	
1	0.000	0.083	0	5	4.880
2	0.083	0.167	5	10	9.315
3	0.167	0.250	10	15	46.927
4	0.250	0.333	15	20	6.284



*Pluviogramma sintetico TCEV I LIV TOV\_AFFL\_DX\_500*

**Rapporto idrogramma:****Idrogramma SCS TCEV I TOV\_AFFL\_DX\_500****Modello SCS-CN**

Il modello idrologico SCS-CN permette di simulare il deflusso superficiale in corrispondenza di una data precipitazione. Il processo di trasformazione afflussi-deflussi è suddiviso nelle seguenti fasi:

- a) Determinazione delle piogge nette;
- b) Trasformazione delle piogge nette in deflussi superficiali.

È necessario definire un pluviogramma, che viene considerato uniformemente distribuito sull'intero bacino.

Le piogge nette si calcolano, a partire dal pluviogramma, secondo il metodo del Curve Number (CN) proposto dall'SCS (Soil Conservation Service). L'equazione di continuità:

$$R = P - S$$

dove:

- $R$  è il deflusso fino all'istante  $t$  (mm)
- $P$  è la precipitazione fino all'istante  $t$  (mm)
- $S$  sono le perdite fino all'istante  $t$  (mm)

viene modificata ipotizzando che vi sia una relazione di proporzionalità tra perdite  $S$  e massima altezza immagazzinabile nel terreno a saturazione,  $S'$  (mm):

$$\frac{S}{S'} = \frac{R}{P}$$

e assume la forma seguente:

$$R = \frac{P^2}{P + S'} [mm]$$

che definisce l'andamento nel tempo del deflusso  $R$  nota la precipitazione  $P$  e la massima infiltrazione  $S'$ .

Considerando che un'aliquota di  $P$  si invasa nelle depressioni superficiali o si infiltra prima che il deflusso abbia inizio, si può scrivere:

$$R = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S'} [mm]$$

essendo  $Ia$  (mm) la perdita iniziale (*Initial abstraction*).

L'unico parametro del modello risulta quindi essere l'altezza massima immagazzinabile nel terreno a saturazione  $S'$  (mm), che si ricava dalla seguente formula:

$$S' = \frac{25400}{CN} - 254$$

dove  $CN$  (*Curve Number*) è un indice compreso tra 0 e 100 fornito dalle tabelle SCS in funzione del tipo di terreno, dell'utilizzazione del suolo e delle condizioni antecedenti di umidità.

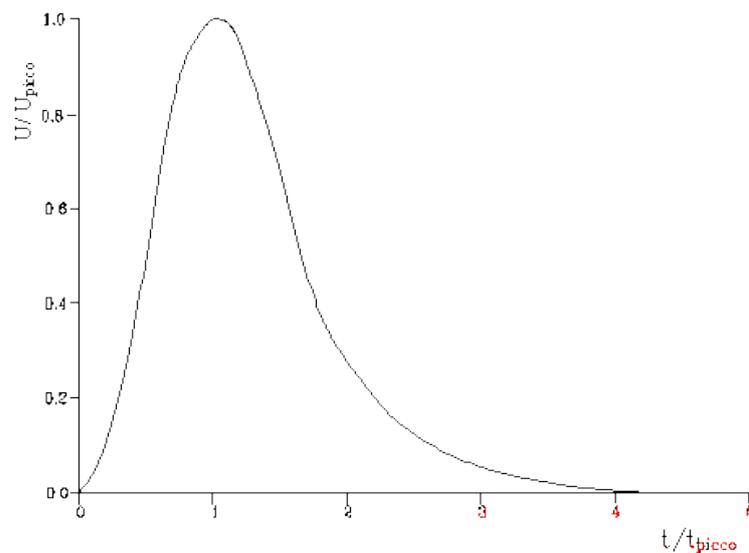
La trasformazione afflussi-deflussi quindi è ottenuta tramite l'idrogramma unitario SCS (1972) di seguito riportato, che richiede come unico parametro il tempo  $t_{LAG}$  (ore) pari al ritardo tra il baricentro del diagramma delle piogge nette e il picco dell'idrogramma unitario. Si può porre  $t_{LAG}=0,6 t_c$  con  $t_c$  tempo di corrivazione del bacino in esame.

L'istante e la portata di picco rispetto alla precipitazione unitaria sono calcolati come:

$$t_{picco} = 0,5\Delta t + t_{lag}$$

$$U_{picco} = 0,2084 \frac{A}{t_{picco}}$$

dove  $t_{picco}$  è il tempo in ore del picco dell'idrogramma unitario,  $\Delta t$  è l'intervallo di calcolo espresso in ore,  $U_{picco}$  è la portata massima dell'idrogramma unitario espressa in  $m^3/s/mm$  e  $A$  è l'area del sottobacino misurata in  $km^2$ .



*Idrogramma unitario adimensionalizzato SCS*

La portata è ottenuta tramite la sommatoria che discretizza l'integrale di convoluzione:

$$Q(i) = \sum_{j=1}^i U(j)P(i-j+1)$$

dove  $Q(i)$  è la portata alla fine dell'intervallo  $i$ -esimo,  $U(j)$  è la  $j$ -esima ordinata dell'idrogramma unitario, ricavabile dalla precedente figura, e  $P(i)$  è la pioggia netta all'intervallo  $i$ -esimo.

### Dati Idrogramma

Tipo: Idrogramma SCS

**Pluviogramma di input:** Pluviogramma sintetico TCEV I LIV TOV\_AFFL\_DX\_500

**Superficie del bacino:** 1.0 kmq

**Tlag:** 0.288 ore

**Astrazione iniziale:** 2.0 mm

**Curve Number:** 75.0

**Intervallo di calcolo:** 5 minuti

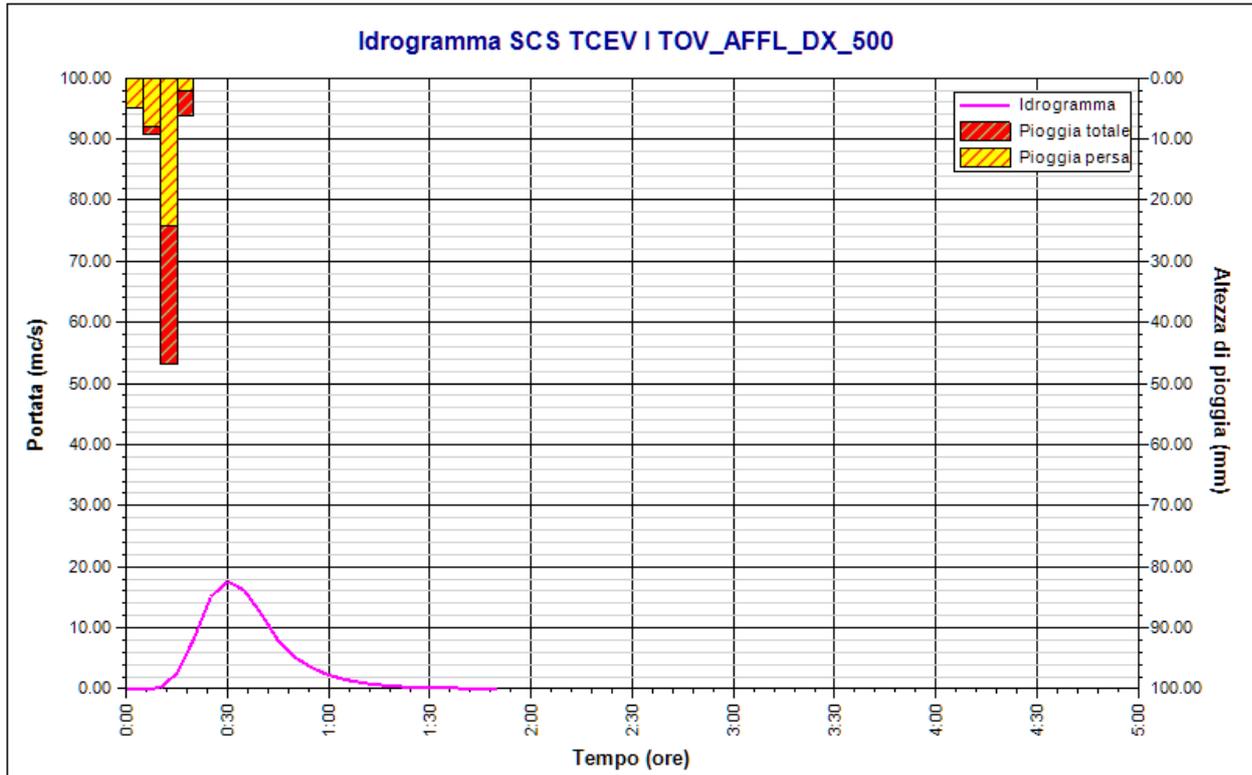
### Tabella idrogramma

n	Tempo		Afflusso (mm)	Pioggia persa (mm)	Pioggia netta (mm)	Portata (mc/s)
	(ore)	(minuti)				
1	0.000	0	4.880	4.785	0.095	0.0
2	0.083	5	9.315	7.874	1.441	0.0
3	0.167	10	46.927	24.153	22.774	0.2
4	0.250	15	6.284	2.088	4.196	2.6
5	0.333	20	0.000	0.000	0.000	8.2
6	0.417	25	0.000	0.000	0.000	15.1
7	0.500	30	0.000	0.000	0.000	17.6
8	0.583	35	0.000	0.000	0.000	16.1
9	0.667	40	0.000	0.000	0.000	12.2
10	0.750	45	0.000	0.000	0.000	7.9
11	0.833	50	0.000	0.000	0.000	5.2
12	0.917	55	0.000	0.000	0.000	3.5
13	1.000	60	0.000	0.000	0.000	2.2
14	1.083	65	0.000	0.000	0.000	1.5
15	1.167	70	0.000	0.000	0.000	1.0
16	1.250	75	0.000	0.000	0.000	0.6
17	1.333	80	0.000	0.000	0.000	0.4
18	1.417	85	0.000	0.000	0.000	0.3
19	1.500	90	0.000	0.000	0.000	0.2
20	1.583	95	0.000	0.000	0.000	0.1
21	1.667	100	0.000	0.000	0.000	0.1
22	1.750	105	0.000	0.000	0.000	0.0
23	1.833	110	0.000	0.000	0.000	0.0

### Tabella risultati

Parametro	Valore	U.M.
Portata massima	17.6	mc/s
Istante picco	0.500	ore
Istante picco	30.0	minuti
Durata totale evento	1.833	ore
Volume afflusso	67	mc x 1000
Volume deflusso	28	mc x 1000

Parametro	Valore	U.M.
Altezza afflusso	67.405	mm
Altezza deflusso	28.470	mm
Coeff. deflusso	0.42	-
Coeff. udometrico	17.61	mc/s/kmq



Idrogramma SCS TCEV I TOV\_AFFL\_DX\_500