



REGIONE PUGLIA



PROVINCIA di FOGGIA



















COMUNE di APRICENA



COMUNE di SAN SEVERO



|  |  |   |   |                 |                  |
|--|--|---|---|-----------------|------------------|
| Società Proponente                               | <b>AM ENERGY S.R.L. *</b><br>Sede: via Tiberio Solis, n. 128 - 71016 San Severo (FG)<br>Pec: amenergysrl@pec.it<br>P.iva: 04304150719<br>* Società con socio unico, soggetta a direzione e coordinamento di PLAN A HOLDING S.R.L. p.iva 03930741206  | Sviluppo e Coordinamento  |  <b>PLAN A ENERGY S.R.L.</b><br>Sede: Via Cavour n.104 40026 Imola BO<br>Pec: planaenergy@pec.it<br>C.F e P.IVA : 03930841204   |                 |                  |
| Progettazione generale e progettazione elettrica |  <b>STUDIO INGEGNERIA ELETTRICA</b><br><b>MEZZINA dott. ing. Antonio</b><br>Via T. Solis 128   71016 San Severo (FG)<br>Tel. 0882.228072   Fax 0882.243651<br>e-mail: info@studiomezzina.net<br>Ordine degli ingegneri della Provincia di Foggia matr. n 1604<br>         | Supervisione scientifica piani culturali e montaggio  |  <b>Università di Foggia</b><br><b>Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimenti, Risorse Naturali e Ingegneria (DAFNE)</b><br>Sede: via Antonio Gramsci,89/91 Foggia 71122<br>P.iva: 03016180717                   |                 |                  |
| Studio e progetto ecologico vegetazionale        |  <b>Dott. Biol. Leonardo Beccarisi</b><br>Via D'Enghien, 43 - 73013 Galatina (LE)<br>cell. 3209709895<br>E-Mail: beccarisil@gmail.com<br>Ordine nazionale dei Biologi Albo-Sezione matr. n. AA_067313   | Studio di impatto ambientale  |  <b>Dott.ssa Anastasia Agnoli</b><br>Via Armando Diaz, 37   73100 Lecce (LE)<br>cell. 3515100328<br>E-Mail: anastasia.agnoli989@gmail.com   |                 |                  |
| Studio meteorologico                             | <b>Dott. Biol. Elisa Gatto</b><br>Via S. Santo, 22   73044 Galatone (LE)<br>cell. 3283433525<br>E-Mail: dottelisagatto@gmail.com<br>Ordine nazionale dei Biologi matr.n. AA_090001   | Studio paesaggistico e di inserimento urbanistico   |  <b>Dott. Agr. Barnaba Marinosci</b><br>via Pilella 19, 73040 Alliste (LE)<br>Cell. 329 3620201<br>E-Mail: barnabamarinosci@gmail.com<br>Ordine dei Dottori Agronomi e Forestali provincia di Lecce matr. n 674 |                 |                  |
| Studio faunistico                                |  <b>Dott. Antonio Feola</b><br>Via Civitella n°25   84060 Moio della Civitella (SA)<br>cell. 338 2593262<br>E-Mail: feolantx@gmail.com<br>Ordine Nazionale dei Biologi matr. n . AA_047004   | Rappresentazioni fotorealistiche  |  <b>Arch. Gaetano Fornarelli</b><br>Via Fulcignano Casale 17   73100 Lecce (LE)<br>cell. 3358758545<br>E-Mail: forgaet@gmail.com<br>Ordine degli Architetti della provincia di Lecce matr. n 1739               |                 |                  |
| Studio archeologico                              |  <b>NOSTOI s.r.l.</b><br><b>Dott.ssa Maria Grazia Liseno</b><br>Tel. 0972.081259   Fax 0972.83694<br>E-Mail: mgliseno@nostoisrl.it<br>Elenco Nazionale Archeologo Fascia I matr n. 1646   | Consulenza strutturale  |  <b>Ing. Tommaso Monaco</b><br>Tel. 0885.429850   Fax 0885.090485<br>E-Mail: ing.tommaso@studiotecnicomonaco.it<br>Ordine degli Ingegneri della provincia di Foggia matr. n. 2906                             |                 |                  |
| Studio acustico                                  |  <b>STUDIO FALCONE</b><br><b>Ingegneria</b><br><b>Ing. Antonio Falcone</b><br>Tel. 0884.534378   Fax. 0884.534378<br>E-Mail: antonio.falcone@studiofalcone.eu<br>Ordine degli Ingegneri di Foggia matr. n.2100  | Consulenza topografica  | <b>Geom. Matteo Occhiochiuso</b><br>Tel. 328 5615292<br>E-Mail: matteo.occhiochiuso@virgilio.it<br>Collegio dei Circondariale Geometri e Geometri Laureati di Lucera matr. n. 1101  |                 |                  |
| Studio grafico geologico e geotecnico            |  <b>Dott. Nazario Di Lella</b><br>Tel./Fax 0882.991704   cell. 328 3250902<br>E-Mail: geol.dilella@gmail.com<br>Ordine regionale dei Geologi della Puglia matr. n. 345  |   |   |                 |                  |
| Opera  | <p align="center"><b>Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto Fotovoltaico denominato "Apricena Industriale" da realizzarsi su aree industriali e cave nelle località "Podere Camilli - Tufara - San Giovanni - San Sabino", nel territorio comunale di Apricena (FG) per una potenza complessiva di 121,023 MWp e immissione di 96,300 MW, nonchè delle opere connesse ed infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio dell'impianto nei comuni di Apricena (FG) e San Severo (FG)</b></p> |   |   |                 |                  |
| Oggetto  | AUTORITA' PROCEDENTE V.I.A. :  <b>MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA SICUREZZA ENERGETICA</b>  | AUTORITA' PROCEDENTE A.U. :  <b>REGIONE PUGLIA</b> |   |                 |                  |
|  | P7MVN25_Relazione Idrologica.pdf<br>Nome Elaborato:<br>Relazione idrologica del progetto definitivo<br>Descrizione Elaborato:  |   |   |                 |                  |
| 00   | Novembre 2022  | Progetto definitivo   | Geol. N. Di Lella   | Ing. A. Mezzina | AM ENERGY S.R.L. |
| Rev.   | Data   | Oggetto della revisione   | Elaborazione  | Verifica        | Approvazione     |
| Scala:   | Formato: A4/A3<br>Codice Pratica <b>P7MVN25</b>  |   |   |                 |                  |

## Sommario

|    |  |    |
|----|--|----|
| 1. | PREMESSA .....   | 2  |
| 2. | INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA .....              | 2  |
| 3. | P.A.I.: RISCHIO GEOMORFOLOGICO ED IDRAULICO .....                      | 8  |
| 4. | IDROGEOLOGIA E CARATTERI DI PERMEABILITA' .....                        | 12 |
| 5. | ANALISI MORFOLOGICA E INDIVIDUAZIONE DEI BACINI SCOLANTI .....         | 17 |
| 6. | ANALISI IDROLOGICA .....   | 18 |
| 7. | DEFINIZIONE DEI BACINI (DATI FISIOGRAFICI) .....                       | 20 |
| 8. | CALCOLO DIMENSIONAMENTO CANALETTO DI INTERCETTO E CONVOGLIAMENTO ..... | 23 |
|    | REPORT IDROGRAMMI .....  | 24 |

## 1. PREMESSA

Il presente studio Idrologico ed Idraulico riguarda un approfondimento analitico sulle condizioni di sicurezza idraulica per le aree su cui la società AM ENERGY S.r.l.\* con sede in San Severo (FG), Piazza T. Solis n. 128 - PEC: amenergysrl@pec.it - C.F. e P.IVA 04304150719, (\*)Società con socio unico, soggetta a direzione e coordinamento di PLAN A HOLDING S.R.L. P.IVA 03930741206, a corredo del "Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto Fotovoltaico denominato "Apricena Industriale" da realizzarsi su aree industriali e cave nelle località "Podere Camilli - Tufara - San Giovanni - San Sabino", nel territorio comunale di Apricena(FG) per una potenza complessiva di 121,023 MWp e immissione di 96,300 MW, nonché delle opere connesse ed infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio dell'impianto nei comuni di Apricena (FG) e San Severo (FG)".

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, su cui sono state rilevate delle eventuali criticità necessarie alla esecuzione di verifiche di compatibilità idrauliche, è ubicata a circa 1,0 Km S-W dal centro abitato di Apricena, in Zona Industriale SS 89.

La quota del sito è compresa tra 48 e i 53 m s.l.m., l'impianto risulta essere suddiviso in sette sottocampi produttivi estesi su una superficie complessiva di circa 100 ha.

Cartograficamente l'area è ubicata nella parte centrale della Tavolette IGM 1:25.000 – Tavv. 155 II NE "Apricena", in agro di Apricena.

Il territorio presenta una morfologia tipica dell'alta pianura foggiana, ed in particolare nella fascia di territorio del comune di Apricena sono presenti con ampie attraversate dalla principale linea d'impiuvio del C.le S. Martino, proveniente dalle pendici del rilievo garganico, che incide terreni a prevalente componente sabbiosa.

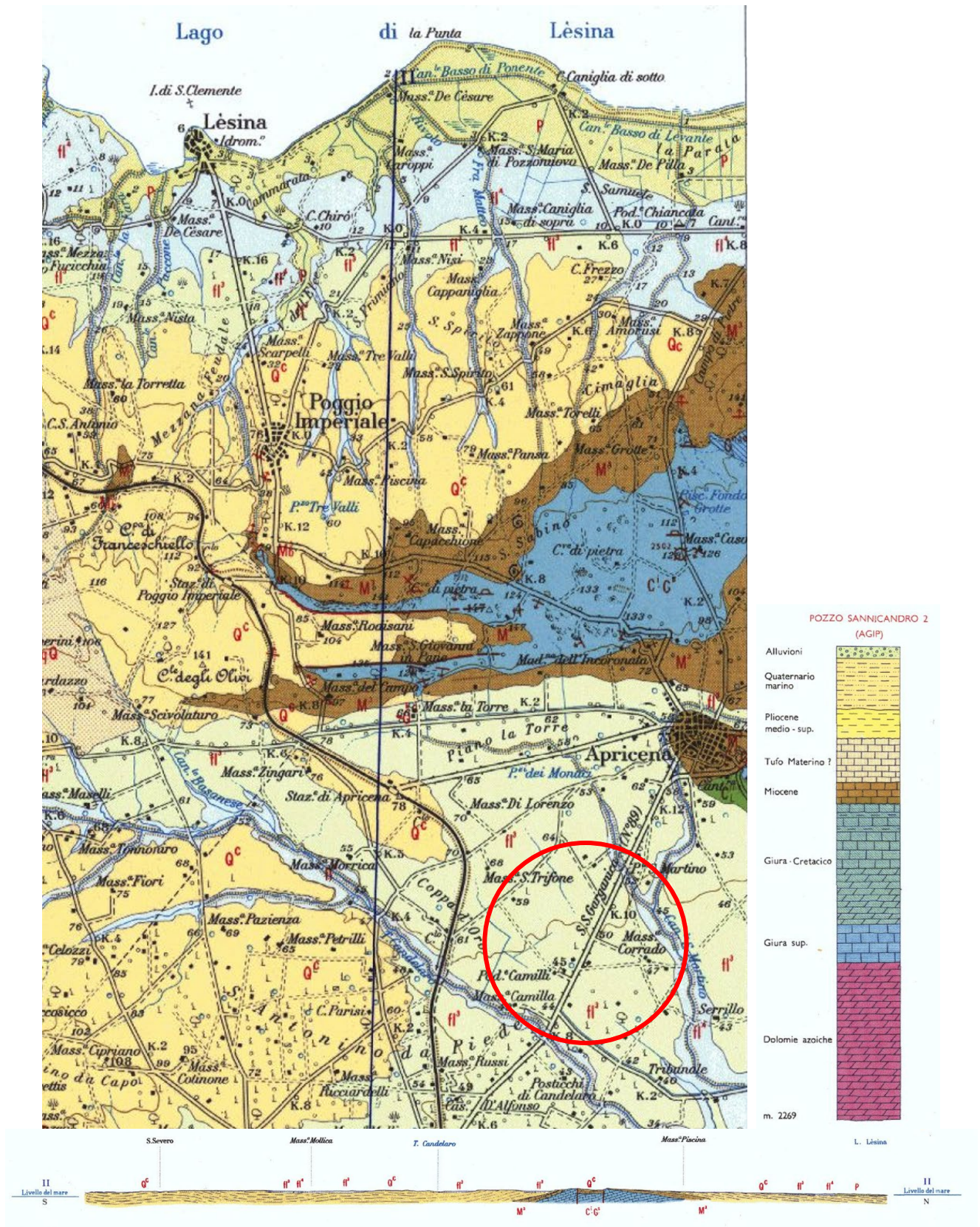
Nell'area in oggetto, non sono presenti forme di dissesto né attive né quiescenti o potenzialmente attivabili rilevate e/o segnalate; trovandoci su un piano morfologico appena inclinato in direzione S-SE.

I litotipi presenti sull'area sono rappresentati da depositi di origine marina (sabbie), 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.

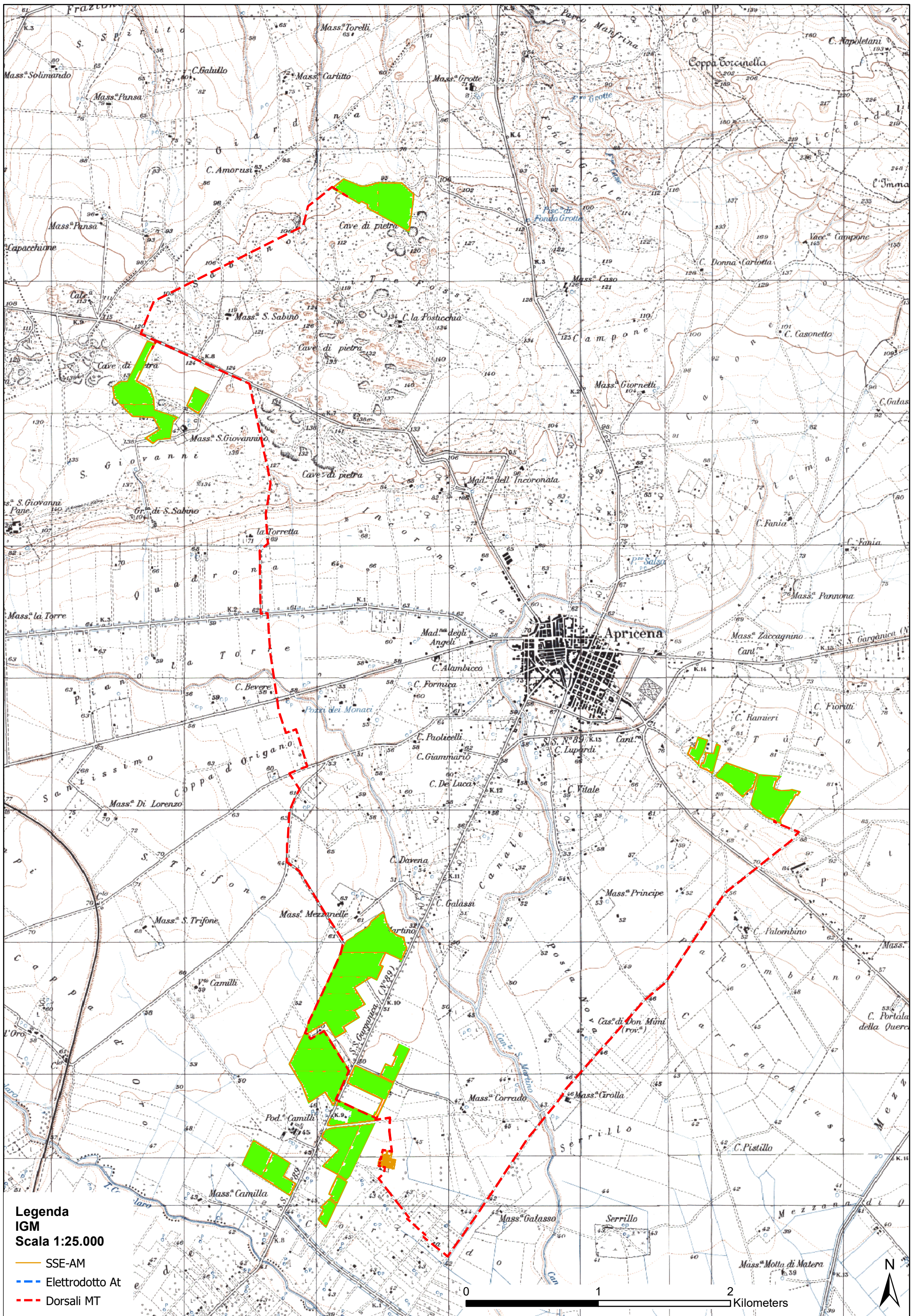
In base alla cartografia geologica di zona, il sito ricade in area di affioramento della formazione dei "Conglomerati di Campomarino", rappresentata da ghiaie e conglomerati di ambiente marino o continentale, in

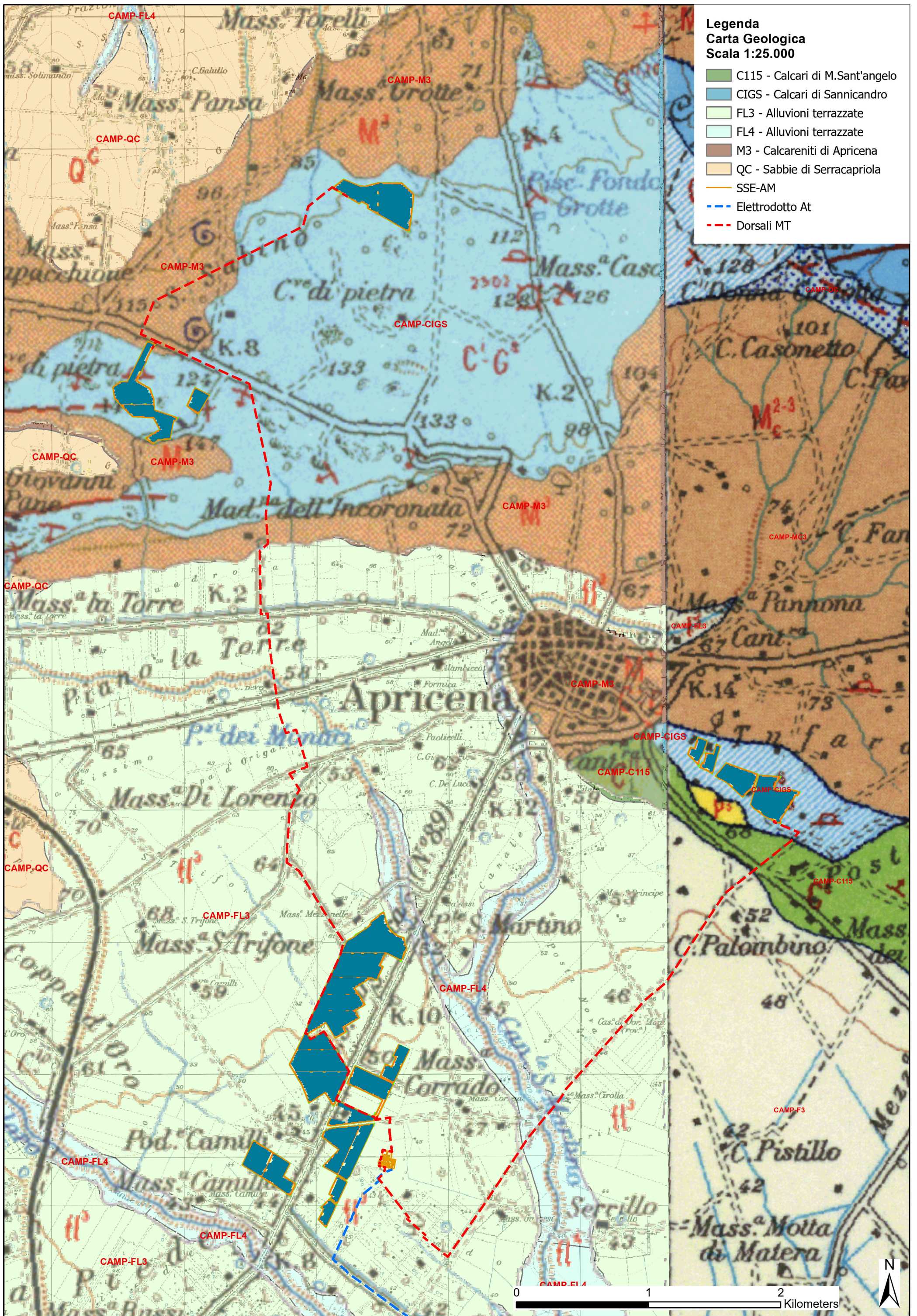
genere ricoperti da una coltre di terreno vegetale di spessore medio intorno a 1,5/2,0 m.

In corrispondenza di alcune aree (cave di conglomerato) presenti in zona, la formazione conglomeratica si consistente e tenacemente cementata, tanto da permettere l'escavazione con pareti dei fronti sub-verticali.



Stralcio Carta Geologica d' Italia – scala 1:100.000





**Legenda**  
**Carta Geologica**  
**Scala 1:25.000**

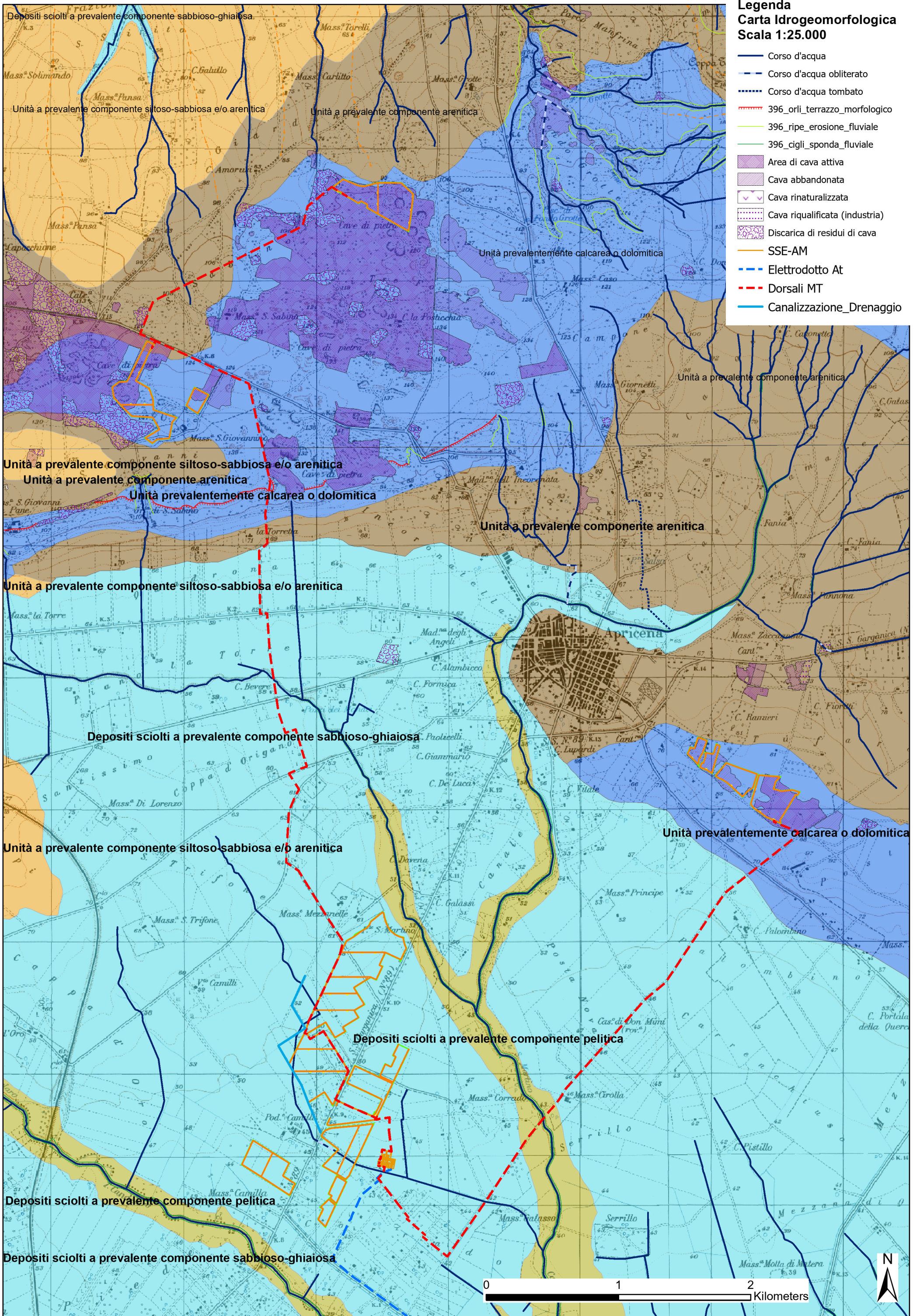
- C115 - Calcari di M.Sant'angelo
- CIGS - Calcari di Sannicandro
- FL3 - Alluvioni terrazzate
- FL4 - Alluvioni terrazzate
- M3 - Calcareniti di Apricena
- QC - Sabbie di Serracapriola
- SSE-AM
- Elettrodotto At
- Dorsali MT

0 1 2 Kilometers



**Legenda**  
**Carta Idrogeomorfologica**  
**Scala 1:25.000**

- Corso d'acqua
- - - Corso d'acqua obliterato
- ⋯ Corso d'acqua tombato
- ▬ 396\_orli\_terrazzo\_morfologico
- ▬ 396\_ripe\_erosione\_fluviale
- ▬ 396\_cigli\_sponda\_fluviale
- Area di cava attiva
- Cava abbandonata
- Cava rinaturalizzata
- Cava riqualificata (industria)
- Discarica di residui di cava
- ▬ SSE-AM
- - - Elettrodotto At
- - - Dorsali MT
- ▬ Canalizzazione\_Drenaggio





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

Sotto il profilo del rischio geomorfologico del P.A.I., le aree campi fotovoltaici risultano essere esterne 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 Puglia).

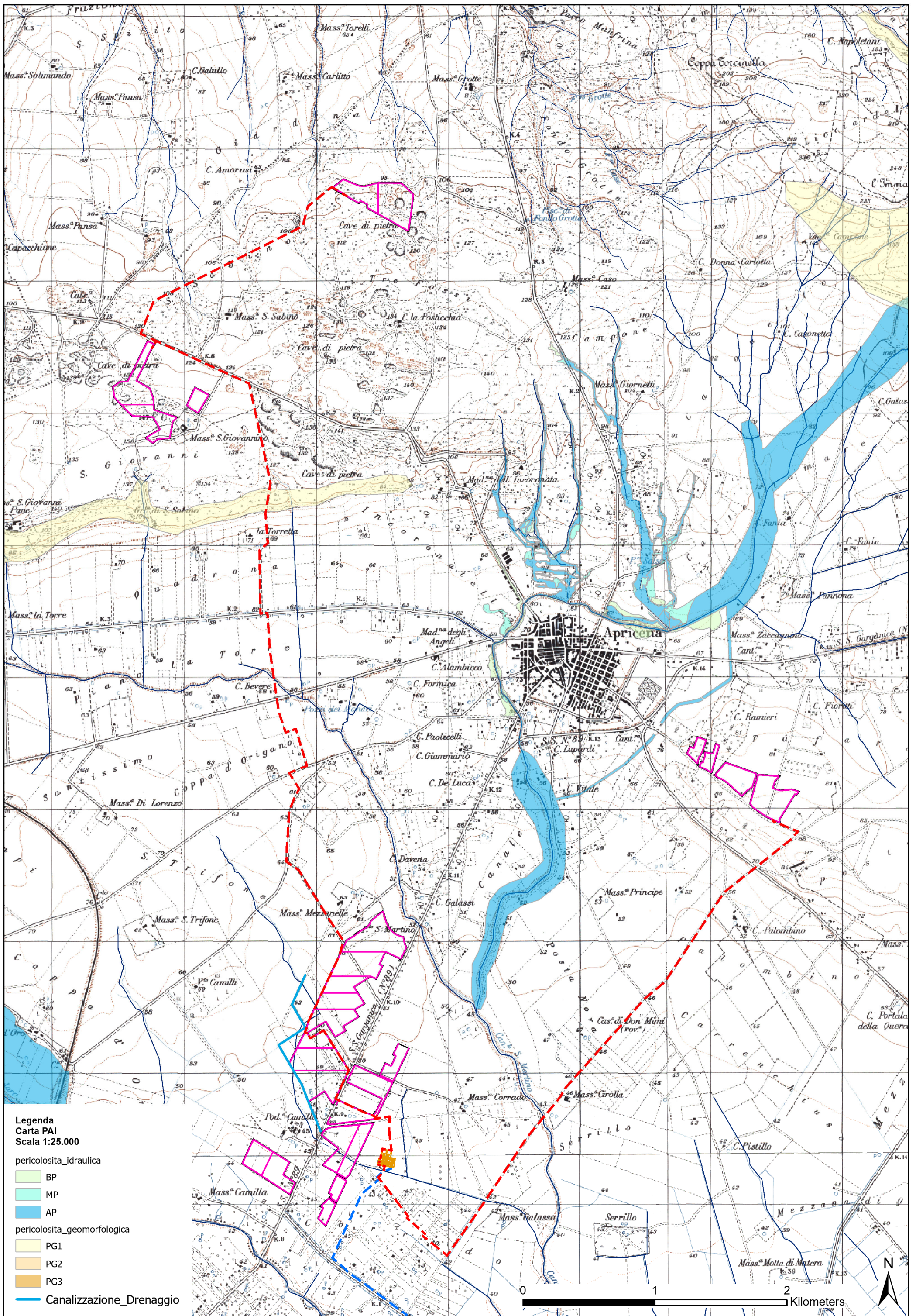
Trovandoci in presenza di litotipi consistenti, sabbie addensate in zone di cresta, non sono segnalate aree né sottoposte a rischio idraulico, né a rischio morfologico.

Il reticolo idrografico di dettaglio, estratto dalla cartografia idrogeomorfologica nella CTR (scala 1:5.000) e dalla cartografia IGM (scala 1:25.000), risulta interessare direttamente solo una linea di impluvio secondaria in corrispondenza della Zona Industriale, di cui è stato approfondito lo studio locale, intendendo eseguire un intervento di intercetto delle acque di scolo sottese al micro-bacino di pertinenza e convogliamento controllato delle acque in rete di drenaggio già presente in cunetta della SS 89.

Il resto delle aree campi produttivi risulta essere tutto esterno a qualsiasi area d'influenza del PAI individuate sia per rischio geomorfologico, sia per rischio idraulico.

I precorsi dei cavidotti di connessione e di convogliamento intersecano trasversalmente il reticolo presente sia in agro di Apricena, sia in agro di San Severo, in tutti i casi si procederà al superamento della criticità puntuale con sottopasso della linea di reticolo con tecnologia TOC, che avverrà a profondità assolutamente la di sotto della possibile profondità di influenza idraulica della stessa, con ingresso ed uscita del tratto al di fuori delle aree perimetrate PAI e/o a non meno di 150 m. dall'asse del reticolo non perimetrato ma presente in cartografia IGM 1:25.000, come previsto dalle NTA del PAI Puglia (Fasce di Pertinenza/Influenza).

Più in particolare, per l'ultimo tratto di collegamento alla Stazione Terna (TOC-12 "C.le Ferrante" e TOC 13 "C.le S.Maria"), essendo quest'ultima ubicata in area perimetrata PAI a Bassa Pericolosità Idraulica (BP), non potendo seguire percorsi alternativi per l'ingresso in stazione, i punti di ingresso delle TOC avverranno inevitabilmente in area PAI a bassa Pericolosità Idraulica, operando in condizioni di sicurezza idraulica superiore (prof. > 2 m da fondo alveo).



**Legenda**  
**Carta PAI**  
**Scala 1:25.000**

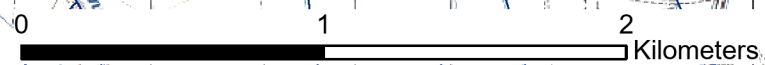
pericolosità idraulica

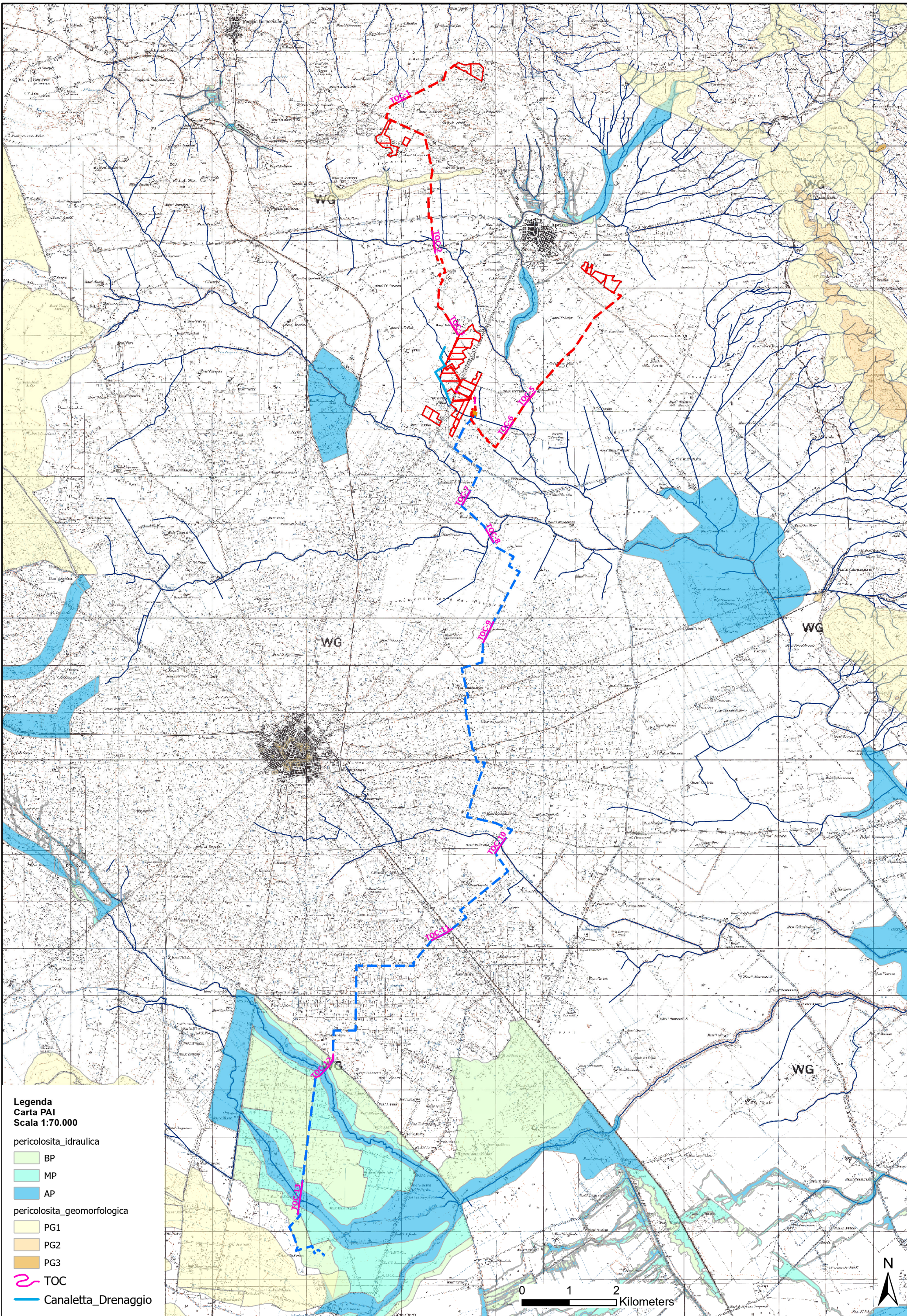
- BP
- MP
- AP

pericolosità geomorfologica

- PG1
- PG2
- PG3

Canalizzazione\_Drenaggio





**Legenda  
Carta PAI  
Scala 1:70.000**

pericolosità\_idraulica

- BP
- MP
- AP

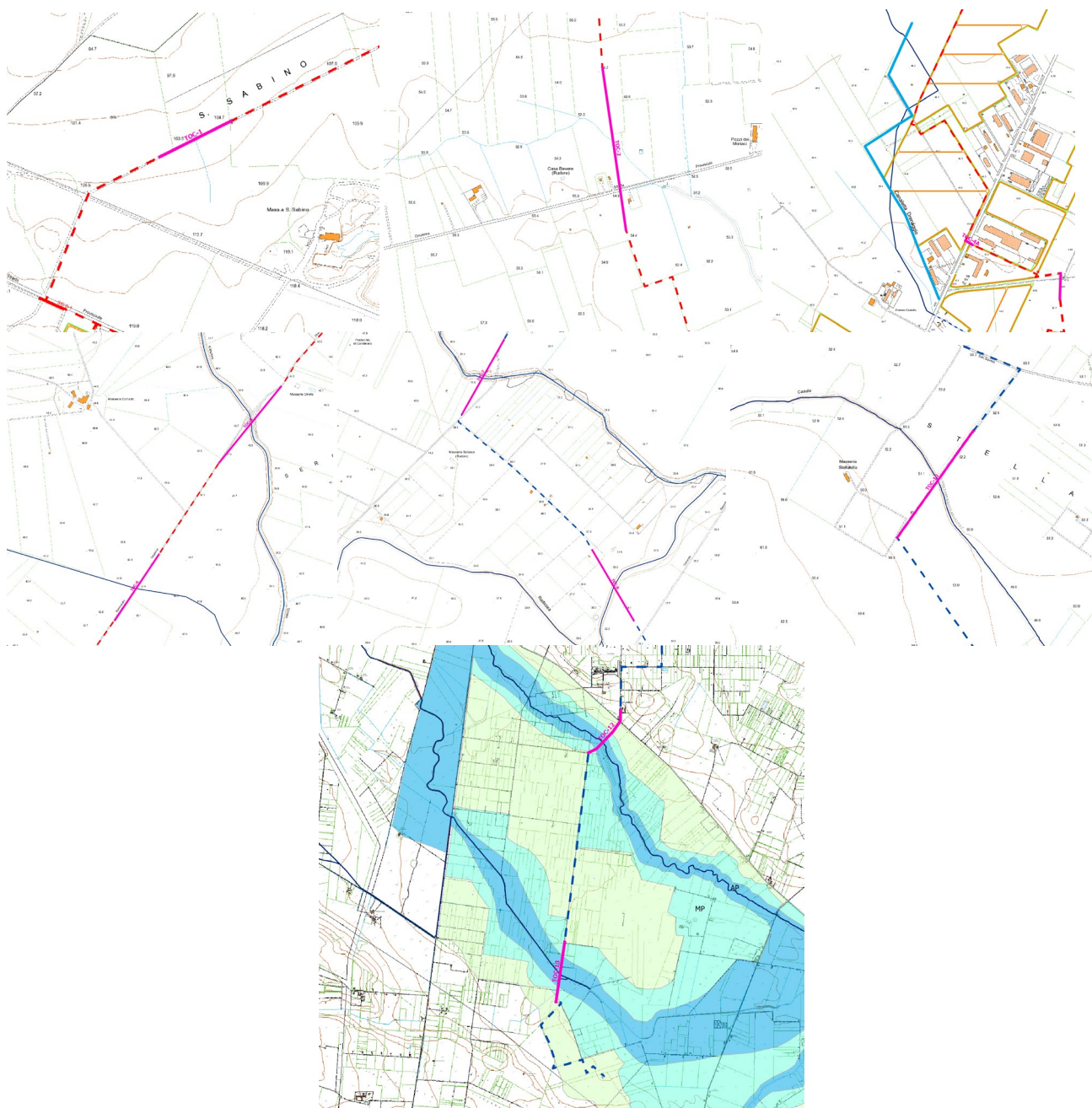
pericolosità\_geomorfológica

- PG1
- PG2
- PG3
- TOC

Canaletta\_Drenaggio

0 1 2 Kilometers





Particolare Attraversamenti TOC reticolo

## **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 a quote comprese tra di circa 10 m e 15 m. sul l.m., pertanto, trovandoci a quote comprese tra i 48 e i 53 m (Z.I.) e 95 e i 120 m (zone Cave) sul l.m., la piezometrica è soggiacente a non meno di 30/80 m. dal p.c.

Localmente per la Z.I., in virtù delle sequenze stratigrafiche e litologiche presenti, Alluvioni Terrazzate su Sabbie di Serracapriola in sequenza su Argille Plio-Pleistoceniche, la falda è rinvenibile al contatto tra queste due ultime, in genere circa 15 metri al di sopra del livello base del mare; per le zone Cave, la falda è relegata all'interno delle formazioni carbonatiche mesozoiche, con circolazione tipicamente carsica, a non meno di 50 m. al di sotto del l.m., in entrambi i casi in pressione con risalita e stabilizzazione della tavola d'acqua in prossimità o poco al di sopra del livello base del mare.

### **1.1. 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; 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 30-80 m. dal p.c., alla base dei depositi sabbiosi delle Sabbie di Serra Capriola.

Per la zona Cave la circolazione carsica è posta in corrispondenza degli strati carbonatici maggiormente fratturati, pertanto la permeabilità intrinseca e di tipo per "Fratturazione e Carsismo".

### **1.2. 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 (sub-affiorante "zona Cave" e/sottoposto "Z.I."), lo schema idrogeologico è 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, e dal punto di vista idrogeologico nell'area "Z.I." si può distinguere due sistemi idrogeologici, uno superficiale ed uno profondo, nelle "zone Cave" il sistema idrogeologico "unico" è a falda unica, esclusivamente in corrispondenza di livelli carbonatici più fratturati.

| COLONNA STRATIGRAFICA | LITOTIPI PREVALENTI  | UNITA' LITOSTRATIGRAFICHE                                | ETA'                                  | PERMEABILITA'                             |   | UNITA' IDROGEOLOGICHE |
|-----------------------|--|--|---------------------------------------|---|---|-----------------------|
|                       |  |  |                                       | TIPO                                      | GRADO                                       |                       |
|                       | Limi argillosi e sabbie siltose  | Depositi lacustri  | Olocene                               | Primaria<br>(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<br>(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-limosa 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 pleistocenico, 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 sabbiosi 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).

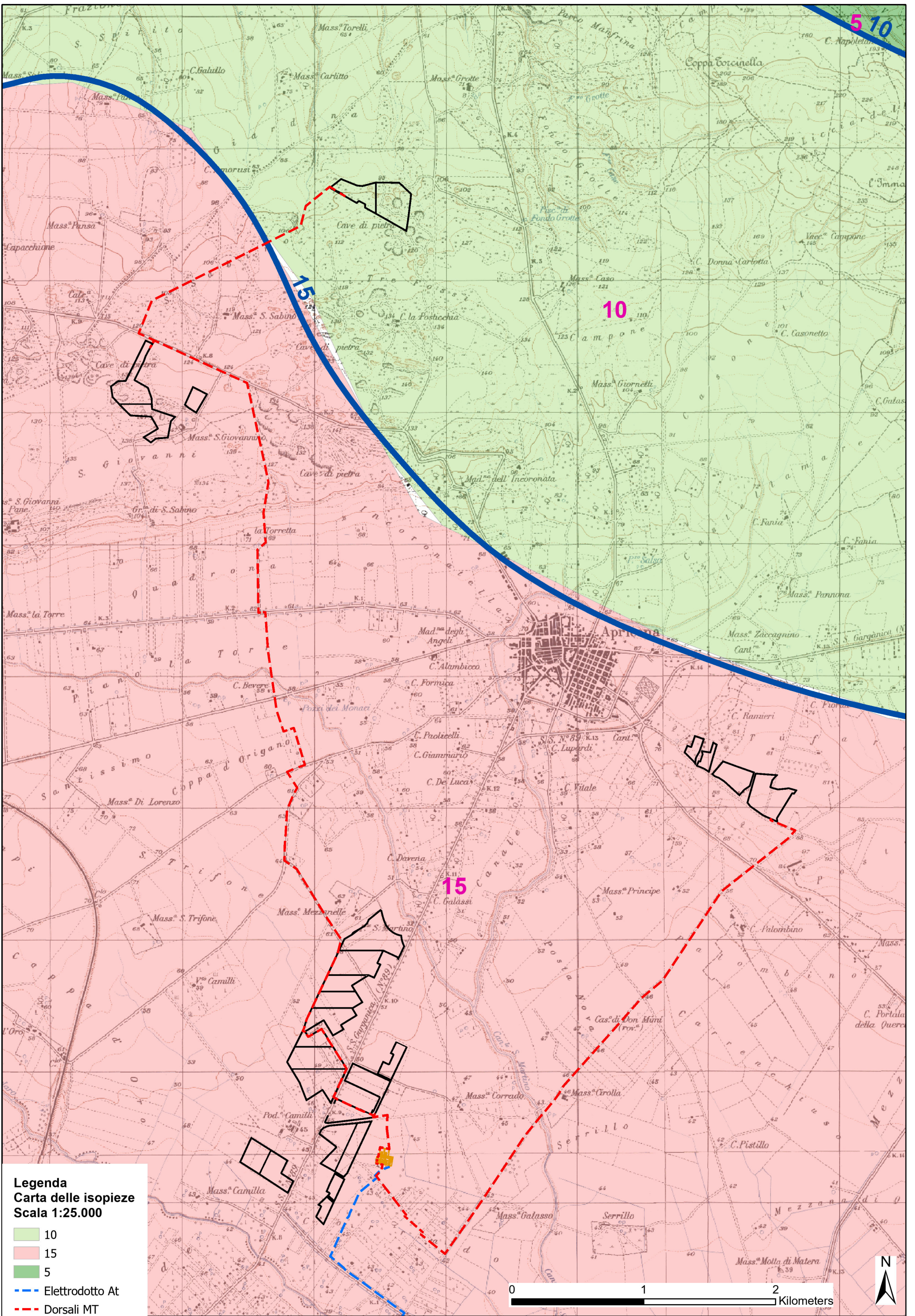
➤ **Rocce permeabili per fessurazione e per carsismo**

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.

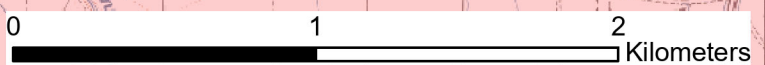
**Permeabilità:** Primaria, per fessurazione e carsismo, e definita da un Coefficiente di Conducibilità Idraulica variabile tra  $1,0 \times 10^{-6}$  e  $1,0 \times 10^{-2}$  cm/sec, con valori medi dell'ordine di  $1,0 \times 10^{-3}$  cm/sec, in funzione del grado di fratturazione e fessurazione del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





**Legenda**  
**Carta delle isopieze**  
**Scala 1:25.000**

- 10
- 15
- 5
- Elettrodotto At
- Dorsali MT



## 5. ANALISI MORFOLOGICA E INDIVIDUAZIONE DEI BACINI SCOLANTI

Nell'ambito del presente studio idrologico, data la presenza esclusiva di un solo ramo di reticolo interessante i campi fotovoltaici nella Zona Industriale, si è presa in esame esclusivamente l'area sottesa a tale ramo di reticolo secondario, non stante non rientri all'interno delle aree perimetrate PAI a rischio idraulico.

Lo studio è stato eseguito con lo scopo di determinare le portate attribuibili a tale bacino, con l'intento di eseguire un intercetto delle stesse in corrispondenza di una sezione di chiusura posta a monte dell'intero parco fotovoltaico, per eseguirne una regimazione e convogliamento controllato, mediante ripristino di canalizzazione esistente, presso il sistema di drenaggio già realizzato nella cunetta lato nord della SS. 89, che già controlla e drena le acque scolanti da NE e le recapita ad W nel T. Candelaro.

Pertanto già da oggi, il reticolo cartografato, che indica un attraversamento della SS.89 verso il T. Candelaro nel tratto a sud, viene intercettato dalla cunetta della stessa statale e convogliato nel torrente più ad ovest.

L'area oggetto del presente studio riguarda quindi la porzione del territorio comunale di Apricena che, nella nuova carta idrogeomorfologica redatta dall'Autorità di Bacino della Puglia, è caratterizzata dalla presenza di un'asta secondaria del reticolo idrografico "secondario – episodico" che corrono in direzione SW-NE, nella zona a nord-ovest della SS 89 a monte della Z.I.

Lo studio qui condotto si pone l'obiettivo oltre che di individuare i percorsi idraulici di deflusso più aderenti alla realtà dei luoghi, oltre che di individuare i livelli di pericolosità idraulica, valutando quindi l'interazione delle aree di impianto da realizzarsi con lo scolo delle acque sottese.

L'asta di reticolo idrografico oggetto del presente studio, proviene da monte dell'area Z.I., attraversandola trasversalmente, prima di attraversare la SS 89 e proseguire fino al tratto del C.le S. Martino che scorre più a sud.

A seguito di interventi di sistemazione idraulica eseguiti negli anni scorsi, una decina di anni orsono, in corrispondenza del lato nord della SS 89 è stata realizzata una cunetta di raccolta e convogliamento, in cls a sezione rettangolare, che intercetta tutte le acque provenienti da monte, deviandole verso il T. Candelaro che scorre più ad ovest, escludendo da attività propria quindi tutto il tratto di valle a partire dall'intersezione con la SS 89.

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 ripiano morfologico che parte dalle pendici dell'Horst carbonatico, leggermente inclinato in direzione sud-est, direzione generale di deflusso del sistema scolante dell'area di bacino del C.le S. Martino.

Il reticolo che interessa l'area di progetto è rappresentato dalla parte superiore di un ramo secondario di tale canale, di estensione areale limitata, con estensione complessiva del bacino alla sezione di chiusura di calcolo di poco superiore ai 0,9 km<sup>2</sup>, che è parte dell'intero bacino di ramo che rappresenta una superficie di circa 4,32 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, sezione di chiusura coincidente con intercetto e canalizzazione.

## **6. ANALISI IDROLOGICA**

L'area di progetto è attraversata trasversalmente (NW-SE) da un unico tratto del reticolo secondario 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 ad ognuno di essi, arrivando a definire le portate al colmo transitanti 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.

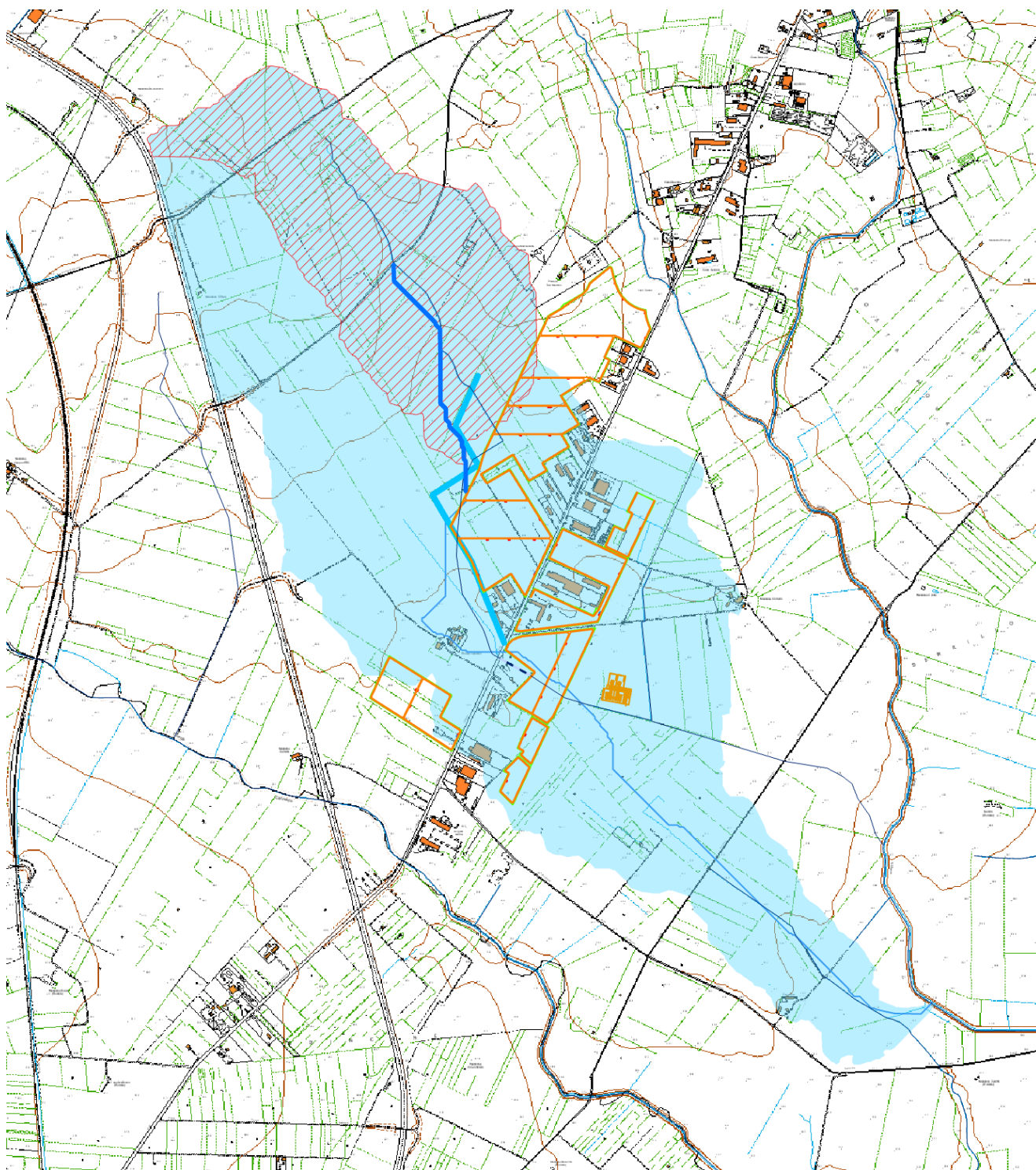
Per la elaborazione statistica dei dati pluviometrici è stato utilizzato il modello TCEV, con cui si analizzano sia stime puntuali che stime regionali (Puglia) come definite dai rapporti VAPI, determinando la curva di probabilità pluviometrica, una volta fissato il periodo di ritorno, e la pioggia di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



## 7. DEFINIZIONE DEI BACINI (DATI FISIOGRAFICI)

Gli impluvi presenti sull'area di progetto risultano essere n° 01 (AM 1), si procederà all'intercetto delle acque scolanti del reticolo naturale in prossimità del vertice occidentale alto dell'area campi produttivi convogliando le acque intercettata con un canaletto che correrà lungo il margine esterno dei campi fotovoltaici, fino a convergere nell'ultimo tratto, in prossimità della SS89, in una canalizzazione (già esistente) che corre lungo la Strada Statale in cunetta verso l'impluvio posto a SW.

Per la definizione dei parametri idrologici da applicare nella verifica idraulica si è proceduto ad eseguire l'analisi idrologica del bacini determinando la sua estensione, quote e pendenza minime, massime, medie, lunghezza del tratto idraulico principale sotteso, determinazione della loro sua forma, ponendo la sezione di chiusura (Intercetto) al vertice superiore dei campi fotovoltaici, dove, tramite canalizzazione a cielo aperto, si procederà al drenaggio delle acque intercettate e convogliamento presso la cunetta posta lungo il margine settentrionale della SS89 che già convoglia le acque più a SW nella linea di drenaggio naturale esistente più a SW.

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 II Liv.) con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni,

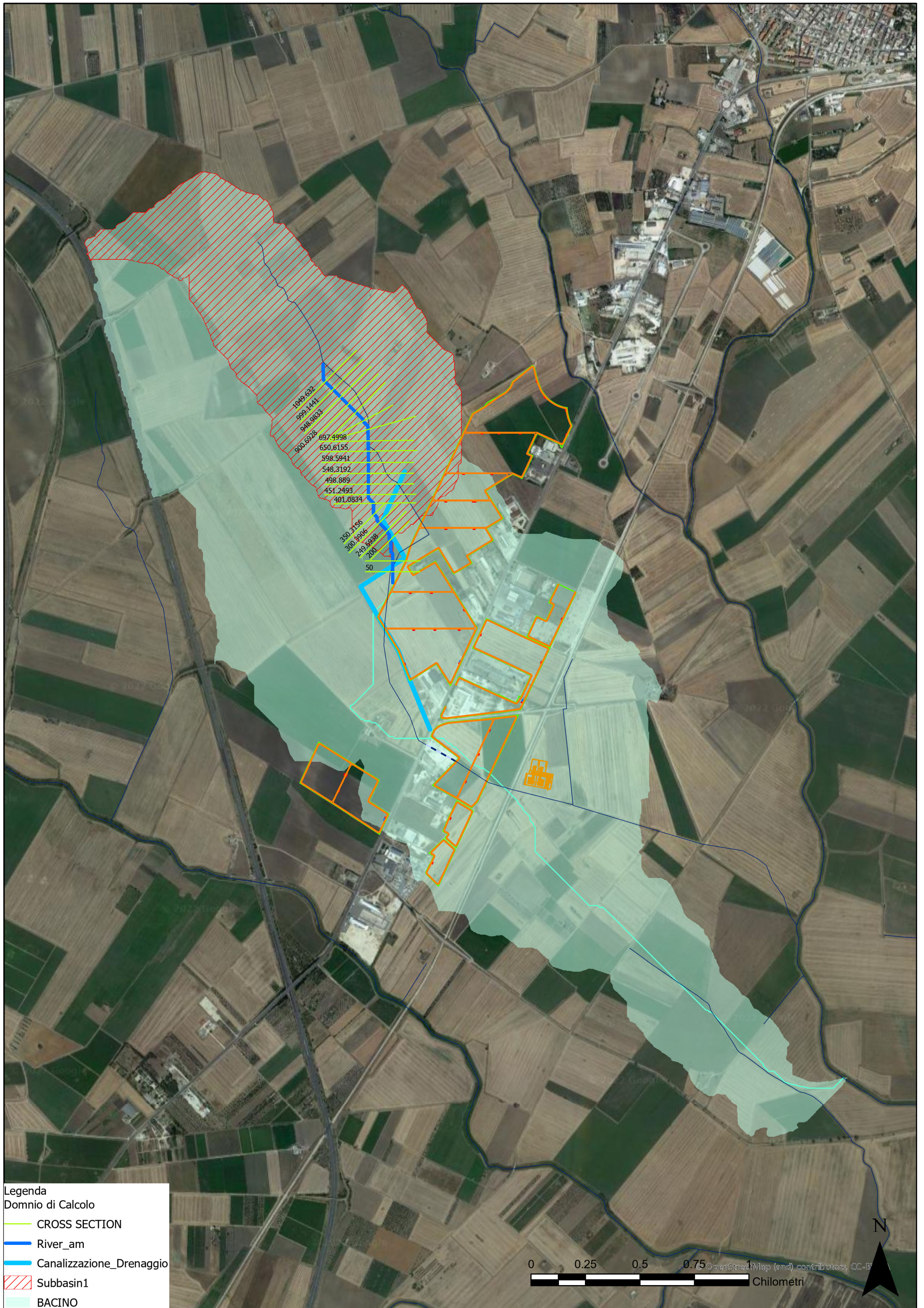
Per il modello TCEV, il software specifico "Runoff Lab" rende disponibili sia stime puntuali che stime regionali e miste con i diversi livelli di regionalizzazione definiti per questa distribuzione. I parametri regionali sono preinseriti per le diverse zone del territorio italiano come definite dai rapporti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

Lo stesso software ha permesso di eseguire l'interpretazione probabilistica delle serie pluviometriche riferite alla stazione pluviometrica di Lesina, il calcolo delle curve di probabilità pluviometrica, la definizione di pluviogrammi sintetici, la trasformazione afflussi-deflussi, arrivando a determinare le portate di picco alla sezione di chiusura del bacino.

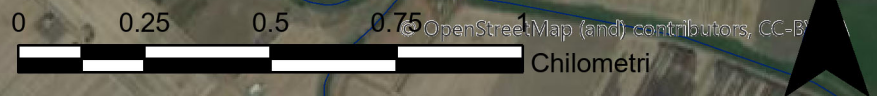
Si riportano di seguito i parametri morfometrici utilizzati per lo sviluppo delle metodologie di calcolo sopra citate, seguono poi i report delle analisi idrologiche eseguite.

- Portate al colmo

| Bacino | Q (TR) 30 mc/s | Q (TR 200) mc/s | Q (TR 500) mc/s |
|--------|----------------|-----------------|-----------------|
| AM1    | 7.0            | 11.6            | 14.2            |



**Legenda**  
 Domnio di Calcolo  
 — CROSS SECTION  
 — River\_am  
 — Canalizzazione\_Drenaggio  
 ▨ Subbasin1  
 ■ BACINO



OpenStreetMap (and) contributors, CC-BY

- BACINO (AM 1)

- RIEPILOGO DATI IDROLOGICI

| PARAMETRI FISIOGRAFICI DI UN BACINO IDROGRAFICO (B1) |                                 |                  |                    |            |
|--|---------------------------------|------------------|--------------------|------------|
| PARAMETRI  |                                 | UNITA' DI MISURA | Bacino Idrografico |            |
| Parametri di forma del bacino                        | Area totale del Bacino          | km <sup>2</sup>  | 0,938              |            |
|  | Perimetro del Bacino            | km               | 6,324              |            |
|  | Lunghezza del Canale Principale | km               | 1,850              |            |
|  | Centroide                       | Est X            | m                  | 534382,41  |
|  |                                 | Nord Y           | m                  | 4624174,40 |
|  | Larghezza media del bacino      | km               | 0,62               |            |
|  | Coefficiente di compattezza     | -                | 1,84               |            |
|  | Fattore di forma                | -                | 0,2741             |            |
| Raggio di Circolarità                                | km                              | 0,2947           |                    |            |

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

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

$A_P = \frac{A}{L}$   
A = Area del bacino in km<sup>2</sup>  
 L = Lunghezza del corso principale (km)

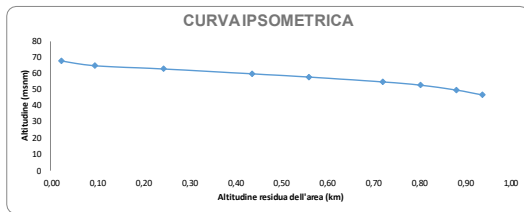
$R_c = \frac{4\pi A}{P^2}$   
A = Area del bacino in km<sup>2</sup>  
 P = Perimetro del bacino in km

CURVA CARATTERISTICA DI UN BACINO (AMI)  
 QUADRO DELL'AREA TRA CURVE DI LIVELLO

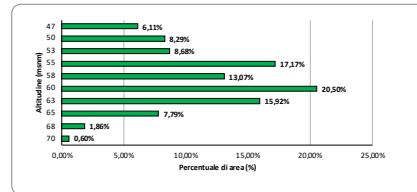
| N° | QUOTA (mslm) |         |            | Area (km <sup>2</sup> )               |                                  |   | Percentuale di superficie tra C.N. | Percentuale di superficie su C.N. | Ci*Ai        |
|----|--------------|---------|------------|---------------------------------------|----------------------------------|---|------------------------------------|-----------------------------------|--------------|
|    | Minima       | Massima | Media "Ci" | Area Parziale (km <sup>2</sup> ) "Ai" | Area Cumulata (km <sup>2</sup> ) | Area rimasta in superficie (km <sup>2</sup> ) |                                    |                                   |              |
| 1  | 47           | 49      | 48,0       | 0,05736                               | 0,06                             | 0,94  | 6,11%                              | 100,0                             | 2,75         |
| 2  | 50           | 52      | 51,0       | 0,07792                               | 0,14                             | 0,88  | 8,29%                              | 93,9                              | 3,97         |
| 3  | 53           | 54      | 53,5       | 0,081436                              | 0,22                             | 0,80  | 8,68%                              | 85,6                              | 4,36         |
| 4  | 55           | 57      | 56,0       | 0,16114                               | 0,38                             | 0,72  | 17,17%                             | 76,9                              | 9,02         |
| 5  | 58           | 59      | 58,5       | 0,122656                              | 0,50                             | 0,56  | 13,07%                             | 59,7                              | 7,18         |
| 6  | 60           | 62      | 61,0       | 0,192388                              | 0,69                             | 0,44  | 20,50%                             | 46,7                              | 11,74        |
| 7  | 63           | 64      | 63,5       | 0,149412                              | 0,84                             | 0,25  | 15,92%                             | 26,2                              | 9,49         |
| 8  | 65           | 67      | 66,0       | 0,073076                              | 0,92                             | 0,10  | 7,79%                              | 10,2                              | 4,82         |
| 9  | 68           | 69      | 68,5       | 0,01744                               | 0,93                             | 0,02  | 1,86%                              | 2,5                               | 1,19         |
| 10 | 70           | 72      | 71,0       | 0,005588                              | 0,94                             | 0,01  | 0,60%                              | 0,6                               | 0,40         |
|    |              |         |            | <b>0,9383</b>                         |                                  |   | <b>100%</b>                        |                                   | <b>54,91</b> |

ALTITUDINE MEDIA DEL BACINO **58,54** m.s.l.m

Curva Ipsometrica:



Poligono di frequenza delle altitudini:



| PARAMETRI RETE IDROGRAFICA DEL BACINO (B1)  |  |  |                    |       |
|---|--|--|--------------------|-------|
| 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/km <sup>2</sup>                      | 1,0661             |       |
|   | Elevazione del canale principale       | Altitudine max (Hmax)                    | mslm               | 96    |
|   |  | Altitudine min (Hmin)                    | mslm               | 26    |
|   |  | Pendenza media del fiume principale (Sm) | m/m                | 0,038 |
|   | Altezza media del fiume principale (H) | mslm                                     | 35                 |       |
|   | Tempo di concentrazione (Tc)           | ore                                      | 0,3759             |       |

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

Donde:  
 $N^{\circ} \text{ rios}$  = Número de rios de la cuenca.  
 $A$  = Área de la cuenca (km<sup>2</sup>).  
 ~ m. 1000 X L

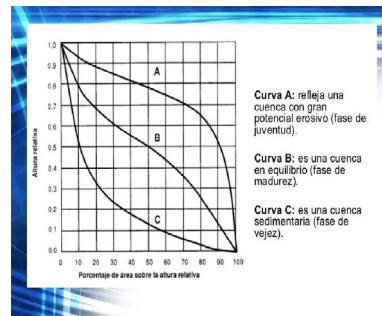
Donde:  
 $S_m$  = Pendenza media del canale principal (m/m).  
 $L$  = Longitud del curso principal (km).  
 $H_{max}$ ,  $H_{min}$  = Altura máxima y mínima del lecho del río principal, referidos al nivel medio de las aguas del mar (msnm).

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

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).  
 $S$  = Pendenza media del curso principal (m/m).



Curva A: relieja 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).

## 8. CALCOLO DIMENSIONAMENTO CANALETTO DI INTERCETTO E CONVOGLIAMENTO

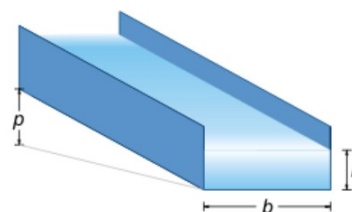
In base ai valori di portata al colmo determinati, il canaletto di intercetto e convogliamento dovrà essere dimensionato per sopperire al flusso di un volume di acque pari a quello determinato per un Tempo di Ritorno di 200 anni, per cui dovrà sopportare un volume di flusso pari a 11.6 mc/s (Tr 200).

In base a tale volume il canaletto, realizzato in cemento liscio, a sezione rettangolare, dovrà possedere una luce interna pari a 1.5 m (b) x 1.3 m (H), lasciando un franco di 0.2 m dal pelo libero delle acque scolanti (h=1.1 m).

### Dati di calcolo

b  m = Larghezza del canale  
h  m = Spessore del battente d'acqua  
p  m/m = Pendenza  
c  = Scabrezza

Q  m<sup>3</sup>/s = Portata del canale



Scabrezza relativa all'alveo:

- 0.05 Plastica con giunti ben raccordati
- 0.10 Cemento liscio o metallico
- 0.15 Cemento grossolano, muratura regolare
- 0.30 Cemento con ciottoli di fiume infissi
- 0.35 Cemento degradato, muratura grezza



**ALLEGATO  
REPORT IDROGRAMMI**

## Rapporto sulla stazione di misura:

|                                  |
|----------------------------------|
| <b>Stazione di misura LESINA</b> |
|----------------------------------|

**Dati Stazione**

**Codice:** 16057  
**Bacino:** APRICENA AM1  
**Comune:** LESINA  
**Quota:** 5.0 m s.l.m.  
**Latitudine:** 41,8630555555556  
**Longtudine:** 15,3538888888889

**Dati Serie**

**Serie presenti:** 5  
**Durate presenti:** 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore  
**Minima dimensione serie:** 60  
**Massima dimensione serie:** 63

| <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>Descrizione</b>      |                           |

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

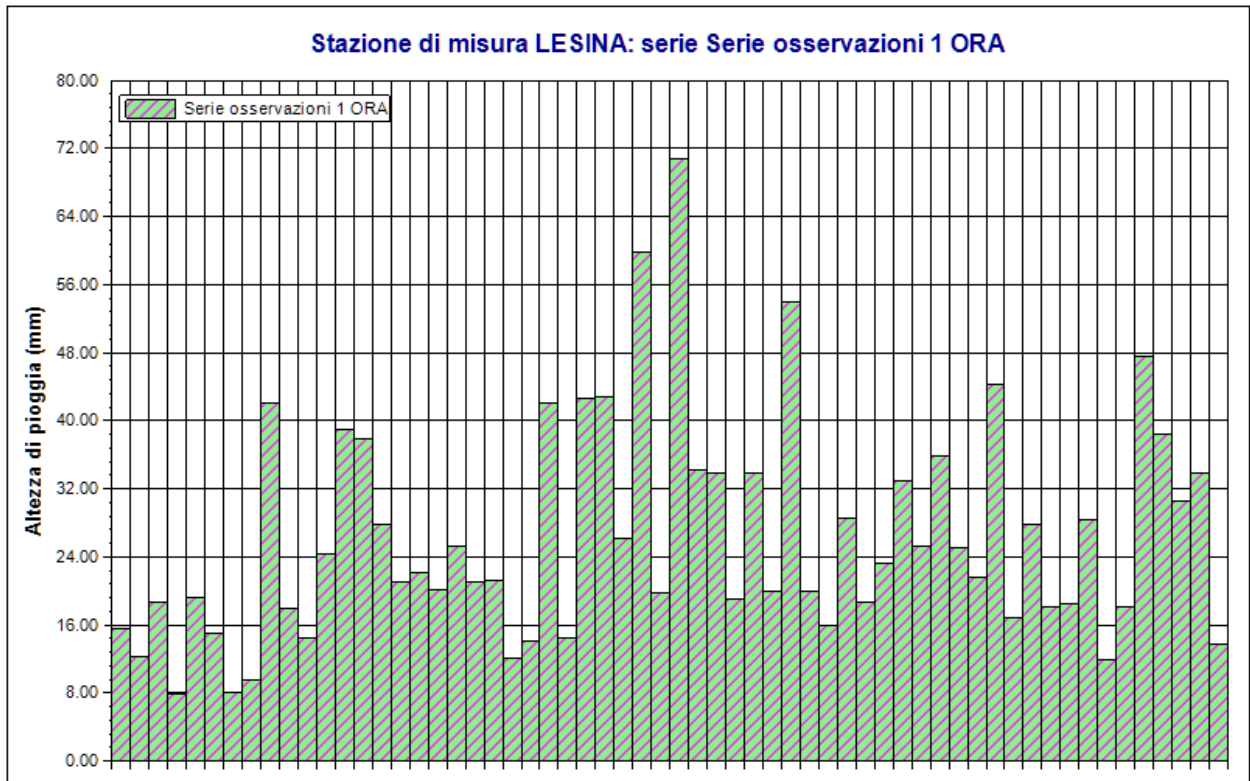
**Serie osservazioni**

| n  | Durate |       |       |        |        |
|----|--------|-------|-------|--------|--------|
|    | 1 ora  | 3 ore | 6 ore | 12 ore | 24 ore |
| 1  | 15.6   | 18.2  | 33.8  | 56.4   | 80.6   |
| 2  | 12.2   | 22.4  | 31.8  | 44.2   | 46.0   |
| 3  | 18.6   | 23.2  | 31.0  | 41.2   | 46.6   |
| 4  | 7.8    | 17.8  | 29.8  | 36.0   | 38.0   |
| 5  | 19.2   | 23.6  | 41.6  | 53.4   | 54.6   |
| 6  | 15.0   | 21.4  | 26.6  | 48.8   | 75.8   |
| 7  | 8.0    | 13.2  | 23.2  | 32.0   | 35.0   |
| 8  | 9.6    | 15.2  | 24.2  | 36.2   | 39.2   |
| 9  | 42.0   | 51.6  | 51.6  | 53.4   | 53.6   |
| 10 | 18.0   | 46.0  | 50.6  | 55.8   | 59.8   |
| 11 | 14.4   | 18.0  | 20.0  | 25.4   | 28.6   |
| 12 | 24.4   | 33.4  | 41.2  | 53.8   | 60.6   |
| 13 | 39.0   | 41.2  | 51.6  | 65.0   | 76.8   |
| 14 | 37.8   | 46.2  | 50.2  | 64.8   | 66.0   |
| 15 | 27.8   | 41.6  | 45.2  | 57.2   | 63.0   |
| 16 | 21.0   | 26.6  | 28.6  | 35.6   | 47.5   |
| 17 | 22.2   | 34.6  | 35.6  | 40.8   | 55.0   |
| 18 | 20.2   | 20.2  | 24.8  | 33.0   | 42.6   |
| 19 | 25.2   | 25.6  | 35.0  | 47.8   | 62.8   |
| 20 | 21.0   | 40.0  | 60.0  | 67.6   | 68.0   |
| 21 | 21.2   | 24.4  | 31.2  | 41.4   | 60.5   |
| 22 | 12.0   | 22.4  | 30.6  | 36.8   | 39.8   |
| 23 | 14.0   | 18.4  | 19.4  | 25.4   | 29.6   |
| 24 | 42.0   | 53.4  | 55.0  | 73.0   | 73.6   |
| 25 | 14.4   | 20.6  | 23.2  | 30.0   | 34.0   |
| 26 | 42.6   | 78.0  | 79.2  | 79.6   | 88.6   |
| 27 | 42.8   | 43.6  | 69.8  | 78.6   | 110.0  |
| 28 | 26.2   | 40.0  | 51.0  | 51.2   | 51.2   |
| 29 | 59.8   | 83.0  | 96.4  | 102.4  | 102.4  |
| 30 | 19.8   | 22.4  | 30.4  | 33.0   | 56.6   |
| 31 | 70.8   | 101.4 | 105.2 | 31.2   | 38.6   |
| 32 | 34.2   | 49.0  | 82.4  | 107.4  | 108.0  |
| 33 | 33.8   | 43.0  | 51.0  | 104.2  | 108.0  |
| 34 | 19.0   | 24.2  | 30.6  | 52.8   | 58.0   |

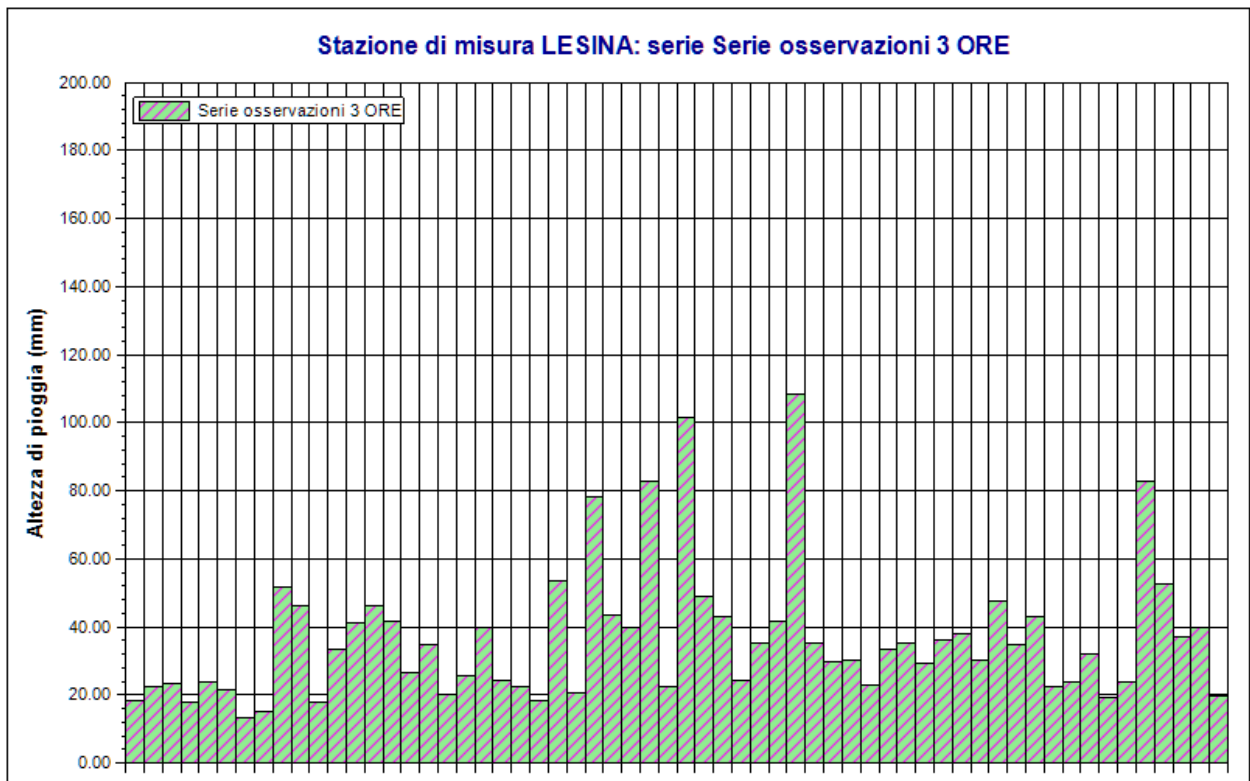
| n  | Durate |       |       |        |        |
|----|--------|-------|-------|--------|--------|
|    | 1 ora  | 3 ore | 6 ore | 12 ore | 24 ore |
| 35 | 33.8   | 35.2  | 54.6  | 36.4   | 46.8   |
| 36 | 20.0   | 41.8  | 45.8  | 54.6   | 54.6   |
| 37 | 54.0   | 108.2 | 112.2 | 46.0   | 46.0   |
| 38 | 20.0   | 35.2  | 36.0  | 112.2  | 121.6  |
| 39 | 16.0   | 29.6  | 37.6  | 36.0   | 37.0   |
| 40 | 28.6   | 30.0  | 41.0  | 55.0   | 77.4   |
| 41 | 18.6   | 23.0  | 31.4  | 59.8   | 62.4   |
| 42 | 23.2   | 33.6  | 40.4  | 38.6   | 48.8   |
| 43 | 33.0   | 35.4  | 35.4  | 47.2   | 65.4   |
| 44 | 25.2   | 29.4  | 38.0  | 45.4   | 54.2   |
| 45 | 35.8   | 36.0  | 37.0  | 38.4   | 48.2   |
| 46 | 25.0   | 37.8  | 50.4  | 42.6   | 61.2   |
| 47 | 21.6   | 30.4  | 42.0  | 60.8   | 66.0   |
| 48 | 44.2   | 47.6  | 28.2  | 42.6   | 42.6   |
| 49 | 16.8   | 34.8  | 48.4  | 36.6   | 42.2   |
| 50 | 27.8   | 43.0  | 43.2  | 52.0   | 76.2   |
| 51 | 18.2   | 22.6  | 59.8  | 62.8   | 64.4   |
| 52 | 18.4   | 24.0  | 27.4  | 62.6   | 67.2   |
| 53 | 28.4   | 31.8  | 26.9  | 28.4   | 78.2   |
| 54 | 11.8   | 19.0  | 34.4  | 30.4   | 39.6   |
| 55 | 18.2   | 23.6  | 22.4  | 42.0   | 33.0   |
| 56 | 47.6   | 83.0  | 27.2  | 29.2   | 56.0   |
| 57 | 38.4   | 52.8  | 88.6  | 40.0   | 30.6   |
| 58 | 30.6   | 37.2  | 55.8  | 98.8   | 56.2   |
| 59 | 33.8   | 39.6  | 38.4  | 76.0   | 106.6  |
| 60 | 13.8   | 19.8  | 64.4  | 42.4   | 94.2   |
| 61 | -      | -     | 23.8  | 67.0   | 61.8   |
| 62 | -      | -     | -     | 34.8   | 72.2   |
| 63 | -      | -     | -     | -      | 45.2   |

### Dati Statistici

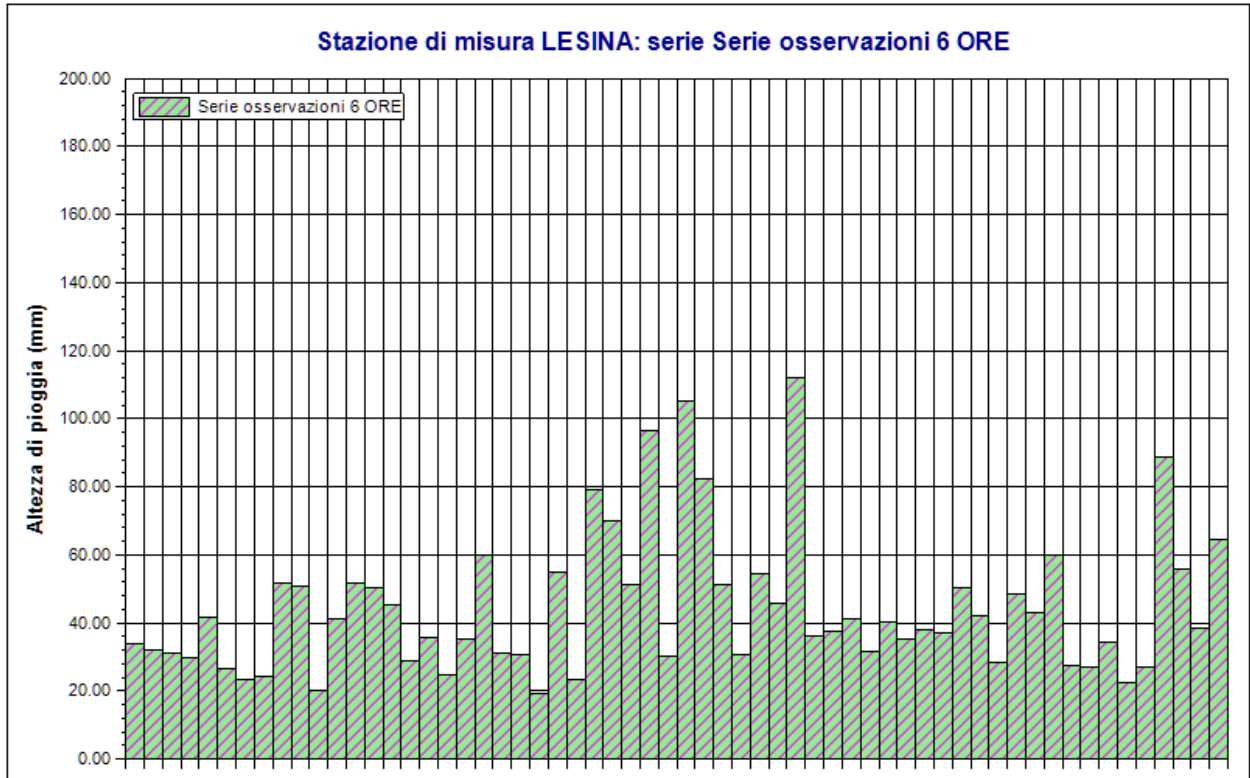
| Parametro           | Durate |        |        |        |        |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                     | 1 ora  | 3 ore  | 6 ore  | 12 ore | 24 ore |
| Dimensione campione | 60     | 60     | 61     | 62     | 63     |
| Somma dei dati      | 1574.4 | 2188.2 | 2682.5 | 3214.0 | 3814.8 |
| Valore minimo       | 7.8    | 13.2   | 19.4   | 25.4   | 28.6   |
| Valore massimo      | 70.8   | 108.2  | 112.2  | 112.2  | 121.6  |
| Valore medio        | 26.24  | 36.47  | 43.98  | 51.84  | 60.55  |
| Dev. standard       | 12.95  | 19.72  | 20.64  | 20.78  | 21.78  |
| Coeff. variazione   | 0.494  | 0.541  | 0.469  | 0.401  | 0.360  |
| Coeff. asimmetria   | 1.178  | 1.913  | 1.550  | 1.303  | 0.933  |



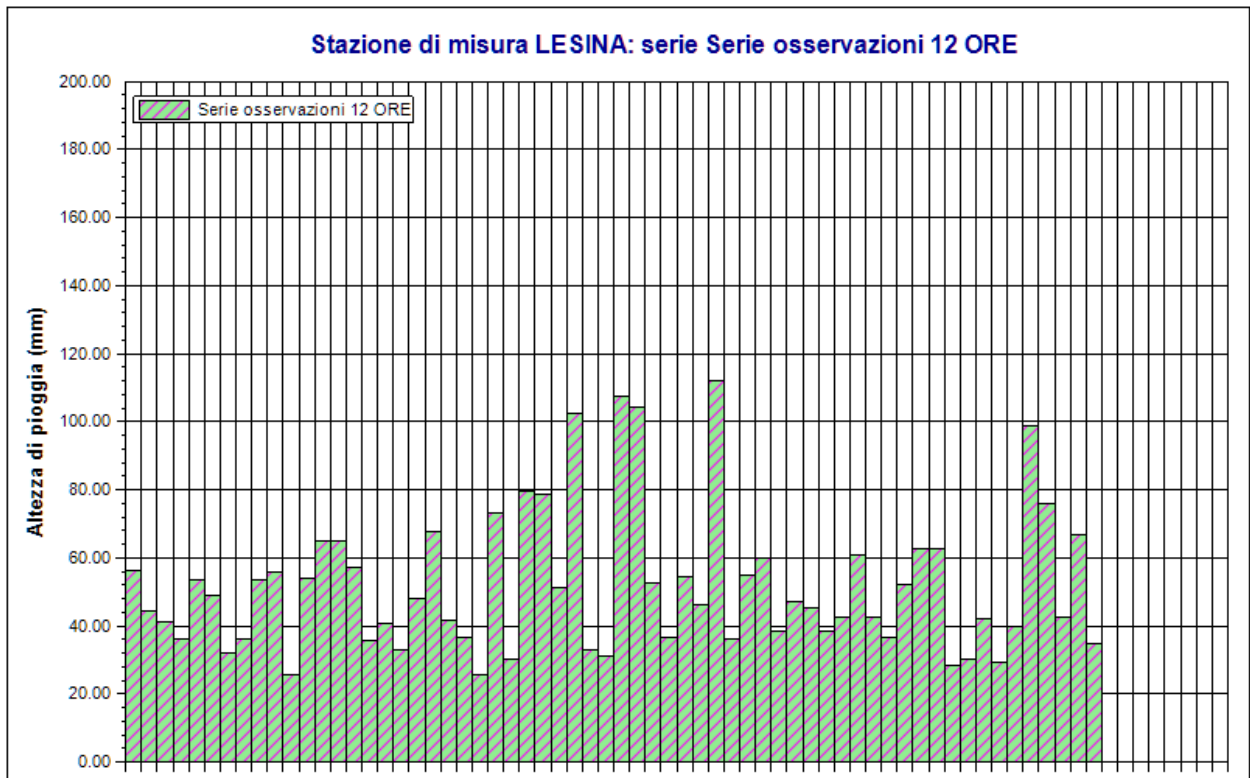
Stazione di misura LESINA. Serie osservazioni 1 ORA. Durata 1 ora



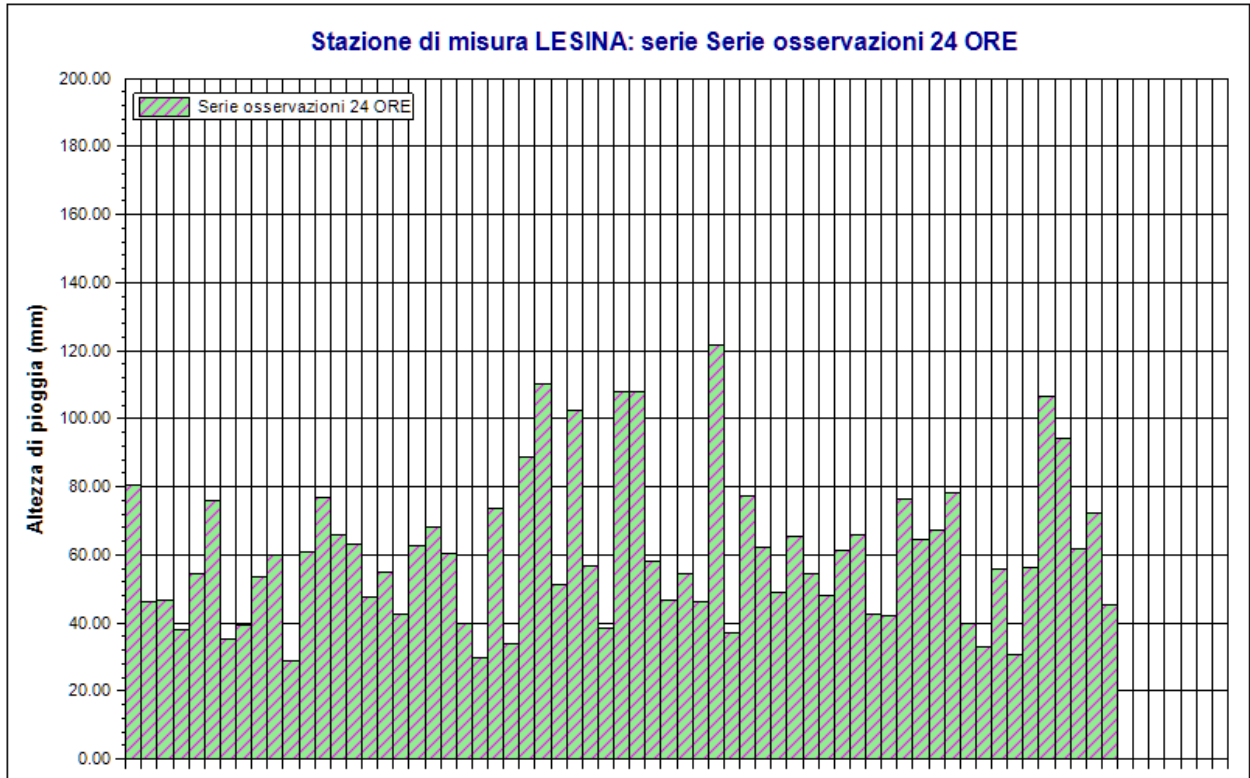
Stazione di misura LESINA. Serie osservazioni 3 ORE. Durata 3 ore



Stazione di misura LESINA. Serie osservazioni 6 ORE. Durata 6 ore



Stazione di misura LESINA. Serie osservazioni 12 ORE. Durata 12 ore



Stazione di misura LESINA. Serie osservazioni 24 ORE. Durata 24 ore

## Rapporto sull'elaborazione probabilistica:

**Elaborazione TCEV secondo livello 30 ANNI AM1****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:

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

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

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

si ottiene

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

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

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

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

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:** Stazione di misura LESINA

**Distribuzione probabilistica:** TCEV secondo livello

**Metodo di stima dei parametri:** Massima verosimiglianza

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

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

### Stima parametri

| Parametro                  | Durate  |   |   |   |   |
|----------------------------|---|---|---|---|---|
|                            | 1 ora   | 3 ore   | 6 ore   | 12 ore  | 24 ore  |
| Dimensione campione        | 60  | 60  | 61  | 62  | 63  |
| Valore medio               | 26.24   | 36.47   | 43.98   | 51.84   | 60.55   |
| Dev. standard              | 12.95   | 19.72   | 20.64   | 20.78   | 21.78   |
| <b>Parametri regionali</b> |   |   |   |   |   |
| Descrizione                | Parametri zona: Puglia - Sottozona: Unica - Durata: Unica | Parametri zona: Puglia - Sottozona: Unica - Durata: Unica | Parametri zona: Puglia - Sottozona: Unica - Durata: Unica | Parametri zona: Puglia - Sottozona: Unica - Durata: Unica | Parametri zona: Puglia - Sottozona: Unica - Durata: Unica |
| Lambda*                    | 0.77200   | 0.77200   | 0.77200   | 0.77200   | 0.77200   |
| Teta*                      | 2.35200   | 2.35200   | 2.35200   | 2.35200   | 2.35200   |
| Lambda 1                   | 45.00000  | 45.00000  | 45.00000  | 45.00000  | 45.00000  |
| <b>Parametri stimati</b>   |   |   |   |   |   |
| Teta 1                     | 4.11958   | 5.86031   | 7.35530   | 9.03933   | 10.70181  |
| Lambda 2                   | 3.89506   | 3.89506   | 3.89506   | 3.89506   | 3.89506   |
| Teta 2                     | 9.68924   | 13.78344  | 17.29967  | 21.26051  | 25.17065  |

### Espressioni delle CDF della distribuzione

|   |  |
|---|--|
| TCEV secondo livello:<br>Serie osservazioni 1<br>ORA  | $F_x(x) = \exp \left[ -45,00 \exp \left( -\frac{x}{4,120} \right) - 3,90 \exp \left( -\frac{x}{9,689} \right) \right]$   |
| TCEV secondo livello:<br>Serie osservazioni 3<br>ORE  | $F_x(x) = \exp \left[ -45,00 \exp \left( -\frac{x}{5,860} \right) - 3,90 \exp \left( -\frac{x}{13,783} \right) \right]$  |
| TCEV secondo livello:<br>Serie osservazioni 6<br>ORE  | $F_x(x) = \exp \left[ -45,00 \exp \left( -\frac{x}{7,355} \right) - 3,90 \exp \left( -\frac{x}{17,300} \right) \right]$  |
| TCEV secondo livello:<br>Serie osservazioni 12<br>ORE | $F_x(x) = \exp \left[ -45,00 \exp \left( -\frac{x}{9,039} \right) - 3,90 \exp \left( -\frac{x}{21,261} \right) \right]$  |
| TCEV secondo livello:<br>Serie osservazioni 24<br>ORE | $F_x(x) = \exp \left[ -45,00 \exp \left( -\frac{x}{10,702} \right) - 3,90 \exp \left( -\frac{x}{25,171} \right) \right]$ |

## Espressioni delle Curve di crescita

|   |   |
|---|---|
| TCEV secondo livello:<br>Serie osservazioni 1<br>ORA  | $F_X(x) = \exp \left[ -45,000 (304,689)^{-x} - 3,895 (11,378)^{-x} \right]$ |
| TCEV secondo livello:<br>Serie osservazioni 3<br>ORE  | $F_X(x) = \exp \left[ -45,000 (304,689)^{-x} - 3,895 (11,378)^{-x} \right]$ |
| TCEV secondo livello:<br>Serie osservazioni 6<br>ORE  | $F_X(x) = \exp \left[ -45,000 (304,689)^{-x} - 3,895 (11,378)^{-x} \right]$ |
| TCEV secondo livello:<br>Serie osservazioni 12<br>ORE | $F_X(x) = \exp \left[ -45,000 (304,689)^{-x} - 3,895 (11,378)^{-x} \right]$ |
| TCEV secondo livello:<br>Serie osservazioni 24<br>ORE | $F_X(x) = \exp \left[ -45,000 (304,689)^{-x} - 3,895 (11,378)^{-x} \right]$ |

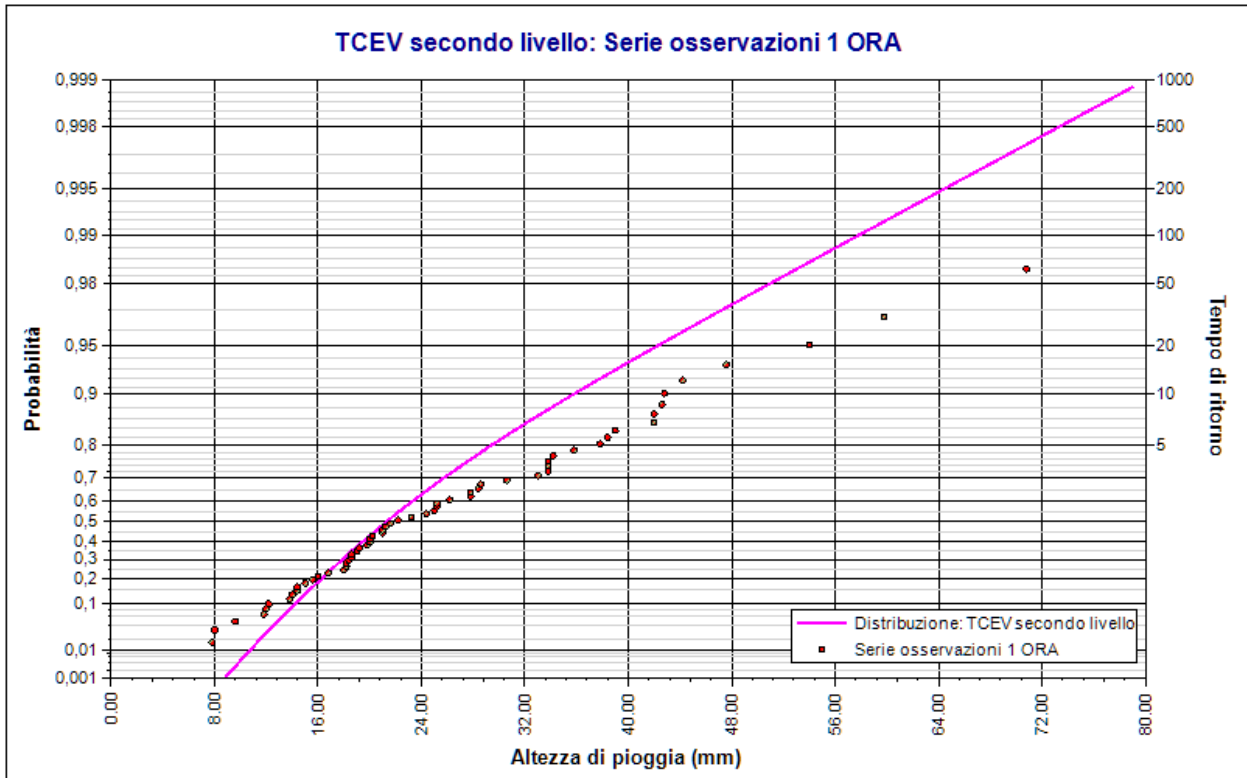
## Frattili distribuzioni probabilistiche

| Tempi di ritorno | Durate |        |        |        |        |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                  | 1 ora  | 3 ore  | 6 ore  | 12 ore | 24 ore |
| 2 anni           | 21.25  | 30.23  | 37.94  | 46.63  | 55.21  |
| 5 anni           | 29.40  | 41.82  | 52.49  | 64.51  | 76.38  |
| 10 anni          | 35.72  | 50.81  | 63.77  | 78.37  | 92.78  |
| 20 anni          | 42.26  | 60.11  | 75.45  | 92.72  | 109.77 |
| 50 anni          | 51.07  | 72.65  | 91.18  | 112.06 | 132.67 |
| 100 anni         | 57.78  | 82.20  | 103.17 | 126.79 | 150.10 |
| 200 anni         | 64.50  | 91.76  | 115.16 | 141.53 | 167.56 |
| 500 anni         | 73.38  | 104.39 | 131.02 | 161.02 | 190.64 |
| 1000 anni        | 80.10  | 113.95 | 143.02 | 175.76 | 208.09 |

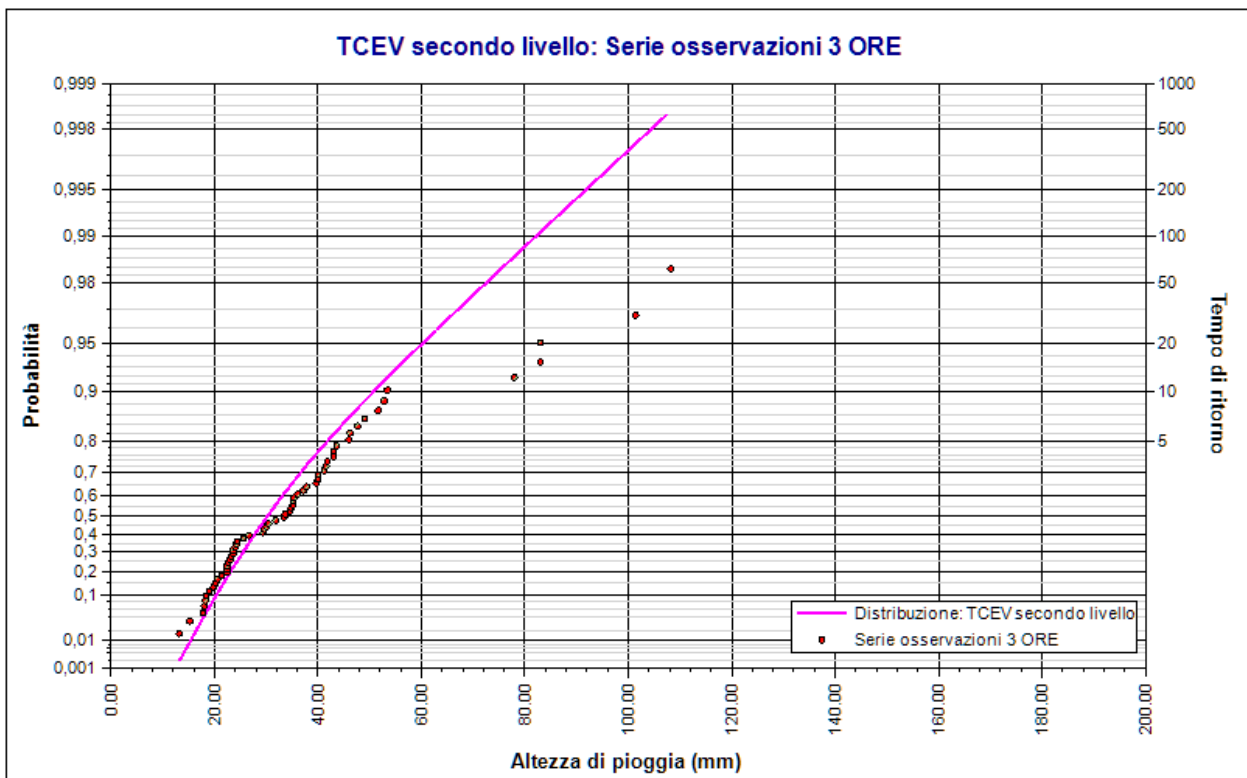
## Fattori di crescita

| Tempi di ritorno | Durate |       |       |        |        |
|------------------|--------|-------|-------|--------|--------|
|                  | 1 ora  | 3 ore | 6 ore | 12 ore | 24 ore |
| 2 anni           | 0.90   | 0.90  | 0.90  | 0.90   | 0.90   |
| 5 anni           | 1.25   | 1.25  | 1.25  | 1.25   | 1.25   |
| 10 anni          | 1.52   | 1.52  | 1.52  | 1.52   | 1.52   |
| 20 anni          | 1.79   | 1.79  | 1.79  | 1.79   | 1.79   |
| 50 anni          | 2.17   | 2.17  | 2.17  | 2.17   | 2.17   |
| 100 anni         | 2.45   | 2.45  | 2.45  | 2.45   | 2.45   |
| 200 anni         | 2.74   | 2.74  | 2.74  | 2.74   | 2.74   |
| 500 anni         | 3.11   | 3.11  | 3.11  | 3.11   | 3.11   |

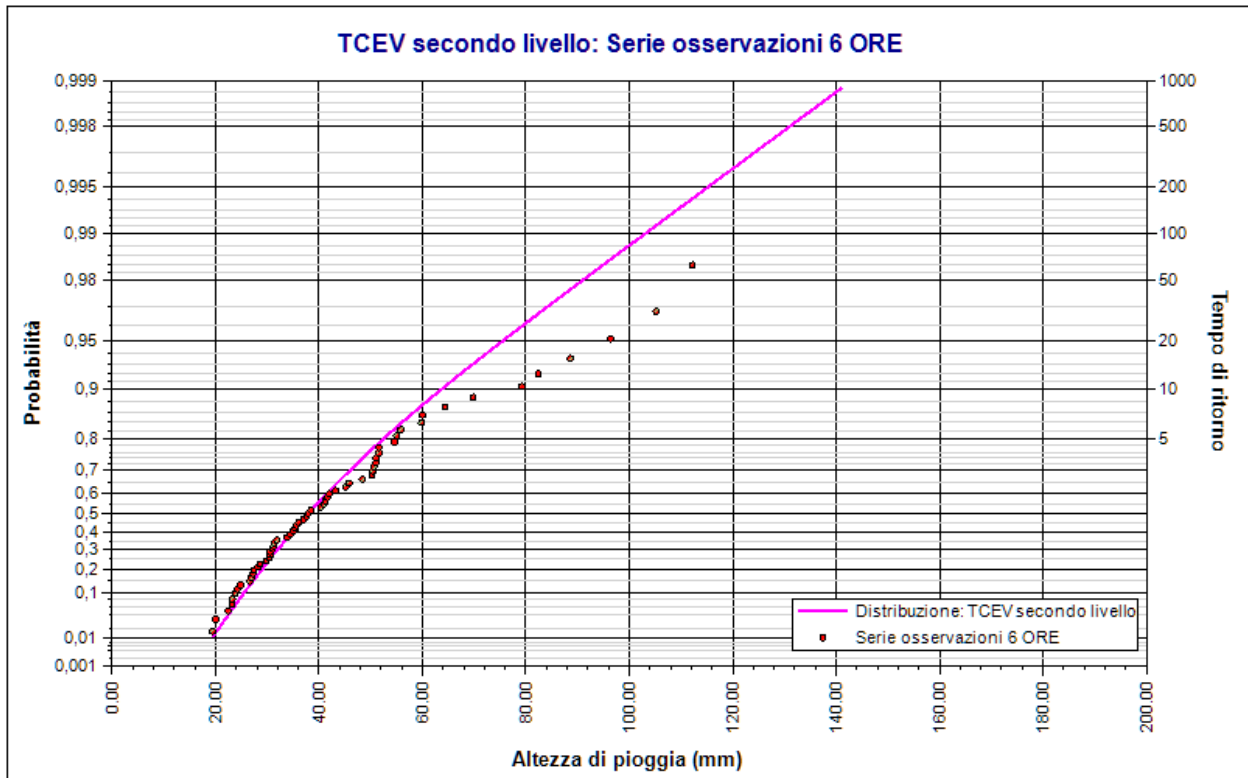
| Tempi di ritorno | Durate |       |       |        |        |
|------------------|--------|-------|-------|--------|--------|
|                  | 1 ora  | 3 ore | 6 ore | 12 ore | 24 ore |
| 1000 anni        | 3.40   | 3.40  | 3.40  | 3.40   | 3.40   |



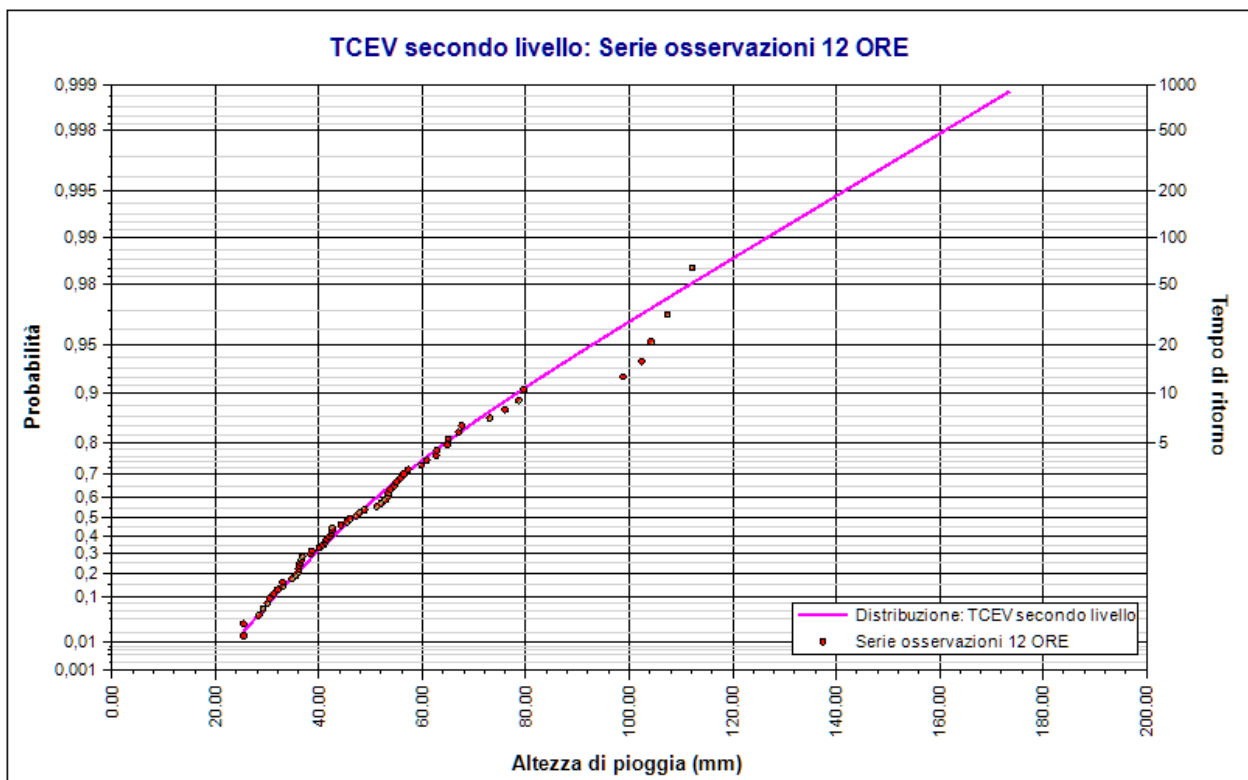
Elaborazione TCEV secondo livello 30 ANNI AM1. TCEV secondo livello: Serie osservazioni 1 ORA.  
Durata 1 ora



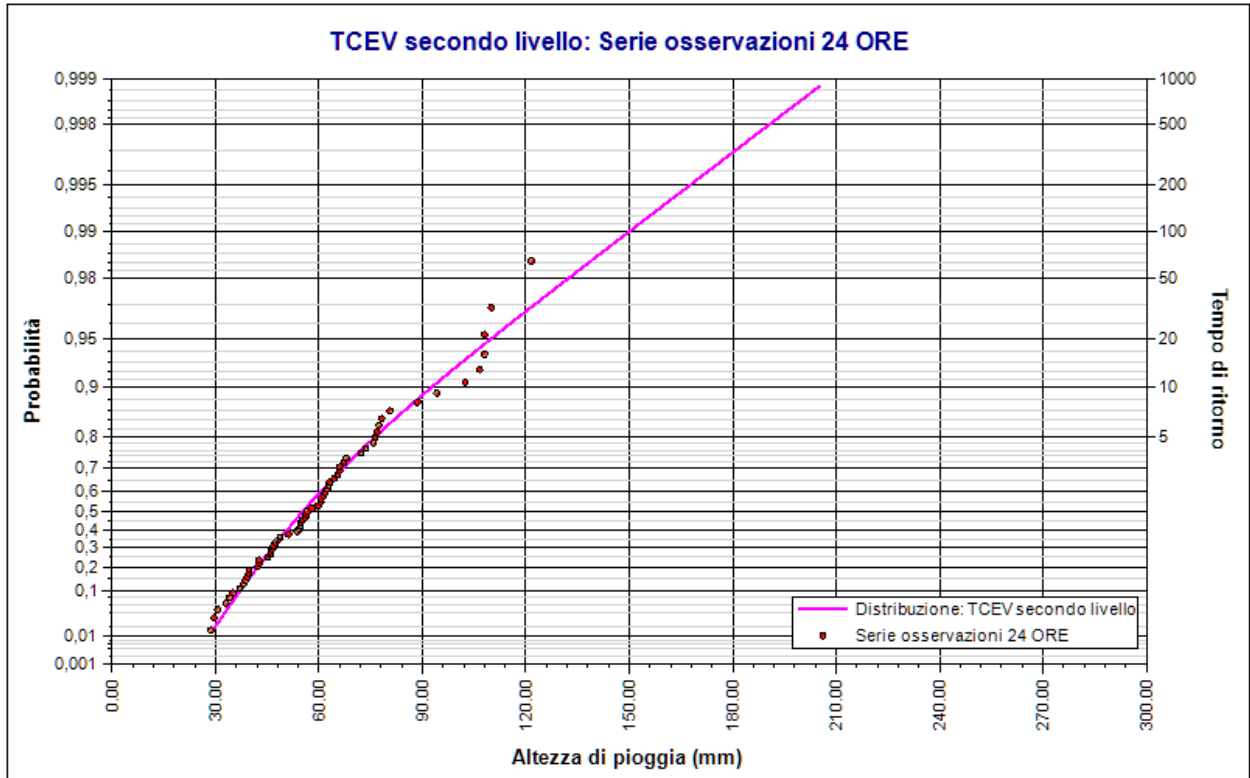
Elaborazione TCEV secondo livello 30 ANNI AM1. TCEV secondo livello: Serie osservazioni 3 ORE.  
Durata 3 ore



Elaborazione TCEV secondo livello 30 ANNI AM1. TCEV secondo livello: Serie osservazioni 6 ORE.  
Durata 6 ore



Elaborazione TCEV secondo livello 30 ANNI AM1. TCEV secondo livello: Serie osservazioni 12 ORE.  
Durata 12 ore



Elaborazione TCEV secondo livello 30 ANNI AM1. TCEV secondo livello: Serie osservazioni 24 ORE.  
Durata 24 ore

## Rapporto sulla curva di pioggia:

|  |
|--|
| <b>Curva pioggia calcolata 30 ANNI AM1</b> |
|--|

## Dati Curva di pioggia

Tipo: Curva di pioggia calcolata

Elaborazione probabilistica: Elaborazione TCEV secondo livello 30 ANNI AM1

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       | 46.143       |
| 2 | 3.000  | 180      | 65.641       |
| 3 | 6.000  | 360      | 82.386       |
| 4 | 12.000 | 720      | 101.249      |
| 5 | 24.000 | 1440     | 119.870      |

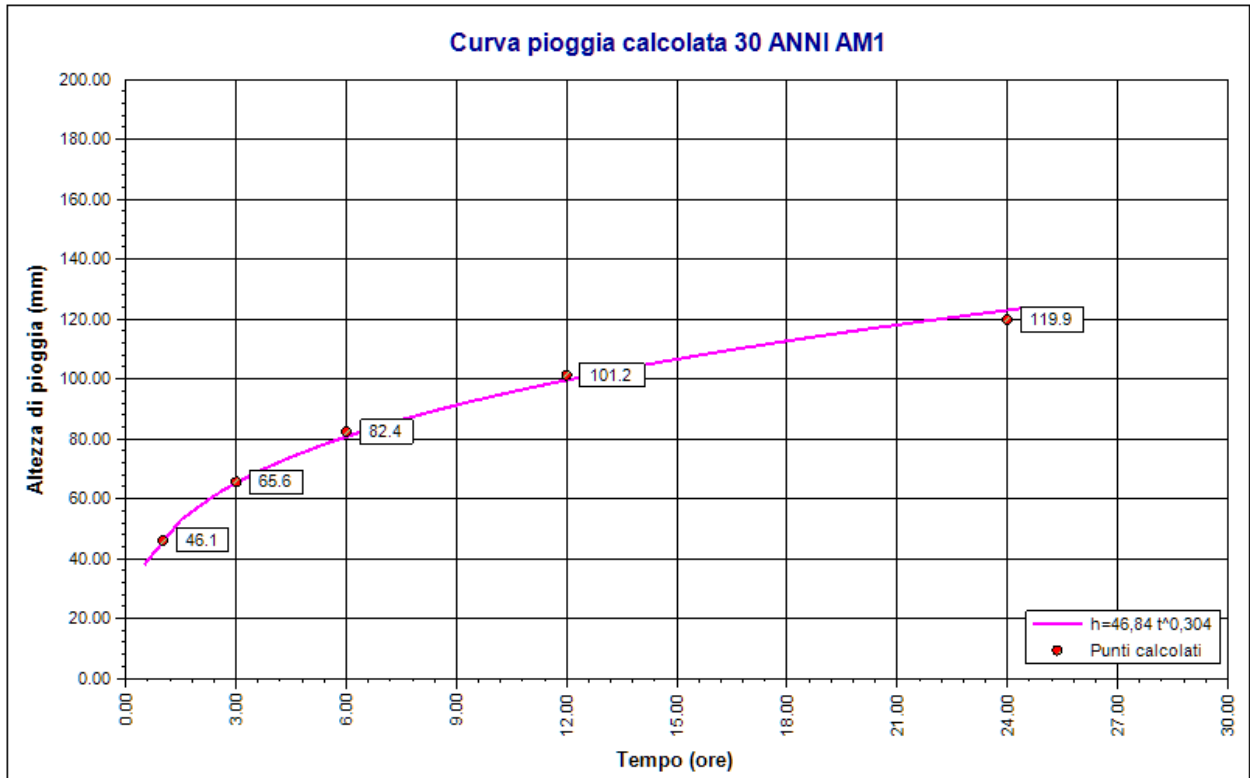
## Risultati interpolazione

| Coefficienti curva |      |                  | Espressione                               |
|--------------------|------|------------------|---|
| a                  | n    | correlazione (r) |   |
| 46.84              | 0.30 | 1.00             | <b><math>h(t) = 46,8 t^{0,304}</math></b> |

## Valori curva di pioggia

| t (ore) | h (mm) | t (ore) | h (mm)  | t (ore) | h (mm)  |
|---------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1       | 46.839 | 9       | 91.290  | 17      | 110.742 |
| 2       | 57.814 | 10      | 94.259  | 18      | 112.681 |
| 3       | 65.391 | 11      | 97.027  | 19      | 114.547 |
| 4       | 71.361 | 12      | 99.626  | 20      | 116.345 |
| 5       | 76.365 | 13      | 102.077 | 21      | 118.082 |
| 6       | 80.713 | 14      | 104.401 | 22      | 119.762 |
| 7       | 84.582 | 15      | 106.611 | 23      | 121.390 |
| 8       | 88.082 | 16      | 108.722 | 24      | 122.969 |





Curva pioggia calcolata 30 ANNI AM1

## Rapporto pluviogramma sintetico:

|                                      |
|--------------------------------------|
| <b>Pluviogramma sintetico 30 AM1</b> |
|--------------------------------------|

## Dati Pluviogramma

Tipo: Pluviogramma sintetico

Curva di pioggia: Curva pioggia calcolata 30 ANNI AM1

Durata: 2.000 ore

Altezza di pioggia complessiva: 57.814 mm

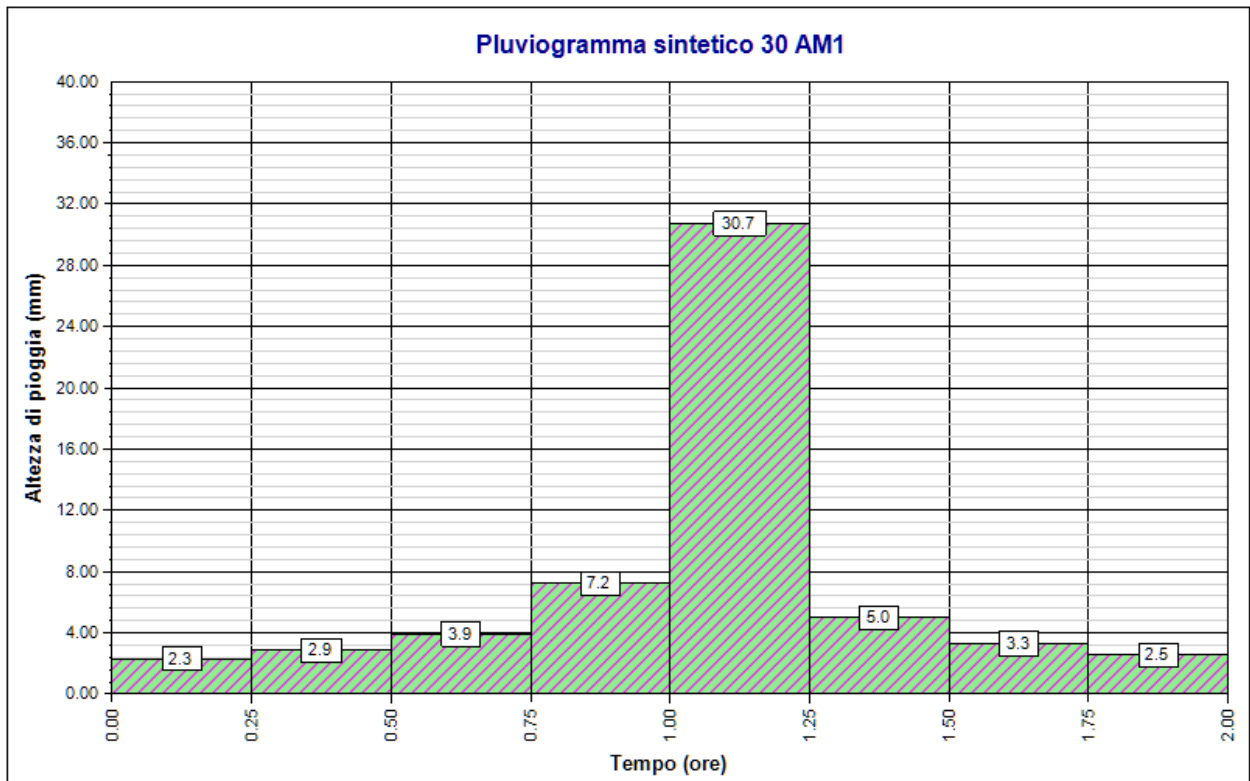
Intervallo di discretizzazione: 15

## Curva di pioggia

| Coefficienti curva |      | Espressione                               |
|--------------------|------|---|
| a                  | n    |   |
| 46.84              | 0.30 | <b><math>h(t) = 46,8 t^{0,304}</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                    | 0.250  | 0                           | 15     | 2.298        |
| 2 | 0.250                    | 0.500  | 15                          | 30     | 2.854        |
| 3 | 0.500                    | 0.750  | 30                          | 45     | 3.919        |
| 4 | 0.750                    | 1.000  | 45                          | 60     | 7.204        |
| 5 | 1.000                    | 1.250  | 60                          | 75     | 30.744       |
| 6 | 1.250                    | 1.500  | 75                          | 90     | 4.973        |
| 7 | 1.500                    | 1.750  | 90                          | 105    | 3.284        |
| 8 | 1.750                    | 2.000  | 105                         | 120    | 2.539        |



*Pluviogramma sintetico 30 AM1*

**Rapporto idrogramma:****Idrogramma SCS 30 AM1****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.

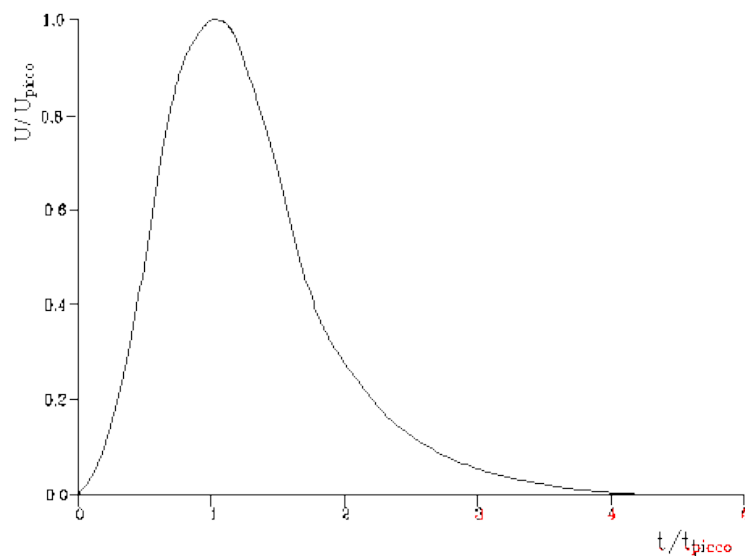
La trasformazione afflussi-deflussi quindi è ottenuta tramite l'idrogramma unitario SCS (1972) di seguito riportato, che richiede come unico parametro il tempo  $t_{LAG}$  (ore) pari al ritardo tra il baricentro del diagramma delle piogge nette e il picco dell'idrogramma unitario. Si può porre  $t_{LAG}=0,6 t_C$  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 30 AM1

**Superficie del bacino:** 0.9 kmq

**Tlag:** 0.370 ore

**Astrazione iniziale:** 3.0 mm

**Curve Number:** 75.0

**Intervallo di calcolo:** 5 minuti

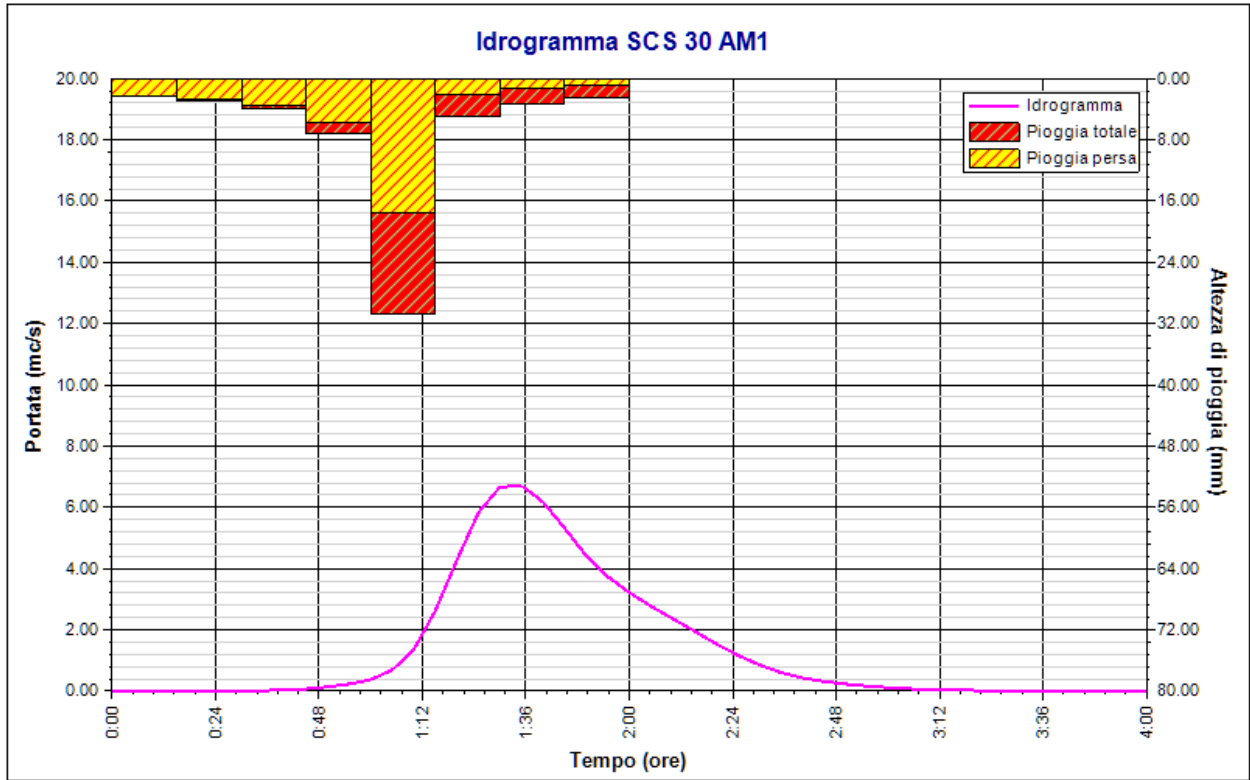
### Tabella idrogramma

| n  | Tempo |          | Afflusso (mm) | Pioggia persa (mm) | Pioggia netta (mm) | Portata (mc/s) |
|----|-------|----------|---------------|--------------------|--------------------|----------------|
|    | (ore) | (minuti) |               |                    |                    |                |
| 1  | 0.000 | 0        | 0.766         | 0.766              | 0.000              | 0.0            |
| 2  | 0.083 | 5        | 0.766         | 0.766              | 0.000              | 0.0            |
| 3  | 0.167 | 10       | 0.766         | 0.766              | 0.000              | 0.0            |
| 4  | 0.250 | 15       | 0.951         | 0.951              | 0.001              | 0.0            |
| 5  | 0.333 | 20       | 0.951         | 0.935              | 0.016              | 0.0            |
| 6  | 0.417 | 25       | 0.951         | 0.915              | 0.037              | 0.0            |
| 7  | 0.500 | 30       | 1.306         | 1.224              | 0.082              | 0.0            |
| 8  | 0.583 | 35       | 1.306         | 1.188              | 0.118              | 0.0            |
| 9  | 0.667 | 40       | 1.306         | 1.154              | 0.152              | 0.0            |
| 10 | 0.750 | 45       | 2.401         | 2.037              | 0.364              | 0.1            |
| 11 | 0.833 | 50       | 2.401         | 1.934              | 0.467              | 0.1            |
| 12 | 0.917 | 55       | 2.401         | 1.840              | 0.562              | 0.2            |
| 13 | 1.000 | 60       | 10.248        | 6.933              | 3.315              | 0.4            |
| 14 | 1.083 | 65       | 10.248        | 5.733              | 4.515              | 0.7            |
| 15 | 1.167 | 70       | 10.248        | 4.820              | 5.428              | 1.4            |
| 16 | 1.250 | 75       | 1.658         | 0.708              | 0.949              | 2.6            |
| 17 | 1.333 | 80       | 1.658         | 0.691              | 0.967              | 4.3            |
| 18 | 1.417 | 85       | 1.658         | 0.674              | 0.984              | 5.8            |
| 19 | 1.500 | 90       | 1.095         | 0.436              | 0.659              | 6.7            |
| 20 | 1.583 | 95       | 1.095         | 0.429              | 0.666              | 6.7            |
| 21 | 1.667 | 100      | 1.095         | 0.422              | 0.673              | 6.2            |
| 22 | 1.750 | 105      | 0.846         | 0.322              | 0.525              | 5.3            |
| 23 | 1.833 | 110      | 0.846         | 0.318              | 0.529              | 4.4            |
| 24 | 1.917 | 115      | 0.846         | 0.314              | 0.533              | 3.7            |
| 25 | 2.000 | 120      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 3.2            |
| 26 | 2.083 | 125      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 2.8            |
| 27 | 2.167 | 130      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 2.4            |
| 28 | 2.250 | 135      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 2.0            |
| 29 | 2.333 | 140      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 1.6            |
| 30 | 2.417 | 145      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 1.2            |
| 31 | 2.500 | 150      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.9            |
| 32 | 2.583 | 155      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.6            |
| 33 | 2.667 | 160      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.4            |

| 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              | 0.3            |
| 35 | 2.833 | 170      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.2            |
| 36 | 2.917 | 175      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.2            |
| 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              | 0.1            |
| 40 | 3.250 | 195      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.0            |
| 41 | 3.333 | 200      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.0            |
| 42 | 3.417 | 205      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.0            |
| 43 | 3.500 | 210      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.0            |
| 44 | 3.583 | 215      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.0            |
| 45 | 3.667 | 220      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.0            |
| 46 | 3.750 | 225      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.0            |
| 47 | 3.833 | 230      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.0            |
| 48 | 3.917 | 235      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.0            |
| 49 | 4.000 | 240      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.0            |

### Tabella risultati

| Parametro            | Valore | U.M.      |
|----------------------|--------|-----------|
| Portata massima      | 6.7    | mc/s      |
| Istante picco        | 1.583  | ore       |
| Istante picco        | 95.0   | minuti    |
| Durata totale evento | 4.000  | ore       |
| Volume afflusso      | 52     | mc x 1000 |
| Volume deflusso      | 19     | mc x 1000 |
| Altezza afflusso     | 57.814 | mm        |
| Altezza deflusso     | 21.562 | mm        |
| Coeff. deflusso      | 0.37   | -         |
| Coeff. udometrico    | 7.45   | mc/s/kmq  |



Idrogramma SCS 30 AM1



## Rapporto sulla stazione di misura:

|                                  |
|----------------------------------|
| <b>Stazione di misura LESINA</b> |
|----------------------------------|

**Dati Stazione**

**Codice:** 16057  
**Bacino:** APRICENA AM1  
**Comune:** LESINA  
**Quota:** 5.0 m s.l.m.  
**Latitudine:** 41,8630555555556  
**Longtudine:** 15,3538888888889

**Dati Serie**

**Serie presenti:** 5  
**Durate presenti:** 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore  
**Minima dimensione serie:** 60  
**Massima dimensione serie:** 63

| <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>Descrizione</b>      |                           |

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

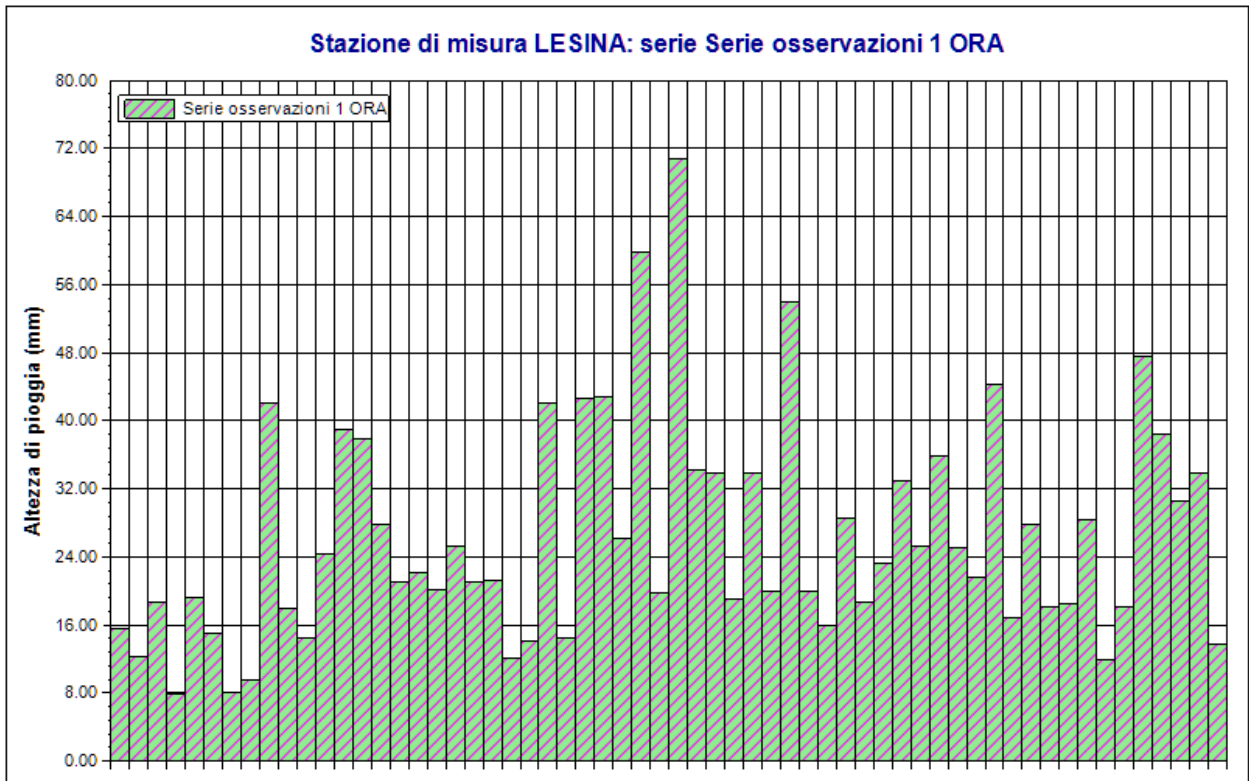
**Serie osservazioni**

| n  | Durate |       |       |        |        |
|----|--------|-------|-------|--------|--------|
|    | 1 ora  | 3 ore | 6 ore | 12 ore | 24 ore |
| 1  | 15.6   | 18.2  | 33.8  | 56.4   | 80.6   |
| 2  | 12.2   | 22.4  | 31.8  | 44.2   | 46.0   |
| 3  | 18.6   | 23.2  | 31.0  | 41.2   | 46.6   |
| 4  | 7.8    | 17.8  | 29.8  | 36.0   | 38.0   |
| 5  | 19.2   | 23.6  | 41.6  | 53.4   | 54.6   |
| 6  | 15.0   | 21.4  | 26.6  | 48.8   | 75.8   |
| 7  | 8.0    | 13.2  | 23.2  | 32.0   | 35.0   |
| 8  | 9.6    | 15.2  | 24.2  | 36.2   | 39.2   |
| 9  | 42.0   | 51.6  | 51.6  | 53.4   | 53.6   |
| 10 | 18.0   | 46.0  | 50.6  | 55.8   | 59.8   |
| 11 | 14.4   | 18.0  | 20.0  | 25.4   | 28.6   |
| 12 | 24.4   | 33.4  | 41.2  | 53.8   | 60.6   |
| 13 | 39.0   | 41.2  | 51.6  | 65.0   | 76.8   |
| 14 | 37.8   | 46.2  | 50.2  | 64.8   | 66.0   |
| 15 | 27.8   | 41.6  | 45.2  | 57.2   | 63.0   |
| 16 | 21.0   | 26.6  | 28.6  | 35.6   | 47.5   |
| 17 | 22.2   | 34.6  | 35.6  | 40.8   | 55.0   |
| 18 | 20.2   | 20.2  | 24.8  | 33.0   | 42.6   |
| 19 | 25.2   | 25.6  | 35.0  | 47.8   | 62.8   |
| 20 | 21.0   | 40.0  | 60.0  | 67.6   | 68.0   |
| 21 | 21.2   | 24.4  | 31.2  | 41.4   | 60.5   |
| 22 | 12.0   | 22.4  | 30.6  | 36.8   | 39.8   |
| 23 | 14.0   | 18.4  | 19.4  | 25.4   | 29.6   |
| 24 | 42.0   | 53.4  | 55.0  | 73.0   | 73.6   |
| 25 | 14.4   | 20.6  | 23.2  | 30.0   | 34.0   |
| 26 | 42.6   | 78.0  | 79.2  | 79.6   | 88.6   |
| 27 | 42.8   | 43.6  | 69.8  | 78.6   | 110.0  |
| 28 | 26.2   | 40.0  | 51.0  | 51.2   | 51.2   |
| 29 | 59.8   | 83.0  | 96.4  | 102.4  | 102.4  |
| 30 | 19.8   | 22.4  | 30.4  | 33.0   | 56.6   |
| 31 | 70.8   | 101.4 | 105.2 | 31.2   | 38.6   |
| 32 | 34.2   | 49.0  | 82.4  | 107.4  | 108.0  |
| 33 | 33.8   | 43.0  | 51.0  | 104.2  | 108.0  |
| 34 | 19.0   | 24.2  | 30.6  | 52.8   | 58.0   |

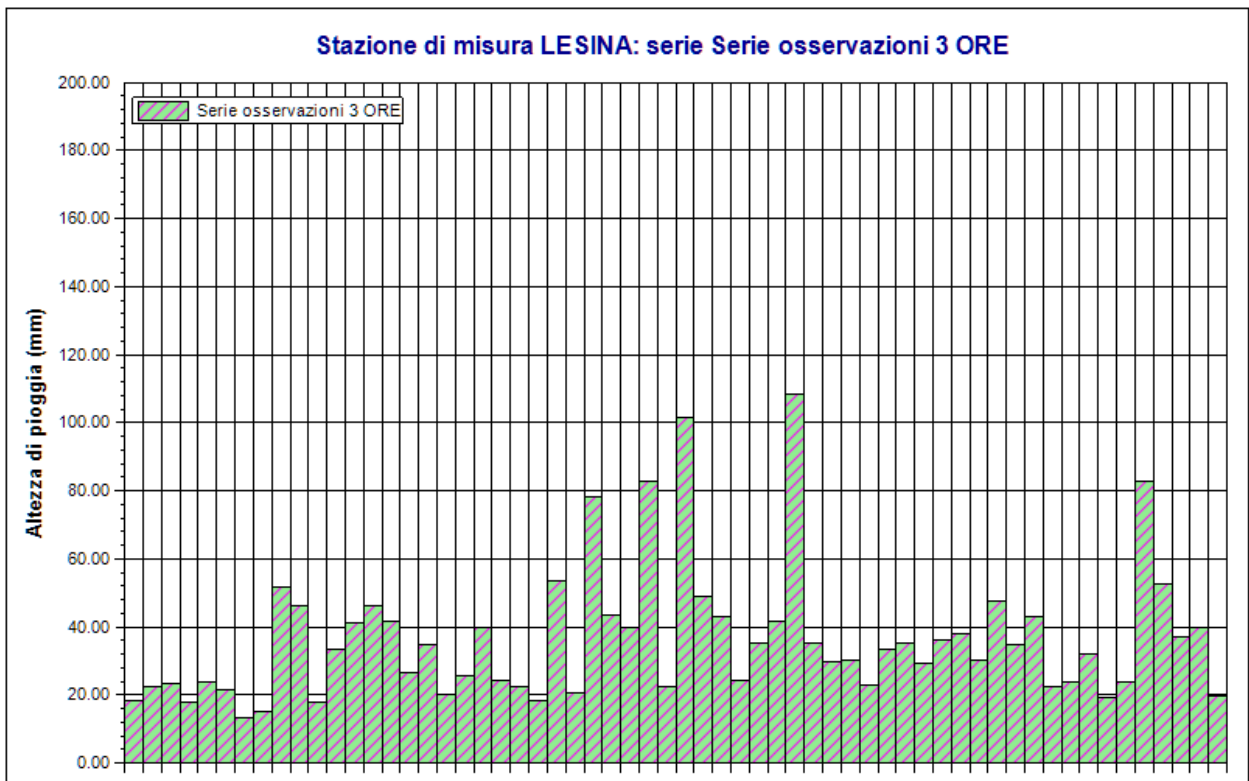
| n  | Durate |       |       |        |        |
|----|--------|-------|-------|--------|--------|
|    | 1 ora  | 3 ore | 6 ore | 12 ore | 24 ore |
| 35 | 33.8   | 35.2  | 54.6  | 36.4   | 46.8   |
| 36 | 20.0   | 41.8  | 45.8  | 54.6   | 54.6   |
| 37 | 54.0   | 108.2 | 112.2 | 46.0   | 46.0   |
| 38 | 20.0   | 35.2  | 36.0  | 112.2  | 121.6  |
| 39 | 16.0   | 29.6  | 37.6  | 36.0   | 37.0   |
| 40 | 28.6   | 30.0  | 41.0  | 55.0   | 77.4   |
| 41 | 18.6   | 23.0  | 31.4  | 59.8   | 62.4   |
| 42 | 23.2   | 33.6  | 40.4  | 38.6   | 48.8   |
| 43 | 33.0   | 35.4  | 35.4  | 47.2   | 65.4   |
| 44 | 25.2   | 29.4  | 38.0  | 45.4   | 54.2   |
| 45 | 35.8   | 36.0  | 37.0  | 38.4   | 48.2   |
| 46 | 25.0   | 37.8  | 50.4  | 42.6   | 61.2   |
| 47 | 21.6   | 30.4  | 42.0  | 60.8   | 66.0   |
| 48 | 44.2   | 47.6  | 28.2  | 42.6   | 42.6   |
| 49 | 16.8   | 34.8  | 48.4  | 36.6   | 42.2   |
| 50 | 27.8   | 43.0  | 43.2  | 52.0   | 76.2   |
| 51 | 18.2   | 22.6  | 59.8  | 62.8   | 64.4   |
| 52 | 18.4   | 24.0  | 27.4  | 62.6   | 67.2   |
| 53 | 28.4   | 31.8  | 26.9  | 28.4   | 78.2   |
| 54 | 11.8   | 19.0  | 34.4  | 30.4   | 39.6   |
| 55 | 18.2   | 23.6  | 22.4  | 42.0   | 33.0   |
| 56 | 47.6   | 83.0  | 27.2  | 29.2   | 56.0   |
| 57 | 38.4   | 52.8  | 88.6  | 40.0   | 30.6   |
| 58 | 30.6   | 37.2  | 55.8  | 98.8   | 56.2   |
| 59 | 33.8   | 39.6  | 38.4  | 76.0   | 106.6  |
| 60 | 13.8   | 19.8  | 64.4  | 42.4   | 94.2   |
| 61 | -      | -     | 23.8  | 67.0   | 61.8   |
| 62 | -      | -     | -     | 34.8   | 72.2   |
| 63 | -      | -     | -     | -      | 45.2   |

### Dati Statistici

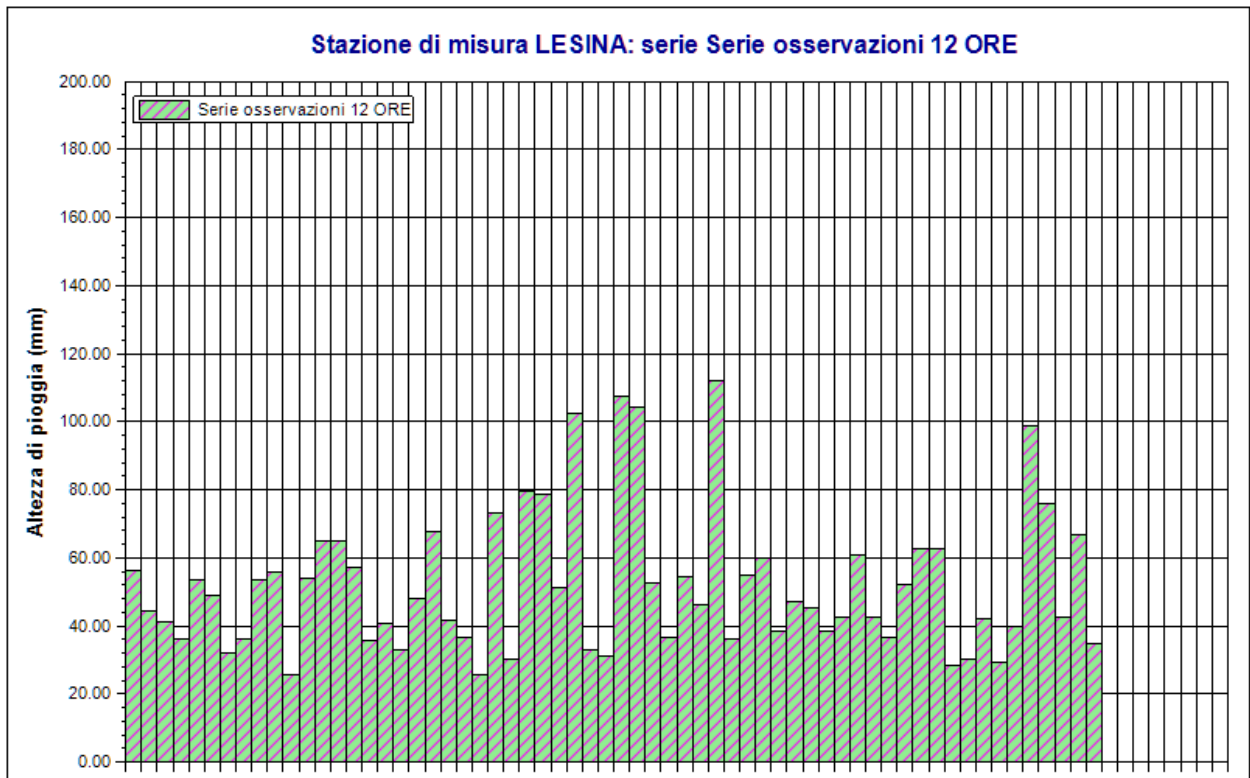
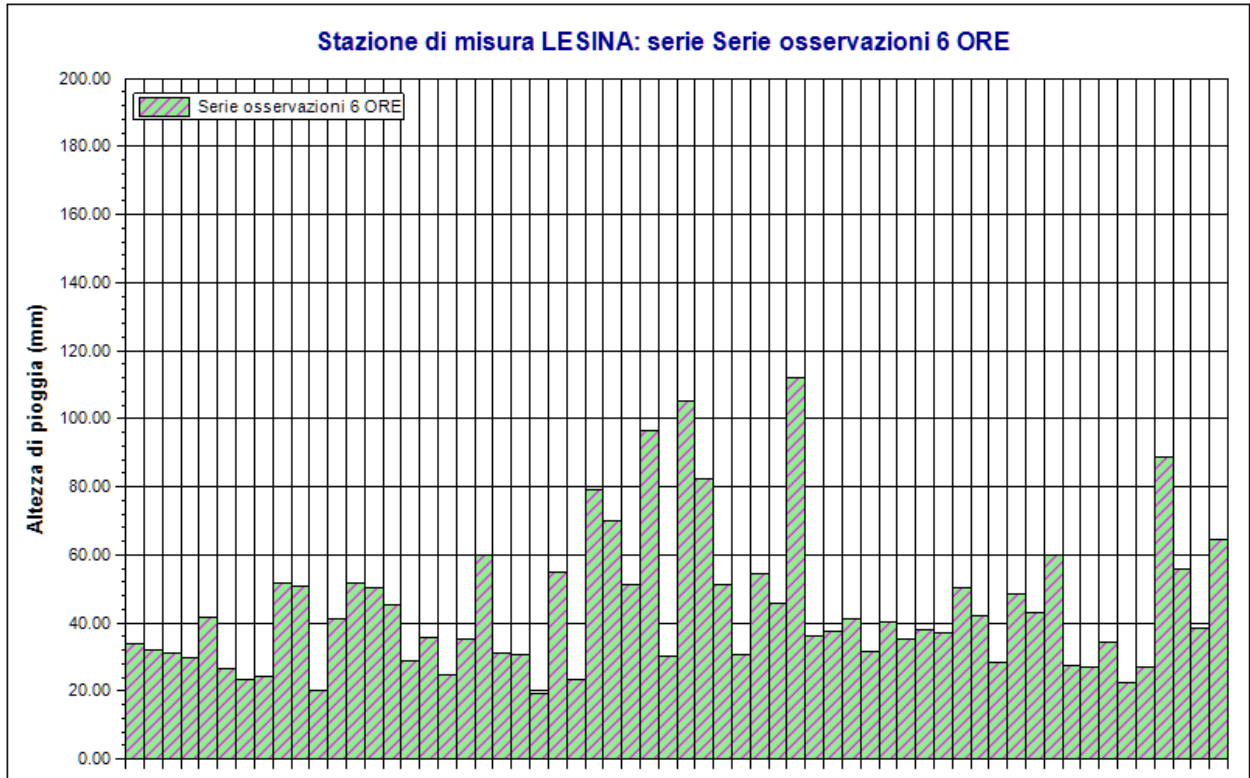
| Parametro           | Durate |        |        |        |        |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                     | 1 ora  | 3 ore  | 6 ore  | 12 ore | 24 ore |
| Dimensione campione | 60     | 60     | 61     | 62     | 63     |
| Somma dei dati      | 1574.4 | 2188.2 | 2682.5 | 3214.0 | 3814.8 |
| Valore minimo       | 7.8    | 13.2   | 19.4   | 25.4   | 28.6   |
| Valore massimo      | 70.8   | 108.2  | 112.2  | 112.2  | 121.6  |
| Valore medio        | 26.24  | 36.47  | 43.98  | 51.84  | 60.55  |
| Dev. standard       | 12.95  | 19.72  | 20.64  | 20.78  | 21.78  |
| Coeff. variazione   | 0.494  | 0.541  | 0.469  | 0.401  | 0.360  |
| Coeff. asimmetria   | 1.178  | 1.913  | 1.550  | 1.303  | 0.933  |

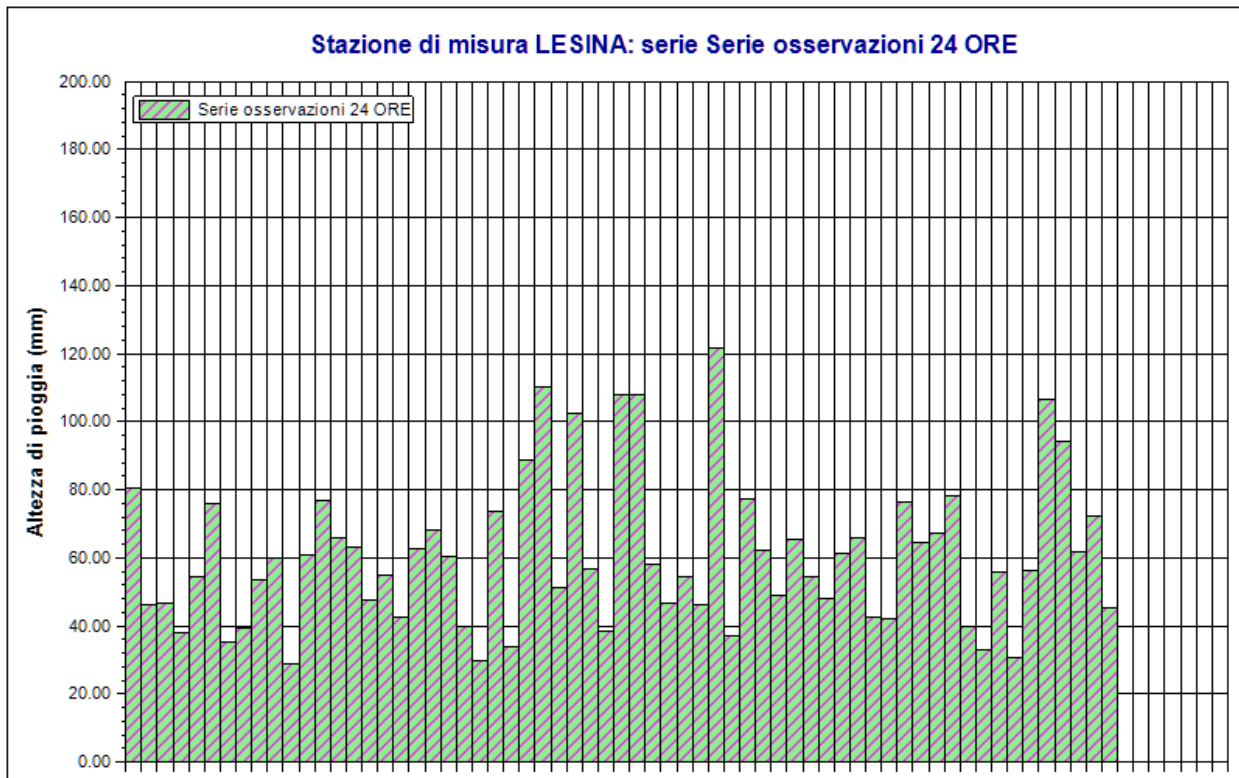


Stazione di misura LESINA. Serie osservazioni 1 ORA. Durata 1 ora



Stazione di misura LESINA. Serie osservazioni 3 ORE. Durata 3 ore





Stazione di misura LESINA. Serie osservazioni 24 ORE. Durata 24 ore

## Rapporto sull'elaborazione probabilistica:

**Elaborazione TCEV secondo livello 200 ANNI AM1****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

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

si ottiene

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

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

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

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

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:** Stazione di misura LESINA

**Distribuzione probabilistica:** TCEV secondo livello

**Metodo di stima dei parametri:** Massima verosimiglianza

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

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

### Stima parametri

| Parametro                  | Durate  |   |   |   |   |
|----------------------------|---|---|---|---|---|
|                            | 1 ora   | 3 ore   | 6 ore   | 12 ore  | 24 ore  |
| Dimensione campione        | 60  | 60  | 61  | 62  | 63  |
| Valore medio               | 26.24   | 36.47   | 43.98   | 51.84   | 60.55   |
| Dev. standard              | 12.95   | 19.72   | 20.64   | 20.78   | 21.78   |
| <b>Parametri regionali</b> |   |   |   |   |   |
| Descrizione                | Parametri zona: Puglia - Sottozona: Unica - Durata: Unica | Parametri zona: Puglia - Sottozona: Unica - Durata: Unica | Parametri zona: Puglia - Sottozona: Unica - Durata: Unica | Parametri zona: Puglia - Sottozona: Unica - Durata: Unica | Parametri zona: Puglia - Sottozona: Unica - Durata: Unica |
| Lambda*                    | 0.77200   | 0.77200   | 0.77200   | 0.77200   | 0.77200   |
| Teta*                      | 2.35200   | 2.35200   | 2.35200   | 2.35200   | 2.35200   |
| Lambda 1                   | 45.00000  | 45.00000  | 45.00000  | 45.00000  | 45.00000  |
| <b>Parametri stimati</b>   |   |   |   |   |   |
| Teta 1                     | 4.11958   | 5.86031   | 7.35530   | 9.03933   | 10.70181  |
| Lambda 2                   | 3.89506   | 3.89506   | 3.89506   | 3.89506   | 3.89506   |
| Teta 2                     | 9.68924   | 13.78344  | 17.29967  | 21.26051  | 25.17065  |

### Espressioni delle CDF della distribuzione

|   |  |
|---|--|
| TCEV secondo livello:<br>Serie osservazioni 1<br>ORA  | $F_x(x) = \exp \left[ -45,00 \exp \left( -\frac{x}{4,120} \right) - 3,90 \exp \left( -\frac{x}{9,689} \right) \right]$   |
| TCEV secondo livello:<br>Serie osservazioni 3<br>ORE  | $F_x(x) = \exp \left[ -45,00 \exp \left( -\frac{x}{5,860} \right) - 3,90 \exp \left( -\frac{x}{13,783} \right) \right]$  |
| TCEV secondo livello:<br>Serie osservazioni 6<br>ORE  | $F_x(x) = \exp \left[ -45,00 \exp \left( -\frac{x}{7,355} \right) - 3,90 \exp \left( -\frac{x}{17,300} \right) \right]$  |
| TCEV secondo livello:<br>Serie osservazioni 12<br>ORE | $F_x(x) = \exp \left[ -45,00 \exp \left( -\frac{x}{9,039} \right) - 3,90 \exp \left( -\frac{x}{21,261} \right) \right]$  |
| TCEV secondo livello:<br>Serie osservazioni 24<br>ORE | $F_x(x) = \exp \left[ -45,00 \exp \left( -\frac{x}{10,702} \right) - 3,90 \exp \left( -\frac{x}{25,171} \right) \right]$ |

## Espressioni delle Curve di crescita

|   |   |
|---|---|
| TCEV secondo livello:<br>Serie osservazioni 1<br>ORA  | $F_X(x) = \exp \left[ -45,000 (304,689)^{-x} - 3,895 (11,378)^{-x} \right]$ |
| TCEV secondo livello:<br>Serie osservazioni 3<br>ORE  | $F_X(x) = \exp \left[ -45,000 (304,689)^{-x} - 3,895 (11,378)^{-x} \right]$ |
| TCEV secondo livello:<br>Serie osservazioni 6<br>ORE  | $F_X(x) = \exp \left[ -45,000 (304,689)^{-x} - 3,895 (11,378)^{-x} \right]$ |
| TCEV secondo livello:<br>Serie osservazioni 12<br>ORE | $F_X(x) = \exp \left[ -45,000 (304,689)^{-x} - 3,895 (11,378)^{-x} \right]$ |
| TCEV secondo livello:<br>Serie osservazioni 24<br>ORE | $F_X(x) = \exp \left[ -45,000 (304,689)^{-x} - 3,895 (11,378)^{-x} \right]$ |

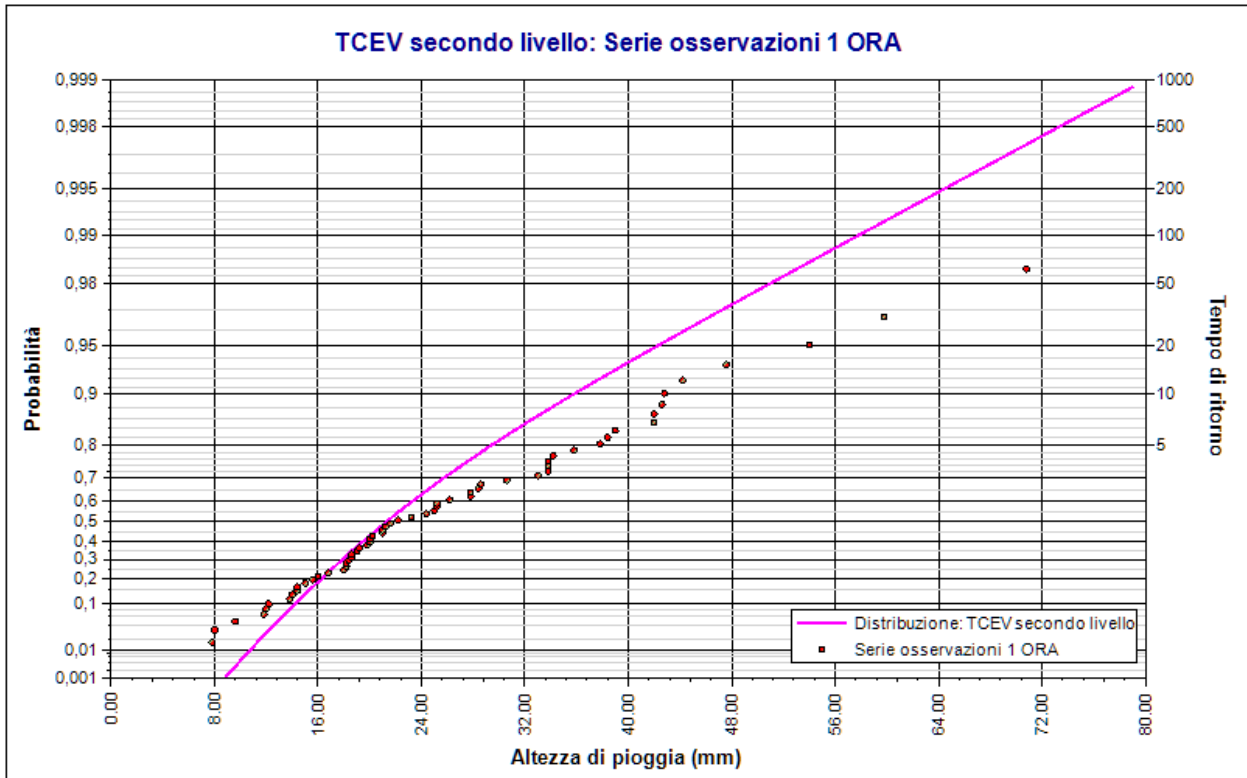
## Frattili distribuzioni probabilistiche

| Tempi di ritorno | Durate |        |        |        |        |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                  | 1 ora  | 3 ore  | 6 ore  | 12 ore | 24 ore |
| 2 anni           | 21.25  | 30.23  | 37.94  | 46.63  | 55.21  |
| 5 anni           | 29.40  | 41.82  | 52.49  | 64.51  | 76.38  |
| 10 anni          | 35.72  | 50.81  | 63.77  | 78.37  | 92.78  |
| 20 anni          | 42.26  | 60.11  | 75.45  | 92.72  | 109.77 |
| 50 anni          | 51.07  | 72.65  | 91.18  | 112.06 | 132.67 |
| 100 anni         | 57.78  | 82.20  | 103.17 | 126.79 | 150.10 |
| 200 anni         | 64.50  | 91.76  | 115.16 | 141.53 | 167.56 |
| 500 anni         | 73.38  | 104.39 | 131.02 | 161.02 | 190.64 |
| 1000 anni        | 80.10  | 113.95 | 143.02 | 175.76 | 208.09 |

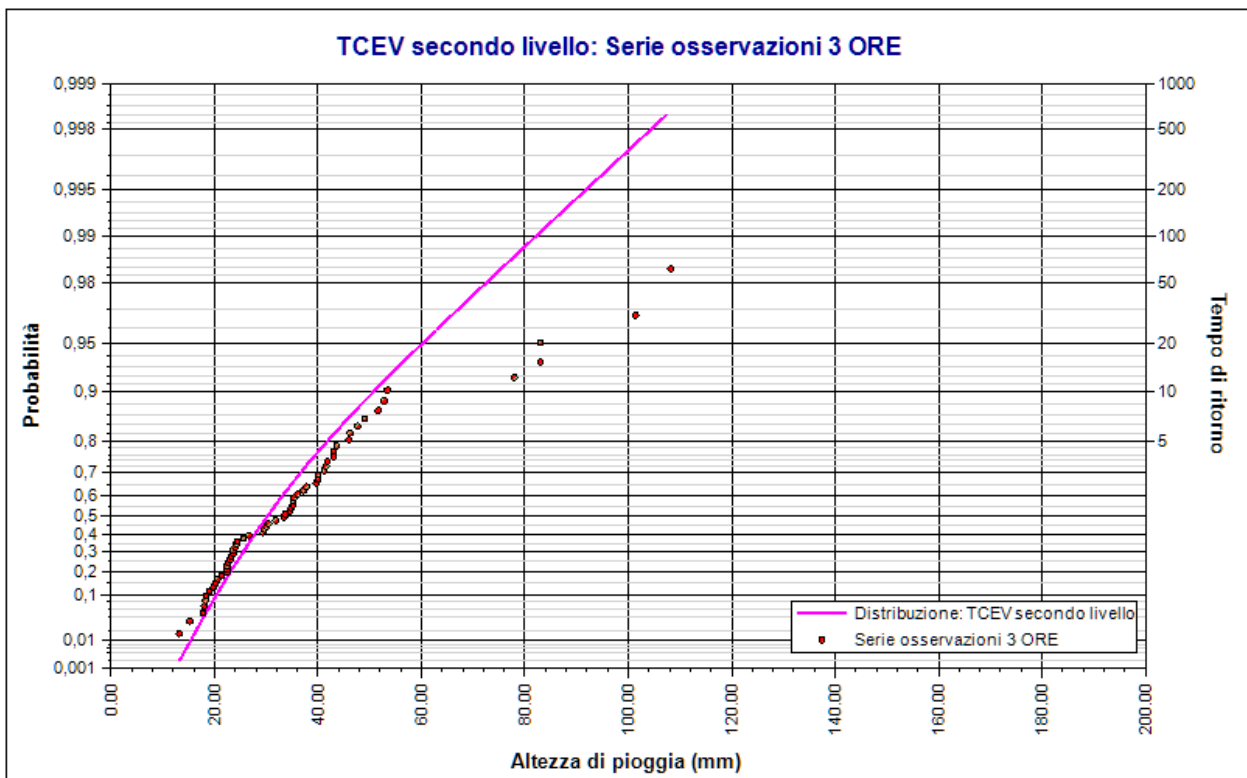
## Fattori di crescita

| Tempi di ritorno | Durate |       |       |        |        |
|------------------|--------|-------|-------|--------|--------|
|                  | 1 ora  | 3 ore | 6 ore | 12 ore | 24 ore |
| 2 anni           | 0.90   | 0.90  | 0.90  | 0.90   | 0.90   |
| 5 anni           | 1.25   | 1.25  | 1.25  | 1.25   | 1.25   |
| 10 anni          | 1.52   | 1.52  | 1.52  | 1.52   | 1.52   |
| 20 anni          | 1.79   | 1.79  | 1.79  | 1.79   | 1.79   |
| 50 anni          | 2.17   | 2.17  | 2.17  | 2.17   | 2.17   |
| 100 anni         | 2.45   | 2.45  | 2.45  | 2.45   | 2.45   |
| 200 anni         | 2.74   | 2.74  | 2.74  | 2.74   | 2.74   |
| 500 anni         | 3.11   | 3.11  | 3.11  | 3.11   | 3.11   |

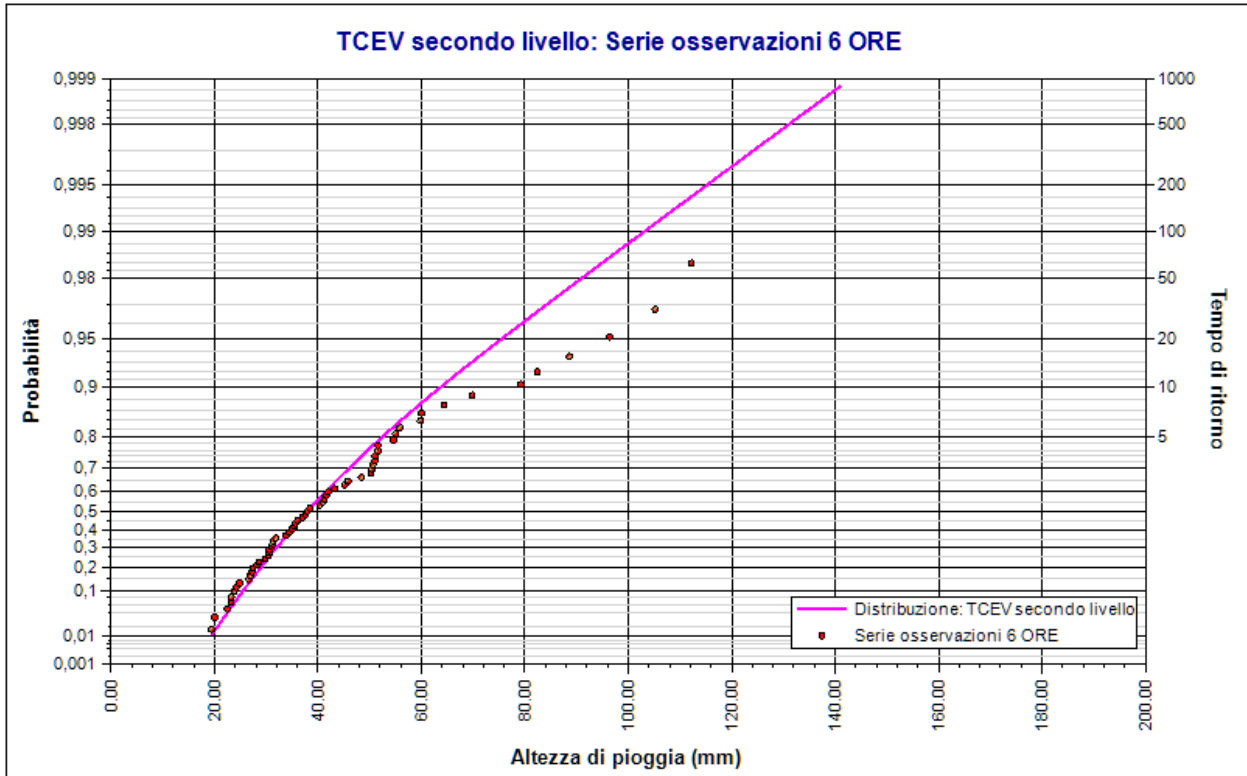
| Tempi di ritorno | Durate |       |       |        |        |
|------------------|--------|-------|-------|--------|--------|
|                  | 1 ora  | 3 ore | 6 ore | 12 ore | 24 ore |
| 1000 anni        | 3.40   | 3.40  | 3.40  | 3.40   | 3.40   |



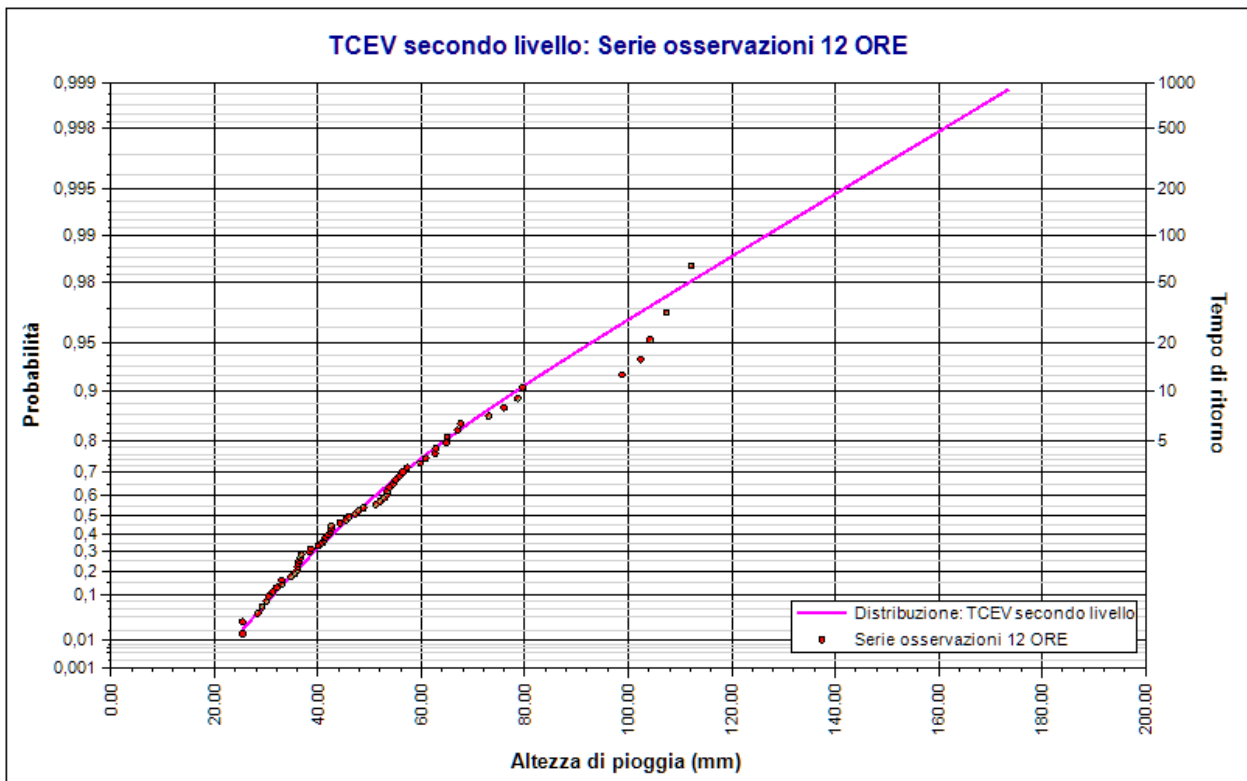
Elaborazione TCEV secondo livello 200 ANNI AM1. TCEV secondo livello: Serie osservazioni 1 ORA. Durata 1 ora



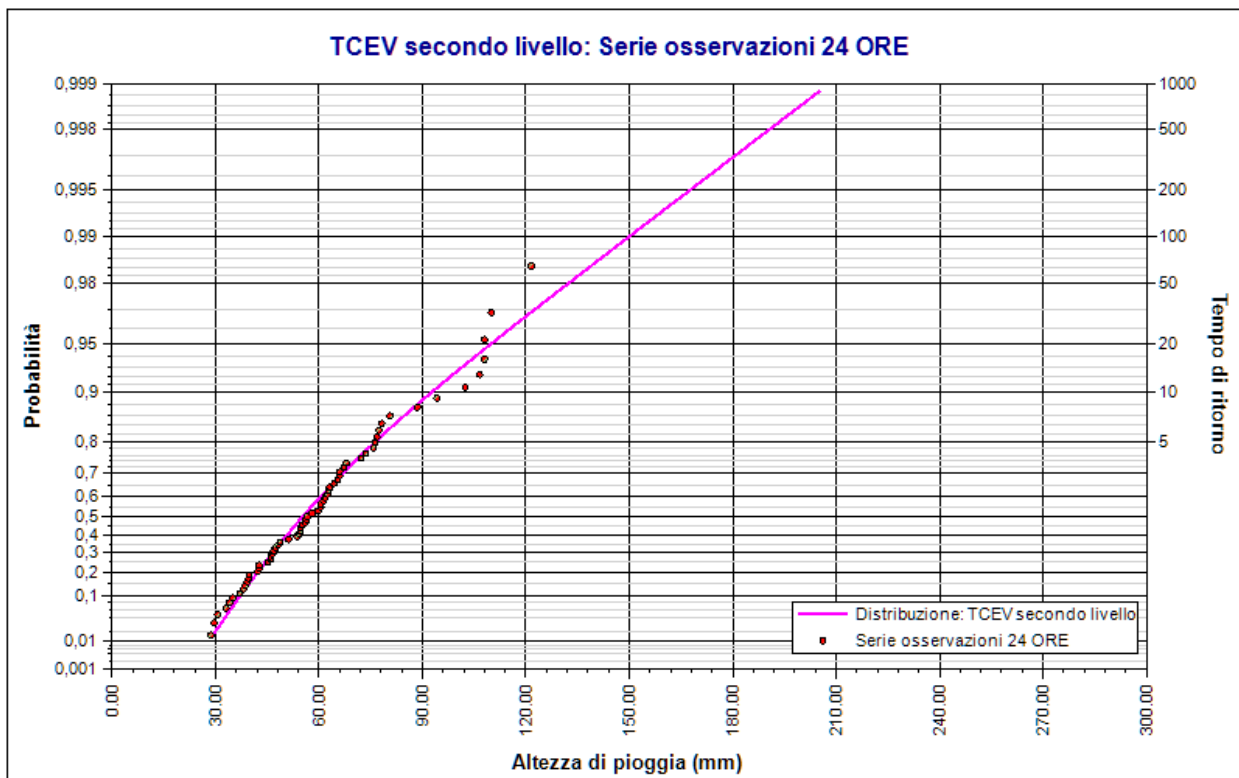
Elaborazione TCEV secondo livello 200 ANNI AM1. TCEV secondo livello: Serie osservazioni 3 ORE.  
Durata 3 ore



Elaborazione TCEV secondo livello 200 ANNI AM1. TCEV secondo livello: Serie osservazioni 6 ORE.  
Durata 6 ore



Elaborazione TCEV secondo livello 200 ANNI AM1. TCEV secondo livello: Serie osservazioni 12 ORE.  
Durata 12 ore



Elaborazione TCEV secondo livello 200 ANNI AM1. TCEV secondo livello: Serie osservazioni 24 ORE. Durata 24 ore

## Rapporto sulla curva di pioggia:

|   |
|---|
| <b>Curva pioggia calcolata 200 ANNI AM1</b> |
|---|

## Dati Curva di pioggia

Tipo: Curva di pioggia calcolata

Elaborazione probabilistica: Elaborazione TCEV secondo livello 200 ANNI AM1

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

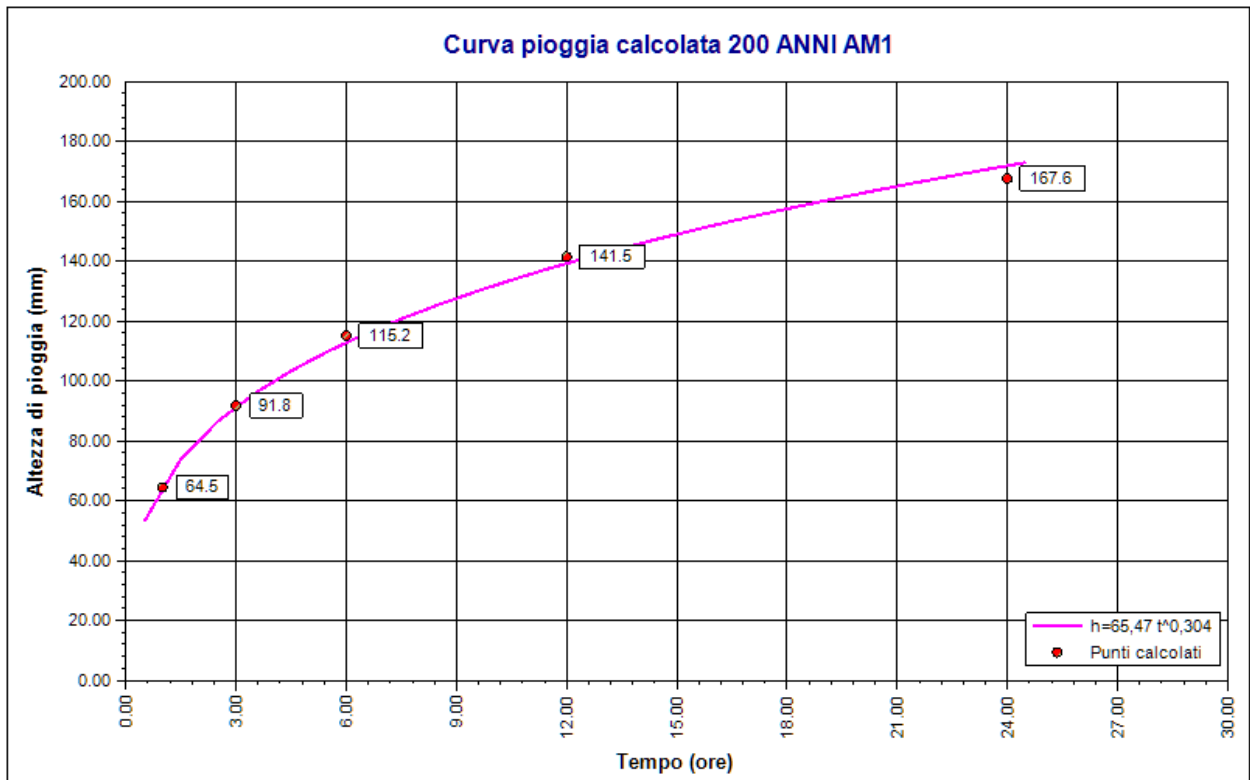
| n | Durata |          | Altezza (mm) |
|---|--------|----------|--------------|
|   | (ore)  | (minuti) |              |
| 1 | 1.000  | 60       | 64.501       |
| 2 | 3.000  | 180      | 91.756       |
| 3 | 6.000  | 360      | 115.163      |
| 4 | 12.000 | 720      | 141.530      |
| 5 | 24.000 | 1440     | 167.560      |

## Risultati interpolazione

| Coefficienti curva |      |                  | Espressione             |
|--------------------|------|------------------|-------------------------|
| a                  | n    | correlazione (r) |                         |
| 65.47              | 0.30 | 1.00             | $h(t) = 65,5 t^{0,304}$ |

## Valori curva di pioggia

| t (ore) | h (mm)  | t (ore) | h (mm)  | t (ore) | h (mm)  |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1       | 65.474  | 9       | 127.609 | 17      | 154.800 |
| 2       | 80.815  | 10      | 131.759 | 18      | 157.511 |
| 3       | 91.406  | 11      | 135.629 | 19      | 160.118 |
| 4       | 99.752  | 12      | 139.261 | 20      | 162.632 |
| 5       | 106.746 | 13      | 142.688 | 21      | 165.060 |
| 6       | 112.824 | 14      | 145.936 | 22      | 167.409 |
| 7       | 118.232 | 15      | 149.026 | 23      | 169.684 |
| 8       | 123.125 | 16      | 151.976 | 24      | 171.892 |



Curva pioggia calcolata 200 ANNI AM1



## Rapporto pluviogramma sintetico:

|                                       |
|---------------------------------------|
| <b>Pluviogramma sintetico 200 AM1</b> |
|---------------------------------------|

## Dati Pluviogramma

Tipo: Pluviogramma sintetico

Curva di pioggia: Curva pioggia calcolata 200 ANNI AM1

Durata: 2.000 ore

Altezza di pioggia complessiva: 80.815 mm

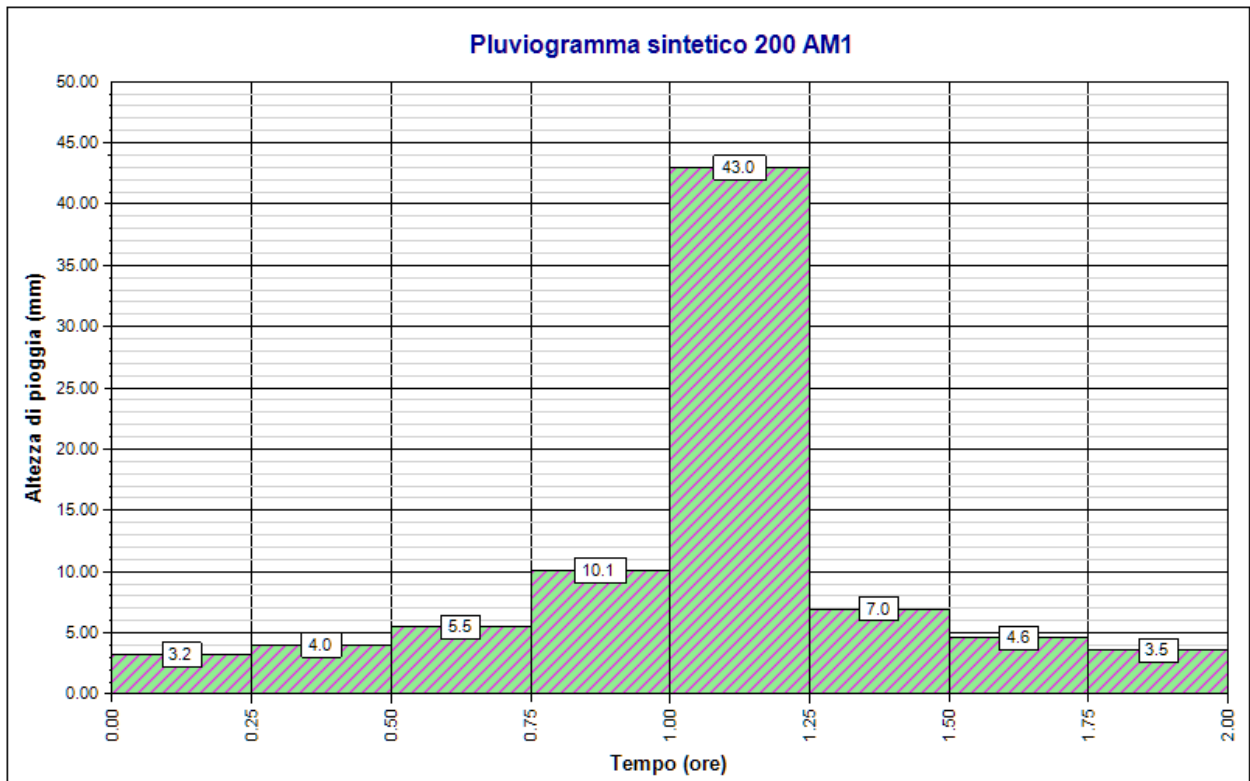
Intervallo di discretizzazione: 15

## Curva di pioggia

| Coefficienti curva |      | Espressione                               |
|--------------------|------|---|
| a                  | n    |   |
| 65.47              | 0.30 | <b><math>h(t) = 65,5 t^{0,304}</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                    | 0.250  | 0                           | 15     | 3.212        |
| 2 | 0.250                    | 0.500  | 15                          | 30     | 3.989        |
| 3 | 0.500                    | 0.750  | 30                          | 45     | 5.478        |
| 4 | 0.750                    | 1.000  | 45                          | 60     | 10.070       |
| 5 | 1.000                    | 1.250  | 60                          | 75     | 42.975       |
| 6 | 1.250                    | 1.500  | 75                          | 90     | 6.951        |
| 7 | 1.500                    | 1.750  | 90                          | 105    | 4.591        |
| 8 | 1.750                    | 2.000  | 105                         | 120    | 3.549        |



*Pluviogramma sintetico 200 AM1*

**Rapporto idrogramma:****Idrogramma SCS 200 AM1****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.

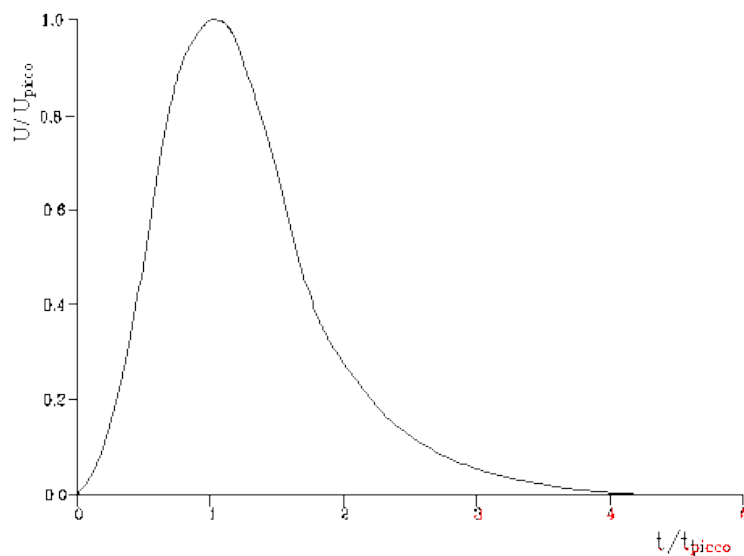
La trasformazione afflussi-deflussi quindi è ottenuta tramite l'idrogramma unitario SCS (1972) di seguito riportato, che richiede come unico parametro il tempo  $t_{LAG}$  (ore) pari al ritardo tra il baricentro del diagramma delle piogge nette e il picco dell'idrogramma unitario. Si può porre  $t_{LAG}=0,6 t_C$  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 200 AM1

**Superficie del bacino:** 0.9 kmq

**Tlag:** 0.370 ore

**Astrazione iniziale:** 3.0 mm

**Curve Number:** 75.0

**Intervallo di calcolo:** 5 minuti

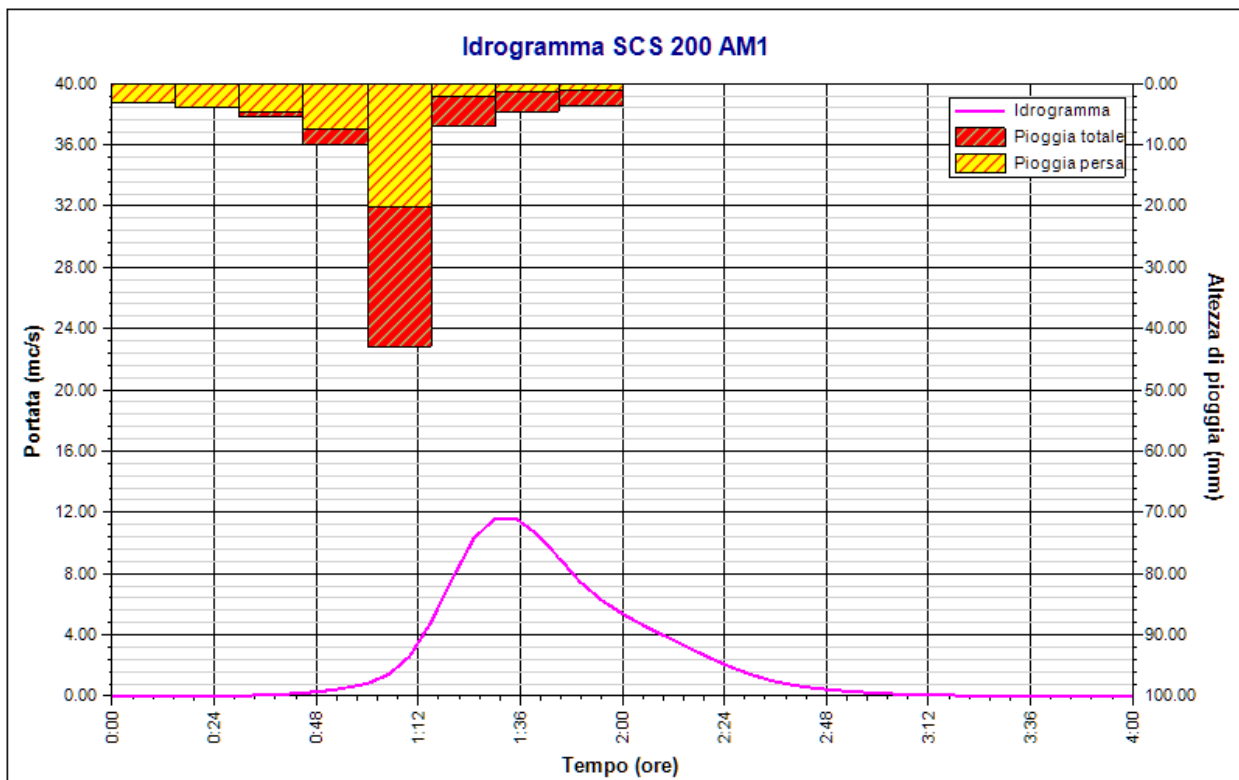
### Tabella idrogramma

| n  | Tempo |          | Afflusso (mm) | Pioggia persa (mm) | Pioggia netta (mm) | Portata (mc/s) |
|----|-------|----------|---------------|--------------------|--------------------|----------------|
|    | (ore) | (minuti) |               |                    |                    |                |
| 1  | 0.000 | 0        | 1.071         | 1.071              | 0.000              | 0.0            |
| 2  | 0.083 | 5        | 1.071         | 1.071              | 0.000              | 0.0            |
| 3  | 0.167 | 10       | 1.071         | 1.070              | 0.001              | 0.0            |
| 4  | 0.250 | 15       | 1.330         | 1.303              | 0.027              | 0.0            |
| 5  | 0.333 | 20       | 1.330         | 1.263              | 0.067              | 0.0            |
| 6  | 0.417 | 25       | 1.330         | 1.225              | 0.104              | 0.0            |
| 7  | 0.500 | 30       | 1.826         | 1.624              | 0.202              | 0.0            |
| 8  | 0.583 | 35       | 1.826         | 1.560              | 0.266              | 0.1            |
| 9  | 0.667 | 40       | 1.826         | 1.500              | 0.326              | 0.1            |
| 10 | 0.750 | 45       | 3.357         | 2.610              | 0.746              | 0.2            |
| 11 | 0.833 | 50       | 3.357         | 2.437              | 0.920              | 0.3            |
| 12 | 0.917 | 55       | 3.357         | 2.280              | 1.076              | 0.5            |
| 13 | 1.000 | 60       | 14.325        | 8.282              | 6.043              | 0.8            |
| 14 | 1.083 | 65       | 14.325        | 6.499              | 7.826              | 1.4            |
| 15 | 1.167 | 70       | 14.325        | 5.236              | 9.089              | 2.6            |
| 16 | 1.250 | 75       | 2.317         | 0.753              | 1.564              | 4.8            |
| 17 | 1.333 | 80       | 2.317         | 0.730              | 1.587              | 7.7            |
| 18 | 1.417 | 85       | 2.317         | 0.708              | 1.609              | 10.3           |
| 19 | 1.500 | 90       | 1.530         | 0.456              | 1.074              | 11.6           |
| 20 | 1.583 | 95       | 1.530         | 0.447              | 1.083              | 11.6           |
| 21 | 1.667 | 100      | 1.530         | 0.439              | 1.092              | 10.6           |
| 22 | 1.750 | 105      | 1.183         | 0.333              | 0.850              | 9.0            |
| 23 | 1.833 | 110      | 1.183         | 0.328              | 0.855              | 7.5            |
| 24 | 1.917 | 115      | 1.183         | 0.324              | 0.860              | 6.3            |
| 25 | 2.000 | 120      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 5.4            |
| 26 | 2.083 | 125      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 4.6            |
| 27 | 2.167 | 130      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 3.9            |
| 28 | 2.250 | 135      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 3.2            |
| 29 | 2.333 | 140      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 2.6            |
| 30 | 2.417 | 145      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 1.9            |
| 31 | 2.500 | 150      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 1.4            |
| 32 | 2.583 | 155      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 1.0            |
| 33 | 2.667 | 160      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.7            |

| 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              | 0.5            |
| 35 | 2.833 | 170      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.4            |
| 36 | 2.917 | 175      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.3            |
| 37 | 3.000 | 180      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.2            |
| 38 | 3.083 | 185      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.1            |
| 39 | 3.167 | 190      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.1            |
| 40 | 3.250 | 195      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.1            |
| 41 | 3.333 | 200      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.0            |
| 42 | 3.417 | 205      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.0            |
| 43 | 3.500 | 210      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.0            |
| 44 | 3.583 | 215      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.0            |
| 45 | 3.667 | 220      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.0            |
| 46 | 3.750 | 225      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.0            |
| 47 | 3.833 | 230      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.0            |
| 48 | 3.917 | 235      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.0            |
| 49 | 4.000 | 240      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.0            |

### Tabella risultati

| Parametro            | Valore | U.M.      |
|----------------------|--------|-----------|
| Portata massima      | 11.6   | mc/s      |
| Istante picco        | 1.500  | ore       |
| Istante picco        | 90.0   | minuti    |
| Durata totale evento | 4.000  | ore       |
| Volume afflusso      | 73     | mc x 1000 |
| Volume deflusso      | 34     | mc x 1000 |
| Altezza afflusso     | 80.815 | mm        |
| Altezza deflusso     | 37.302 | mm        |
| Coeff. deflusso      | 0.46   | -         |
| Coeff. udometrico    | 12.89  | mc/s/kmq  |



Idrogramma SCS 200 AM1

## Rapporto sulla stazione di misura:

|                                  |
|----------------------------------|
| <b>Stazione di misura LESINA</b> |
|----------------------------------|

**Dati Stazione**

**Codice:** 16057  
**Bacino:** APRICENA AM1  
**Comune:** LESINA  
**Quota:** 5.0 m s.l.m.  
**Latitudine:** 41,8630555555556  
**Longtudine:** 15,3538888888889

**Dati Serie**

**Serie presenti:** 5  
**Durate presenti:** 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore  
**Minima dimensione serie:** 60  
**Massima dimensione serie:** 63

| <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>Descrizione</b>      |                           |



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

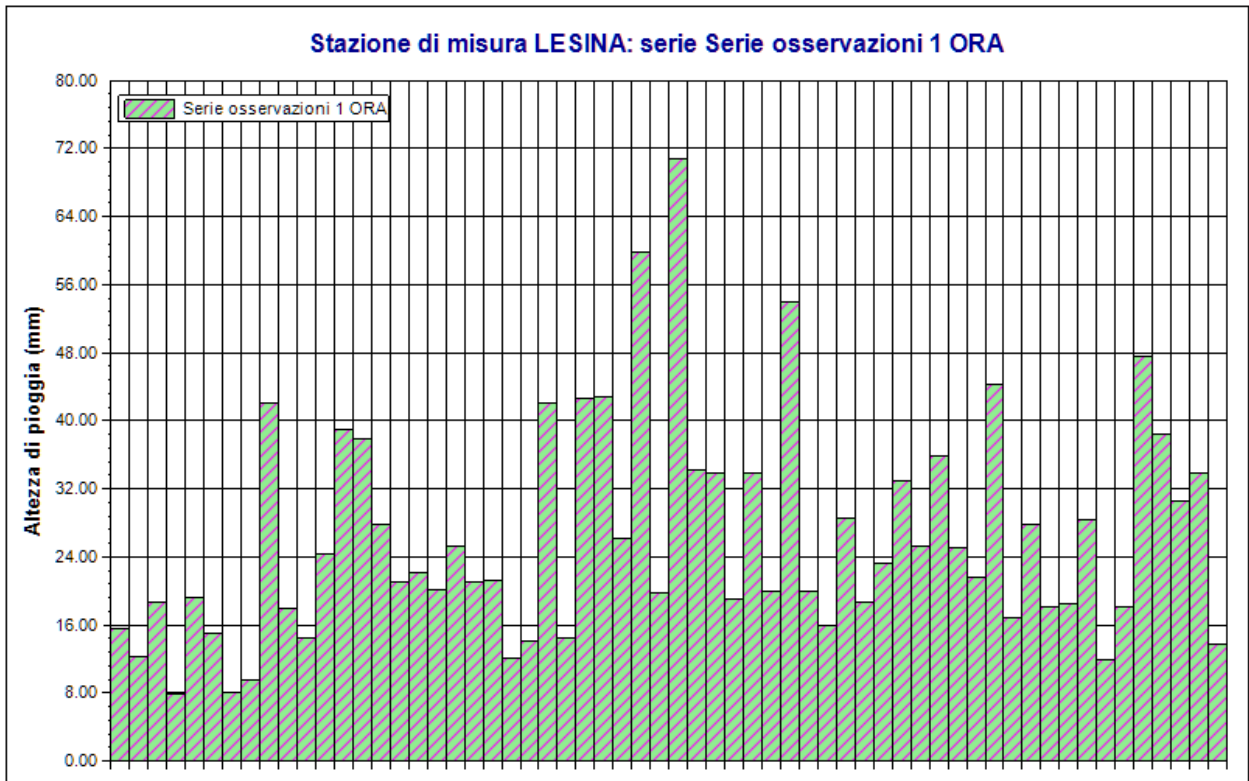
**Serie osservazioni**

| n  | Durate |       |       |        |        |
|----|--------|-------|-------|--------|--------|
|    | 1 ora  | 3 ore | 6 ore | 12 ore | 24 ore |
| 1  | 15.6   | 18.2  | 33.8  | 56.4   | 80.6   |
| 2  | 12.2   | 22.4  | 31.8  | 44.2   | 46.0   |
| 3  | 18.6   | 23.2  | 31.0  | 41.2   | 46.6   |
| 4  | 7.8    | 17.8  | 29.8  | 36.0   | 38.0   |
| 5  | 19.2   | 23.6  | 41.6  | 53.4   | 54.6   |
| 6  | 15.0   | 21.4  | 26.6  | 48.8   | 75.8   |
| 7  | 8.0    | 13.2  | 23.2  | 32.0   | 35.0   |
| 8  | 9.6    | 15.2  | 24.2  | 36.2   | 39.2   |
| 9  | 42.0   | 51.6  | 51.6  | 53.4   | 53.6   |
| 10 | 18.0   | 46.0  | 50.6  | 55.8   | 59.8   |
| 11 | 14.4   | 18.0  | 20.0  | 25.4   | 28.6   |
| 12 | 24.4   | 33.4  | 41.2  | 53.8   | 60.6   |
| 13 | 39.0   | 41.2  | 51.6  | 65.0   | 76.8   |
| 14 | 37.8   | 46.2  | 50.2  | 64.8   | 66.0   |
| 15 | 27.8   | 41.6  | 45.2  | 57.2   | 63.0   |
| 16 | 21.0   | 26.6  | 28.6  | 35.6   | 47.5   |
| 17 | 22.2   | 34.6  | 35.6  | 40.8   | 55.0   |
| 18 | 20.2   | 20.2  | 24.8  | 33.0   | 42.6   |
| 19 | 25.2   | 25.6  | 35.0  | 47.8   | 62.8   |
| 20 | 21.0   | 40.0  | 60.0  | 67.6   | 68.0   |
| 21 | 21.2   | 24.4  | 31.2  | 41.4   | 60.5   |
| 22 | 12.0   | 22.4  | 30.6  | 36.8   | 39.8   |
| 23 | 14.0   | 18.4  | 19.4  | 25.4   | 29.6   |
| 24 | 42.0   | 53.4  | 55.0  | 73.0   | 73.6   |
| 25 | 14.4   | 20.6  | 23.2  | 30.0   | 34.0   |
| 26 | 42.6   | 78.0  | 79.2  | 79.6   | 88.6   |
| 27 | 42.8   | 43.6  | 69.8  | 78.6   | 110.0  |
| 28 | 26.2   | 40.0  | 51.0  | 51.2   | 51.2   |
| 29 | 59.8   | 83.0  | 96.4  | 102.4  | 102.4  |
| 30 | 19.8   | 22.4  | 30.4  | 33.0   | 56.6   |
| 31 | 70.8   | 101.4 | 105.2 | 31.2   | 38.6   |
| 32 | 34.2   | 49.0  | 82.4  | 107.4  | 108.0  |
| 33 | 33.8   | 43.0  | 51.0  | 104.2  | 108.0  |
| 34 | 19.0   | 24.2  | 30.6  | 52.8   | 58.0   |

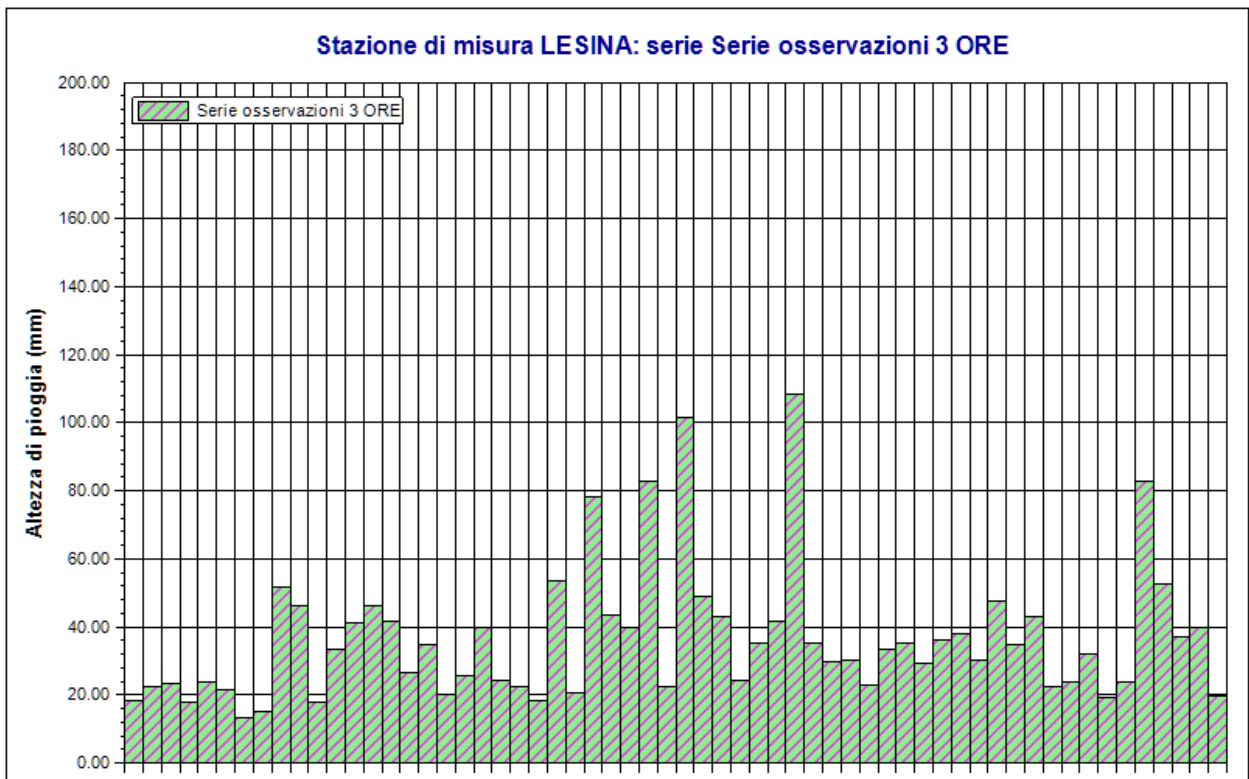
| n  | Durate |       |       |        |        |
|----|--------|-------|-------|--------|--------|
|    | 1 ora  | 3 ore | 6 ore | 12 ore | 24 ore |
| 35 | 33.8   | 35.2  | 54.6  | 36.4   | 46.8   |
| 36 | 20.0   | 41.8  | 45.8  | 54.6   | 54.6   |
| 37 | 54.0   | 108.2 | 112.2 | 46.0   | 46.0   |
| 38 | 20.0   | 35.2  | 36.0  | 112.2  | 121.6  |
| 39 | 16.0   | 29.6  | 37.6  | 36.0   | 37.0   |
| 40 | 28.6   | 30.0  | 41.0  | 55.0   | 77.4   |
| 41 | 18.6   | 23.0  | 31.4  | 59.8   | 62.4   |
| 42 | 23.2   | 33.6  | 40.4  | 38.6   | 48.8   |
| 43 | 33.0   | 35.4  | 35.4  | 47.2   | 65.4   |
| 44 | 25.2   | 29.4  | 38.0  | 45.4   | 54.2   |
| 45 | 35.8   | 36.0  | 37.0  | 38.4   | 48.2   |
| 46 | 25.0   | 37.8  | 50.4  | 42.6   | 61.2   |
| 47 | 21.6   | 30.4  | 42.0  | 60.8   | 66.0   |
| 48 | 44.2   | 47.6  | 28.2  | 42.6   | 42.6   |
| 49 | 16.8   | 34.8  | 48.4  | 36.6   | 42.2   |
| 50 | 27.8   | 43.0  | 43.2  | 52.0   | 76.2   |
| 51 | 18.2   | 22.6  | 59.8  | 62.8   | 64.4   |
| 52 | 18.4   | 24.0  | 27.4  | 62.6   | 67.2   |
| 53 | 28.4   | 31.8  | 26.9  | 28.4   | 78.2   |
| 54 | 11.8   | 19.0  | 34.4  | 30.4   | 39.6   |
| 55 | 18.2   | 23.6  | 22.4  | 42.0   | 33.0   |
| 56 | 47.6   | 83.0  | 27.2  | 29.2   | 56.0   |
| 57 | 38.4   | 52.8  | 88.6  | 40.0   | 30.6   |
| 58 | 30.6   | 37.2  | 55.8  | 98.8   | 56.2   |
| 59 | 33.8   | 39.6  | 38.4  | 76.0   | 106.6  |
| 60 | 13.8   | 19.8  | 64.4  | 42.4   | 94.2   |
| 61 | -      | -     | 23.8  | 67.0   | 61.8   |
| 62 | -      | -     | -     | 34.8   | 72.2   |
| 63 | -      | -     | -     | -      | 45.2   |

### Dati Statistici

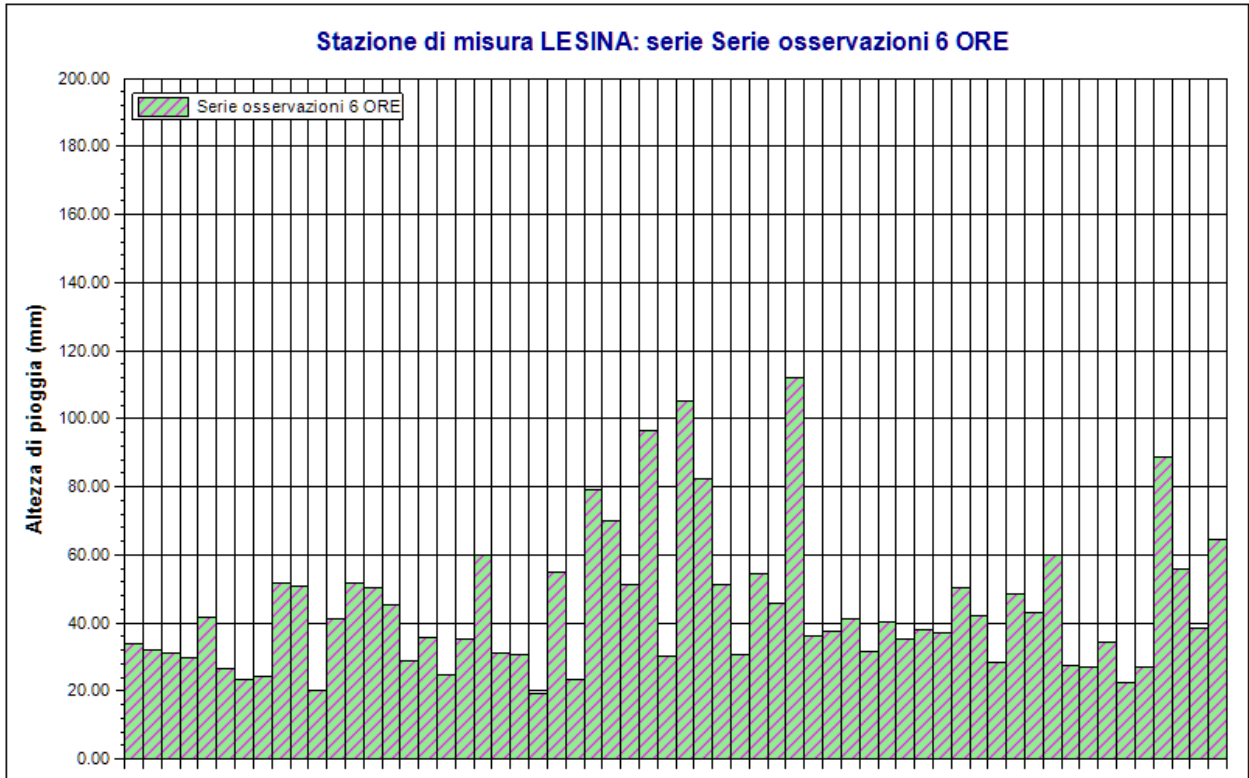
| Parametro           | Durate |        |        |        |        |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                     | 1 ora  | 3 ore  | 6 ore  | 12 ore | 24 ore |
| Dimensione campione | 60     | 60     | 61     | 62     | 63     |
| Somma dei dati      | 1574.4 | 2188.2 | 2682.5 | 3214.0 | 3814.8 |
| Valore minimo       | 7.8    | 13.2   | 19.4   | 25.4   | 28.6   |
| Valore massimo      | 70.8   | 108.2  | 112.2  | 112.2  | 121.6  |
| Valore medio        | 26.24  | 36.47  | 43.98  | 51.84  | 60.55  |
| Dev. standard       | 12.95  | 19.72  | 20.64  | 20.78  | 21.78  |
| Coeff. variazione   | 0.494  | 0.541  | 0.469  | 0.401  | 0.360  |
| Coeff. asimmetria   | 1.178  | 1.913  | 1.550  | 1.303  | 0.933  |



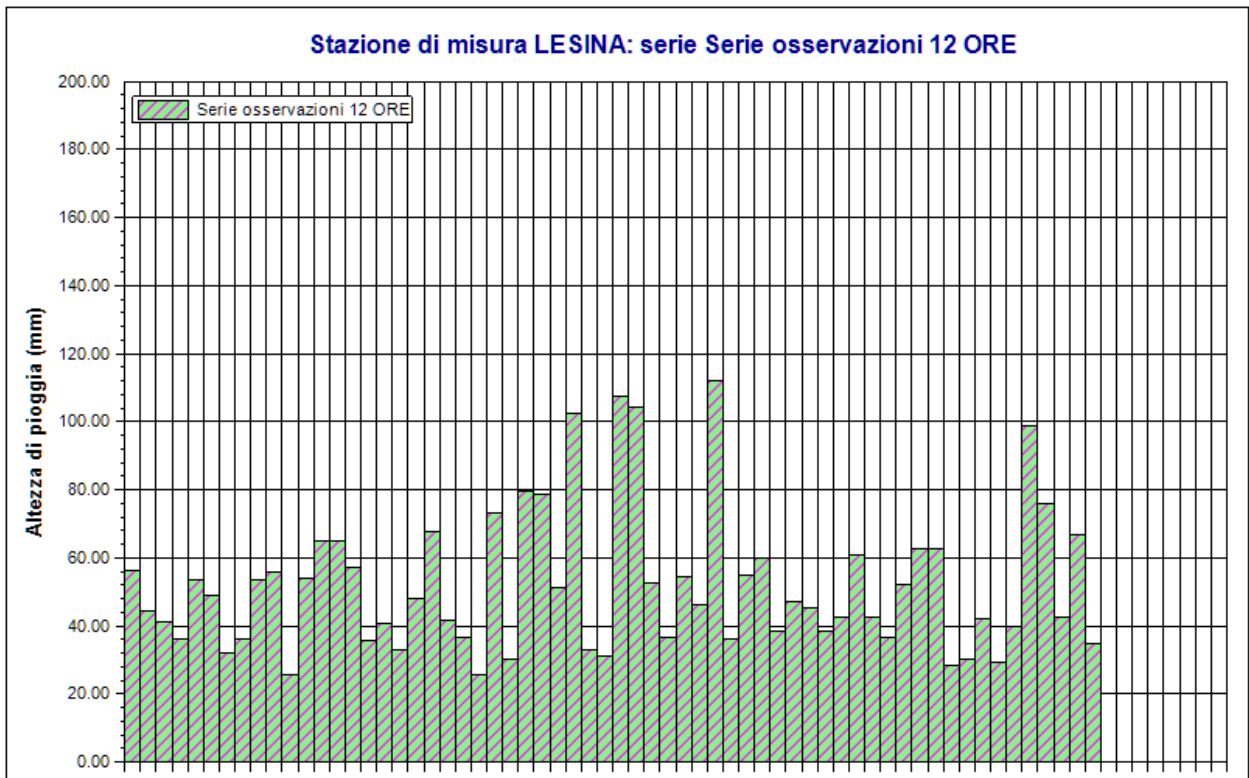
Stazione di misura LESINA. Serie osservazioni 1 ORA. Durata 1 ora



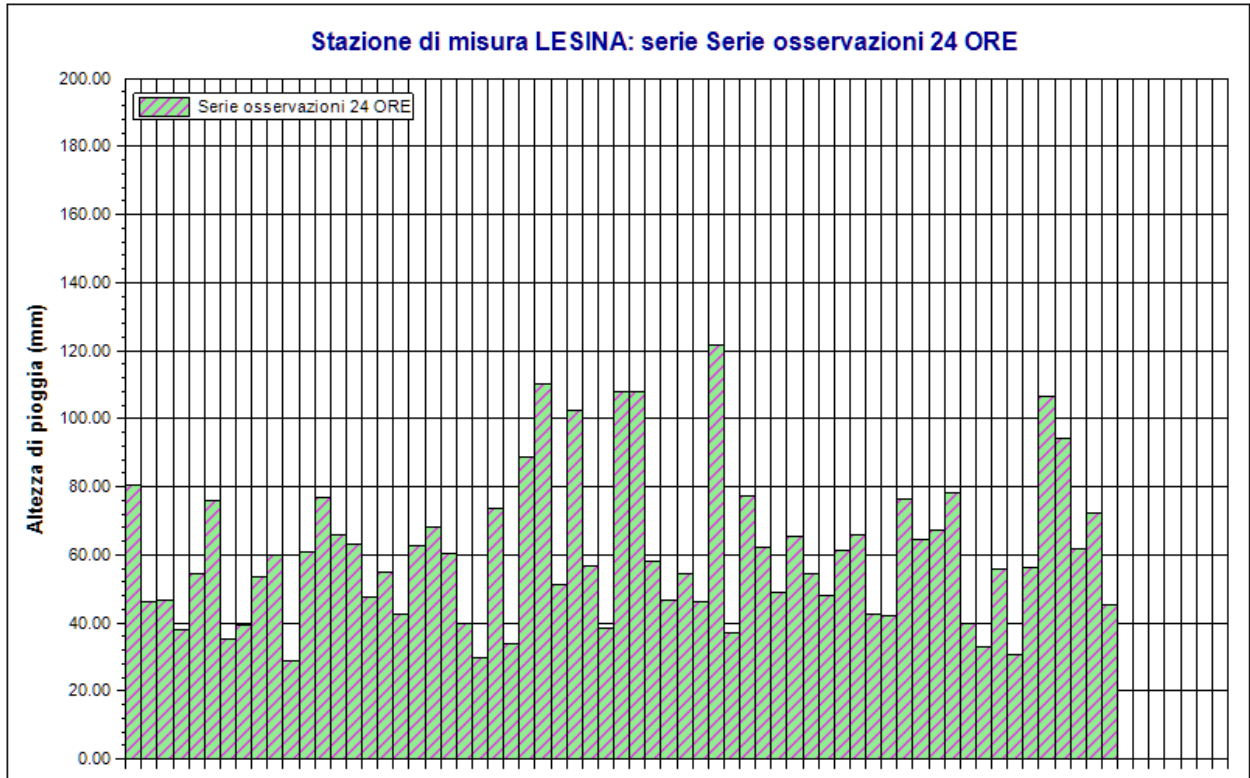
Stazione di misura LESINA. Serie osservazioni 3 ORE. Durata 3 ore



Stazione di misura LESINA. Serie osservazioni 6 ORE. Durata 6 ore



Stazione di misura LESINA. Serie osservazioni 12 ORE. Durata 12 ore



Stazione di misura LESINA. Serie osservazioni 24 ORE. Durata 24 ore

## Rapporto sull'elaborazione probabilistica:

**Elaborazione TCEV secondo livello 500 ANNI AM1****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:

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

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

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

si ottiene

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

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

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

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

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:** Stazione di misura LESINA

**Distribuzione probabilistica:** TCEV secondo livello



**Metodo di stima dei parametri:** Massima verosimiglianza

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

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

### Stima parametri

| Parametro                  | Durate  |   |   |   |   |
|----------------------------|---|---|---|---|---|
|                            | 1 ora   | 3 ore   | 6 ore   | 12 ore  | 24 ore  |
| Dimensione campione        | 60  | 60  | 61  | 62  | 63  |
| Valore medio               | 26.24   | 36.47   | 43.98   | 51.84   | 60.55   |
| Dev. standard              | 12.95   | 19.72   | 20.64   | 20.78   | 21.78   |
| <b>Parametri regionali</b> |   |   |   |   |   |
| Descrizione                | Parametri zona: Puglia - Sottozona: Unica - Durata: Unica | Parametri zona: Puglia - Sottozona: Unica - Durata: Unica | Parametri zona: Puglia - Sottozona: Unica - Durata: Unica | Parametri zona: Puglia - Sottozona: Unica - Durata: Unica | Parametri zona: Puglia - Sottozona: Unica - Durata: Unica |
| Lambda*                    | 0.77200   | 0.77200   | 0.77200   | 0.77200   | 0.77200   |
| Teta*                      | 2.35200   | 2.35200   | 2.35200   | 2.35200   | 2.35200   |
| Lambda 1                   | 45.00000  | 45.00000  | 45.00000  | 45.00000  | 45.00000  |
| <b>Parametri stimati</b>   |   |   |   |   |   |
| Teta 1                     | 4.11958   | 5.86031   | 7.35530   | 9.03933   | 10.70181  |
| Lambda 2                   | 3.89506   | 3.89506   | 3.89506   | 3.89506   | 3.89506   |
| Teta 2                     | 9.68924   | 13.78344  | 17.29967  | 21.26051  | 25.17065  |

### Espressioni delle CDF della distribuzione

|   |  |
|---|--|
| TCEV secondo livello:<br>Serie osservazioni 1<br>ORA  | $F_x(x) = \exp \left[ -45,00 \exp \left( -\frac{x}{4,120} \right) - 3,90 \exp \left( -\frac{x}{9,689} \right) \right]$   |
| TCEV secondo livello:<br>Serie osservazioni 3<br>ORE  | $F_x(x) = \exp \left[ -45,00 \exp \left( -\frac{x}{5,860} \right) - 3,90 \exp \left( -\frac{x}{13,783} \right) \right]$  |
| TCEV secondo livello:<br>Serie osservazioni 6<br>ORE  | $F_x(x) = \exp \left[ -45,00 \exp \left( -\frac{x}{7,355} \right) - 3,90 \exp \left( -\frac{x}{17,300} \right) \right]$  |
| TCEV secondo livello:<br>Serie osservazioni 12<br>ORE | $F_x(x) = \exp \left[ -45,00 \exp \left( -\frac{x}{9,039} \right) - 3,90 \exp \left( -\frac{x}{21,261} \right) \right]$  |
| TCEV secondo livello:<br>Serie osservazioni 24<br>ORE | $F_x(x) = \exp \left[ -45,00 \exp \left( -\frac{x}{10,702} \right) - 3,90 \exp \left( -\frac{x}{25,171} \right) \right]$ |

## Espressioni delle Curve di crescita

|   |   |
|---|---|
| TCEV secondo livello:<br>Serie osservazioni 1<br>ORA  | $F_X(x) = \exp \left[ -45,000 (304,689)^{-x} - 3,895 (11,378)^{-x} \right]$ |
| TCEV secondo livello:<br>Serie osservazioni 3<br>ORE  | $F_X(x) = \exp \left[ -45,000 (304,689)^{-x} - 3,895 (11,378)^{-x} \right]$ |
| TCEV secondo livello:<br>Serie osservazioni 6<br>ORE  | $F_X(x) = \exp \left[ -45,000 (304,689)^{-x} - 3,895 (11,378)^{-x} \right]$ |
| TCEV secondo livello:<br>Serie osservazioni 12<br>ORE | $F_X(x) = \exp \left[ -45,000 (304,689)^{-x} - 3,895 (11,378)^{-x} \right]$ |
| TCEV secondo livello:<br>Serie osservazioni 24<br>ORE | $F_X(x) = \exp \left[ -45,000 (304,689)^{-x} - 3,895 (11,378)^{-x} \right]$ |

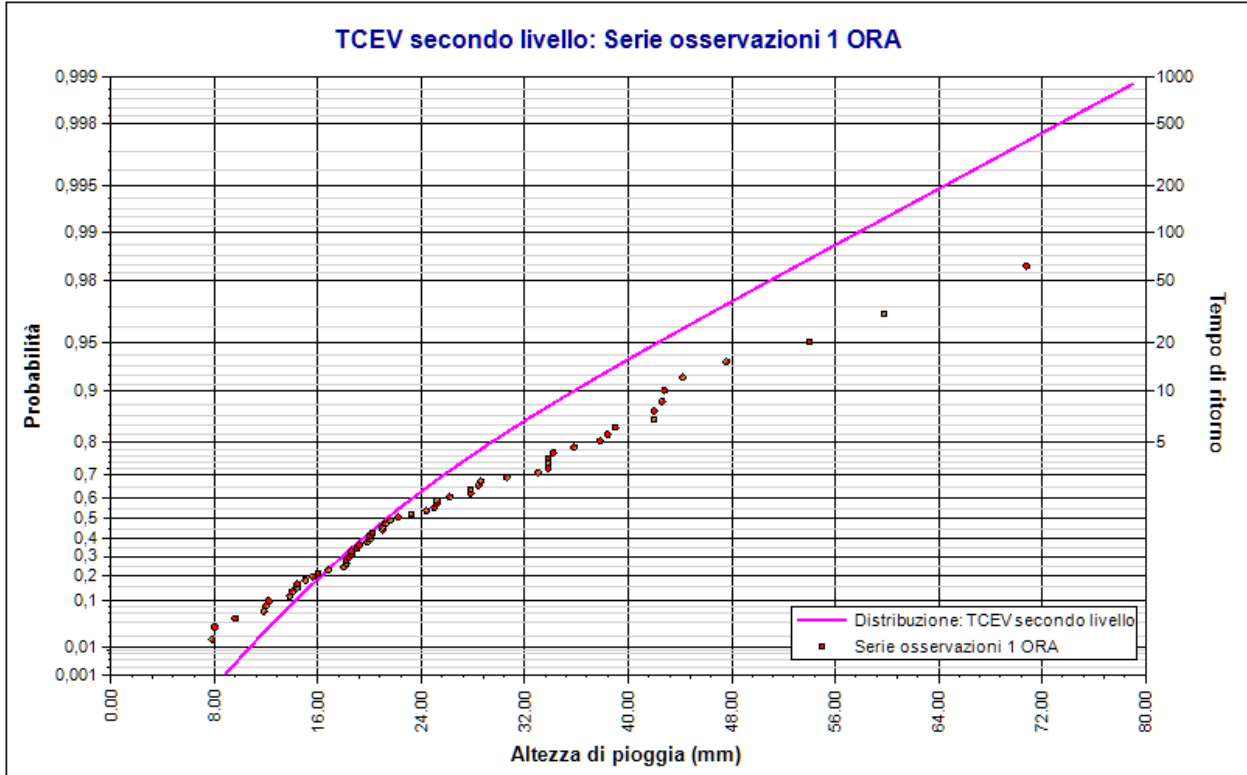
## Frattili distribuzioni probabilistiche

| Tempi di ritorno | Durate |        |        |        |        |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                  | 1 ora  | 3 ore  | 6 ore  | 12 ore | 24 ore |
| 2 anni           | 21.25  | 30.23  | 37.94  | 46.63  | 55.21  |
| 5 anni           | 29.40  | 41.82  | 52.49  | 64.51  | 76.38  |
| 10 anni          | 35.72  | 50.81  | 63.77  | 78.37  | 92.78  |
| 20 anni          | 42.26  | 60.11  | 75.45  | 92.72  | 109.77 |
| 50 anni          | 51.07  | 72.65  | 91.18  | 112.06 | 132.67 |
| 100 anni         | 57.78  | 82.20  | 103.17 | 126.79 | 150.10 |
| 200 anni         | 64.50  | 91.76  | 115.16 | 141.53 | 167.56 |
| 500 anni         | 73.38  | 104.39 | 131.02 | 161.02 | 190.64 |
| 1000 anni        | 80.10  | 113.95 | 143.02 | 175.76 | 208.09 |

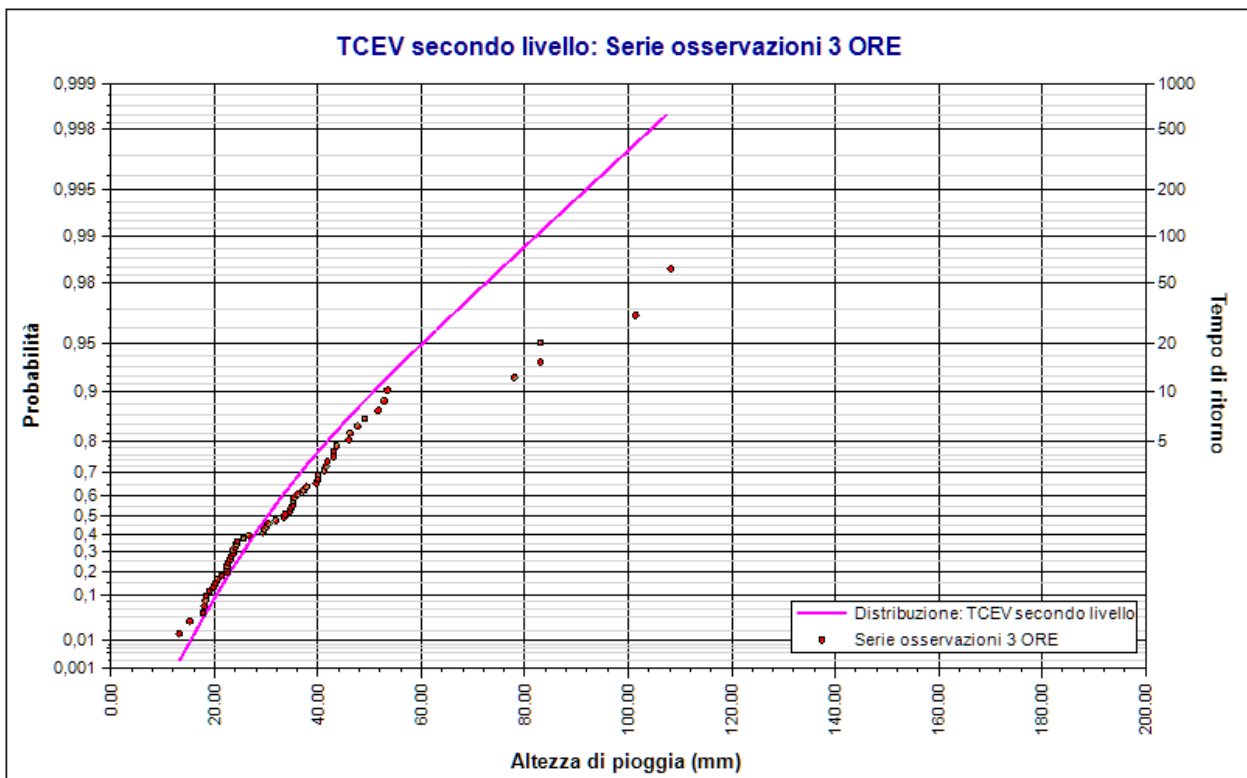
## Fattori di crescita

| Tempi di ritorno | Durate |       |       |        |        |
|------------------|--------|-------|-------|--------|--------|
|                  | 1 ora  | 3 ore | 6 ore | 12 ore | 24 ore |
| 2 anni           | 0.90   | 0.90  | 0.90  | 0.90   | 0.90   |
| 5 anni           | 1.25   | 1.25  | 1.25  | 1.25   | 1.25   |
| 10 anni          | 1.52   | 1.52  | 1.52  | 1.52   | 1.52   |
| 20 anni          | 1.79   | 1.79  | 1.79  | 1.79   | 1.79   |
| 50 anni          | 2.17   | 2.17  | 2.17  | 2.17   | 2.17   |
| 100 anni         | 2.45   | 2.45  | 2.45  | 2.45   | 2.45   |
| 200 anni         | 2.74   | 2.74  | 2.74  | 2.74   | 2.74   |
| 500 anni         | 3.11   | 3.11  | 3.11  | 3.11   | 3.11   |

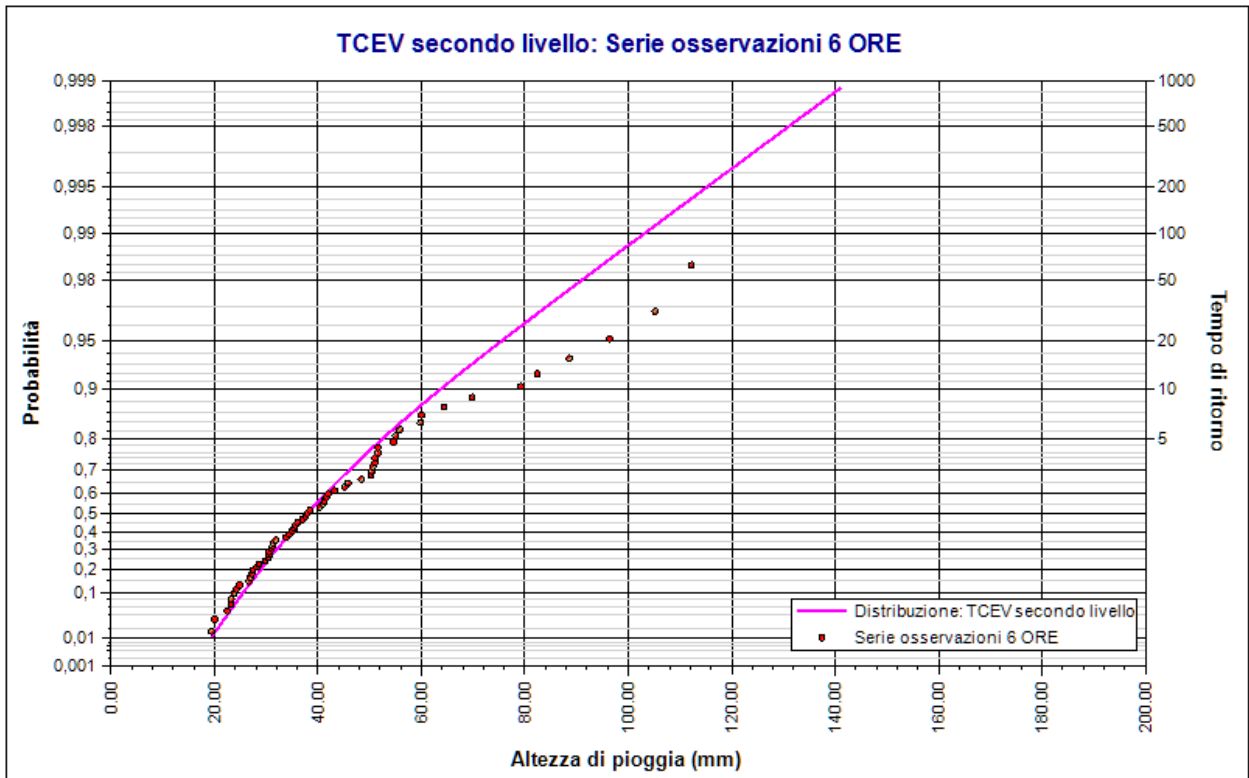
| Tempi di ritorno | Durate |       |       |        |        |
|------------------|--------|-------|-------|--------|--------|
|                  | 1 ora  | 3 ore | 6 ore | 12 ore | 24 ore |
| 1000 anni        | 3.40   | 3.40  | 3.40  | 3.40   | 3.40   |



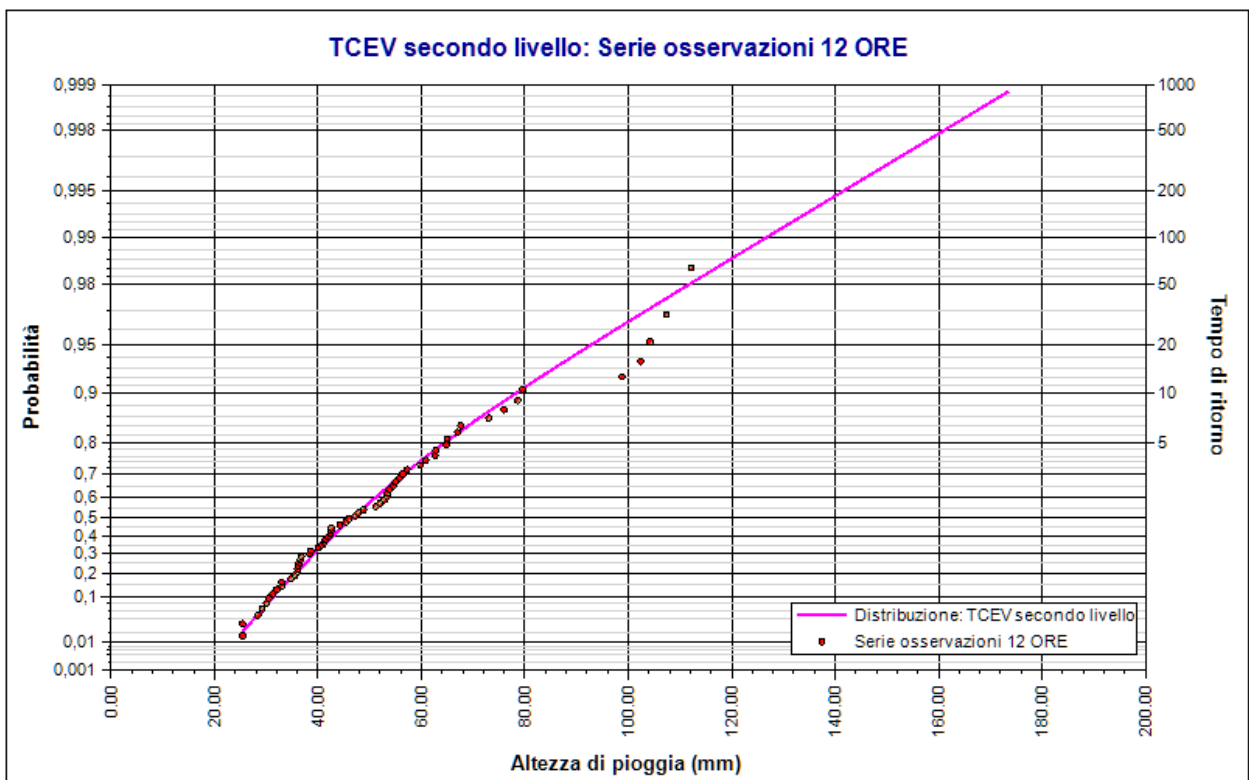
Elaborazione TCEV secondo livello 500 ANNI AM1. TCEV secondo livello: Serie osservazioni 1 ORA. Durata 1 ora



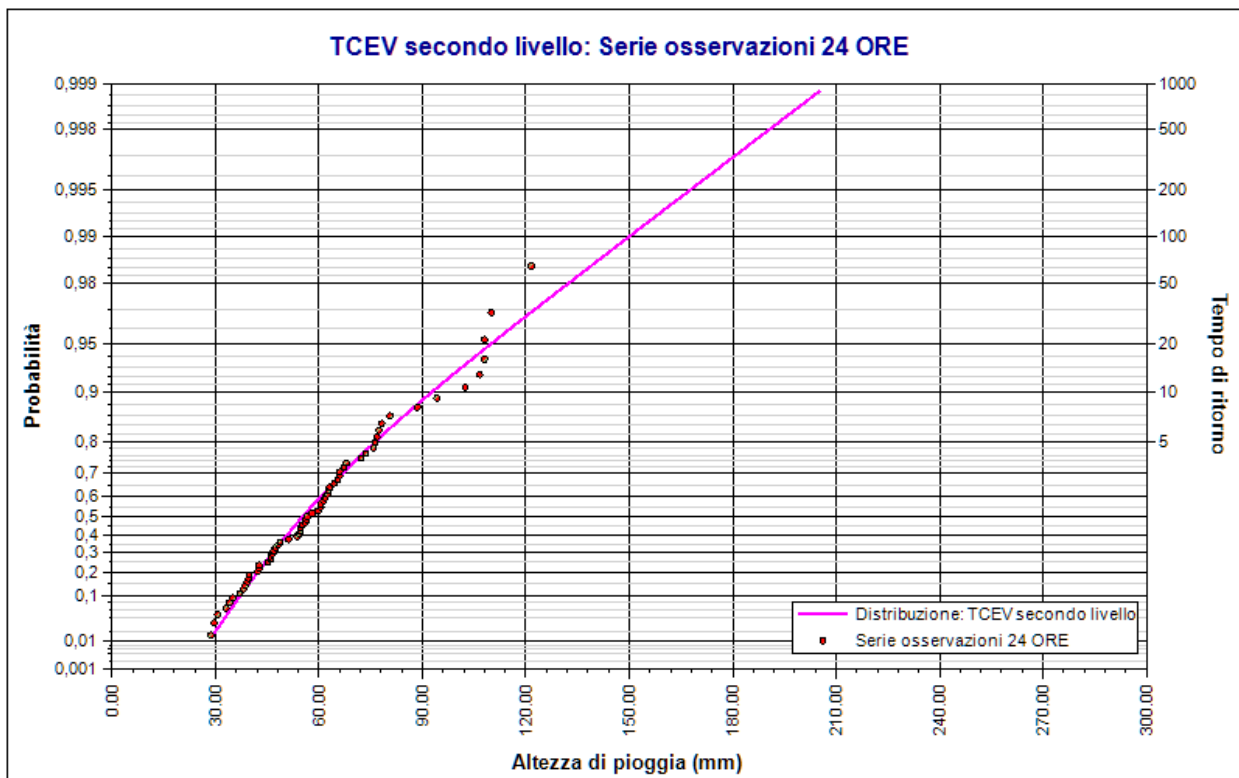
Elaborazione TCEV secondo livello 500 ANNI AM1. TCEV secondo livello: Serie osservazioni 3 ORE.  
Durata 3 ore



Elaborazione TCEV secondo livello 500 ANNI AM1. TCEV secondo livello: Serie osservazioni 6 ORE.  
Durata 6 ore



Elaborazione TCEV secondo livello 500 ANNI AM1. TCEV secondo livello: Serie osservazioni 12 ORE.  
Durata 12 ore



Elaborazione TCEV secondo livello 500 ANNI AM1. TCEV secondo livello: Serie osservazioni 24 ORE. Durata 24 ore

## Rapporto sulla curva di pioggia:

|   |
|---|
| <b>Curva pioggia calcolata 500 ANNI AM1</b> |
|---|

## Dati Curva di pioggia

Tipo: Curva di pioggia calcolata

Elaborazione probabilistica: Elaborazione TCEV secondo livello 500 ANNI AM1

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

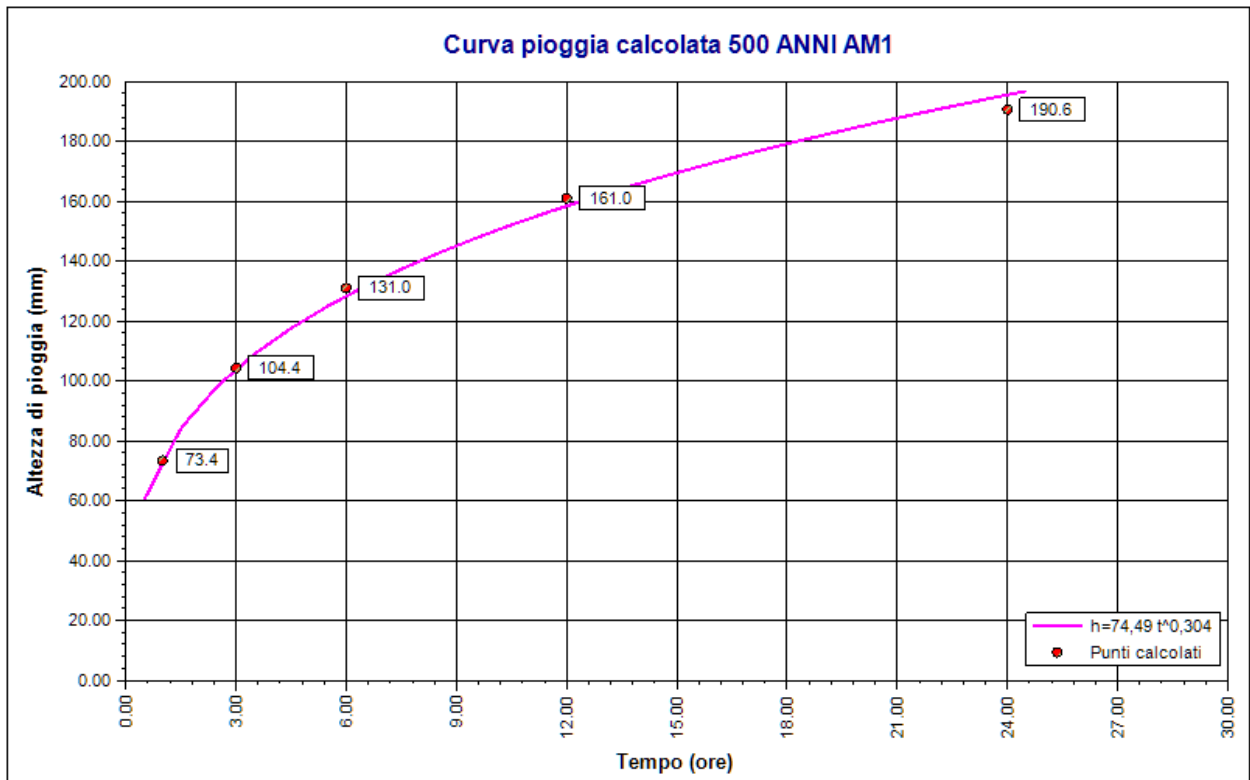
| n | Durata |          | Altezza (mm) |
|---|--------|----------|--------------|
|   | (ore)  | (minuti) |              |
| 1 | 1.000  | 60       | 73.384       |
| 2 | 3.000  | 180      | 104.392      |
| 3 | 6.000  | 360      | 131.023      |
| 4 | 12.000 | 720      | 161.021      |
| 5 | 24.000 | 1440     | 190.636      |

## Risultati interpolazione

| Coefficienti curva |      |                  | Espressione             |
|--------------------|------|------------------|-------------------------|
| a                  | n    | correlazione (r) |                         |
| 74.49              | 0.30 | 1.00             | $h(t) = 74,5 t^{0,304}$ |

## Valori curva di pioggia

| t (ore) | h (mm)  | t (ore) | h (mm)  | t (ore) | h (mm)  |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1       | 74.491  | 9       | 145.184 | 17      | 176.119 |
| 2       | 91.945  | 10      | 149.905 | 18      | 179.203 |
| 3       | 103.994 | 11      | 154.307 | 19      | 182.170 |
| 4       | 113.489 | 12      | 158.439 | 20      | 185.030 |
| 5       | 121.447 | 13      | 162.338 | 21      | 187.792 |
| 6       | 128.362 | 14      | 166.034 | 22      | 190.464 |
| 7       | 134.515 | 15      | 169.549 | 23      | 193.053 |
| 8       | 140.082 | 16      | 172.905 | 24      | 195.564 |



Curva pioggia calcolata 500 ANNI AM1

## Rapporto pluviogramma sintetico:

|                                       |
|---------------------------------------|
| <b>Pluviogramma sintetico 500 AM1</b> |
|---------------------------------------|

## Dati Pluviogramma

Tipo: Pluviogramma sintetico

Curva di pioggia: Curva pioggia calcolata 500 ANNI AM1

Durata: 2.000 ore

Altezza di pioggia complessiva: 91.945 mm

Intervallo di discretizzazione: 15

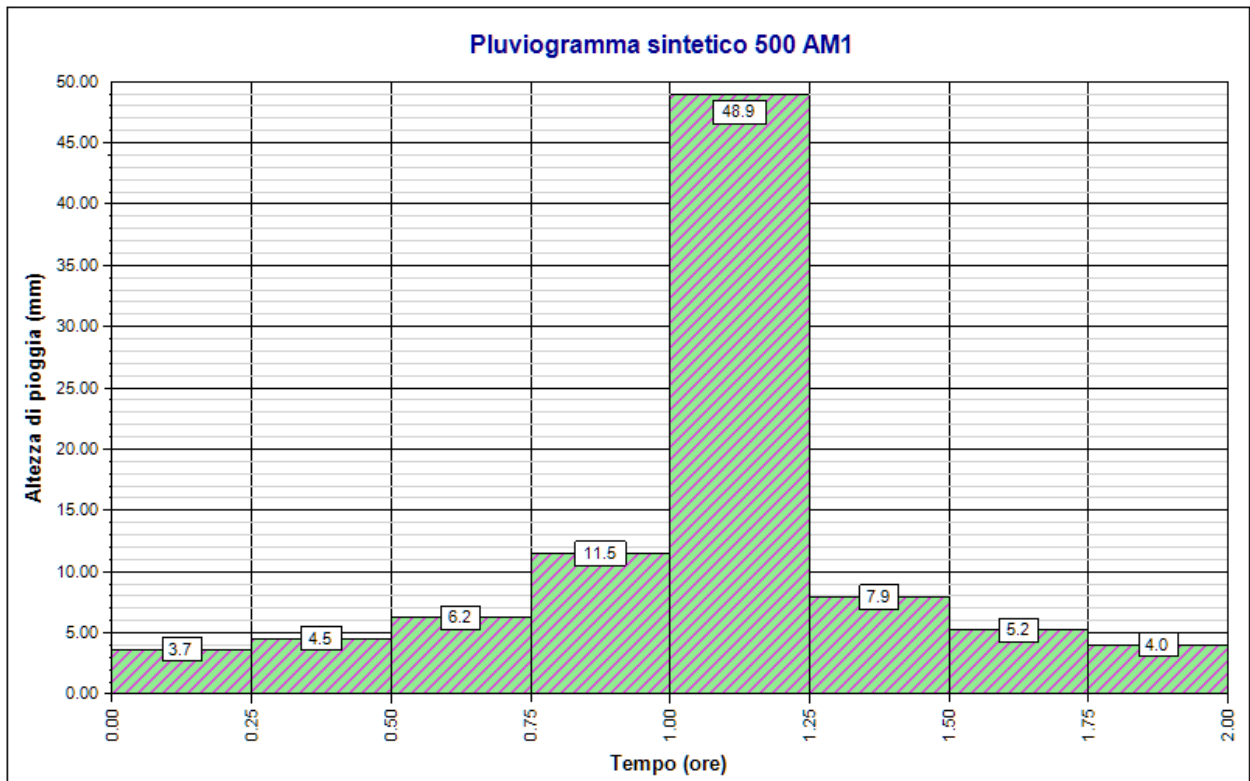
## Curva di pioggia

| Coefficienti curva |      | Espressione             |
|--------------------|------|-------------------------|
| a                  | n    |                         |
| 74.49              | 0.30 | $h(t) = 74,5 t^{0,304}$ |

## Tabella pluviogramma

| n | Estremi intervallo (ore) |        | Estremi intervallo (minuti) |        | Altezza (mm) |
|---|--------------------------|--------|-----------------------------|--------|--------------|
|   | t(i)                     | t(i+1) | t(i)                        | t(i+1) |              |
| 1 | 0.000                    | 0.250  | 0                           | 15     | 3.654        |
| 2 | 0.250                    | 0.500  | 15                          | 30     | 4.539        |
| 3 | 0.500                    | 0.750  | 30                          | 45     | 6.232        |
| 4 | 0.750                    | 1.000  | 45                          | 60     | 11.457       |
| 5 | 1.000                    | 1.250  | 60                          | 75     | 48.893       |
| 6 | 1.250                    | 1.500  | 75                          | 90     | 7.909        |
| 7 | 1.500                    | 1.750  | 90                          | 105    | 5.223        |
| 8 | 1.750                    | 2.000  | 105                         | 120    | 4.038        |





*Pluviogramma sintetico 500 AM1*

**Rapporto idrogramma:****Idrogramma SCS 500 AM1****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.

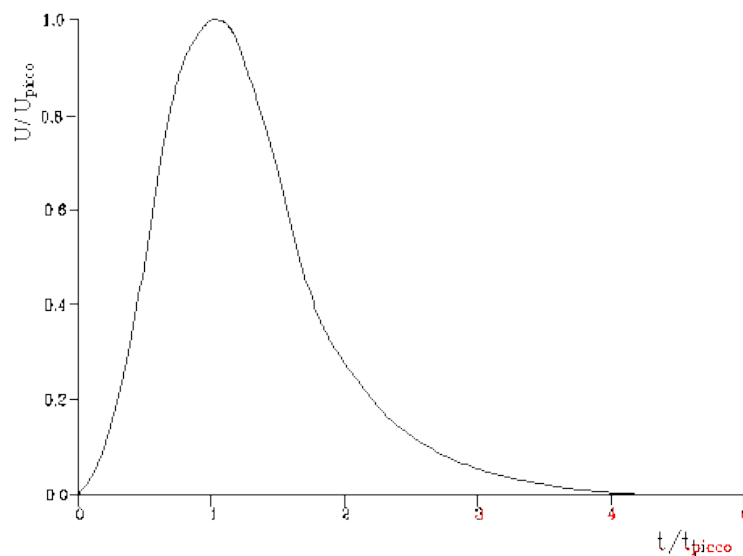
La trasformazione afflussi-deflussi quindi è ottenuta tramite l'idrogramma unitario SCS (1972) di seguito riportato, che richiede come unico parametro il tempo  $t_{LAG}$  (ore) pari al ritardo tra il baricentro del diagramma delle piogge nette e il picco dell'idrogramma unitario. Si può porre  $t_{LAG}=0,6 t_C$  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 500 AM1

**Superficie del bacino:** 0.9 kmq

**Tlag:** 0.370 ore

**Astrazione iniziale:** 3.0 mm

**Curve Number:** 75.0

**Intervallo di calcolo:** 5 minuti

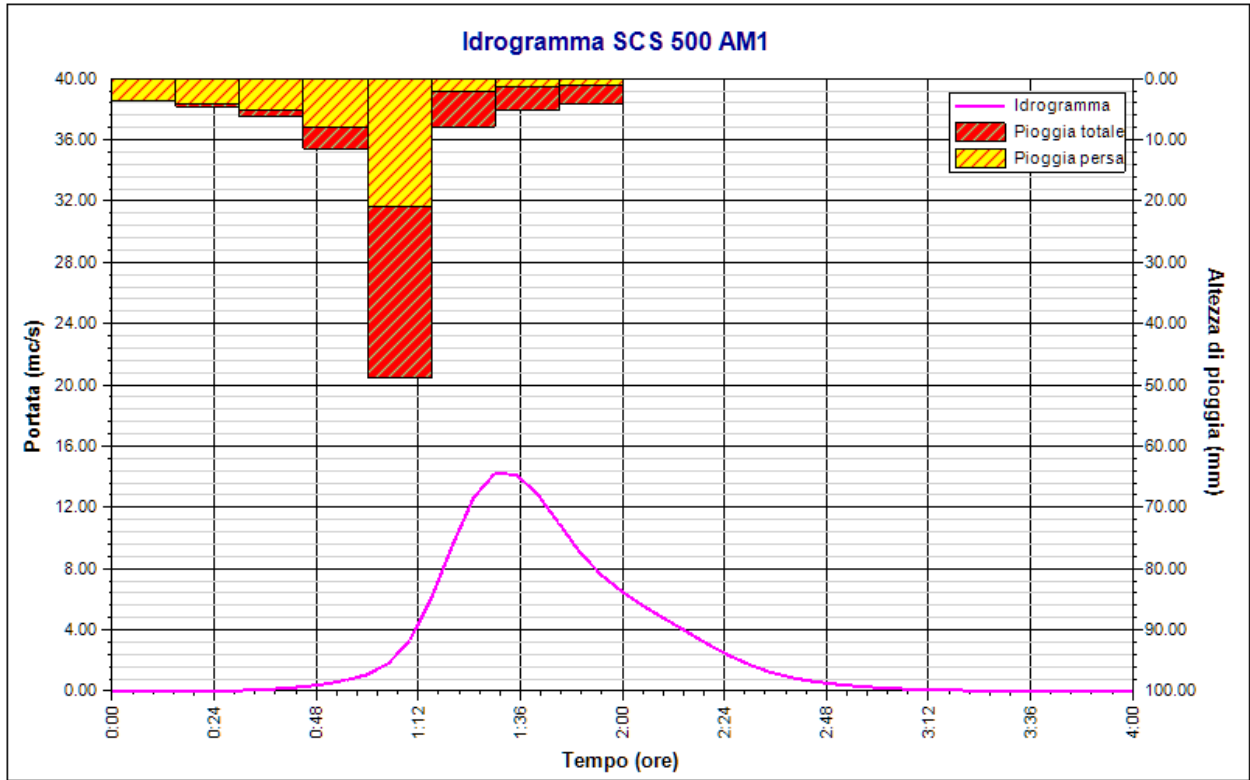
### Tabella idrogramma

| n  | Tempo |          | Afflusso (mm) | Pioggia persa (mm) | Pioggia netta (mm) | Portata (mc/s) |
|----|-------|----------|---------------|--------------------|--------------------|----------------|
|    | (ore) | (minuti) |               |                    |                    |                |
| 1  | 0.000 | 0        | 1.218         | 1.218              | 0.000              | 0.0            |
| 2  | 0.083 | 5        | 1.218         | 1.218              | 0.000              | 0.0            |
| 3  | 0.167 | 10       | 1.218         | 1.213              | 0.005              | 0.0            |
| 4  | 0.250 | 15       | 1.513         | 1.464              | 0.049              | 0.0            |
| 5  | 0.333 | 20       | 1.513         | 1.414              | 0.099              | 0.0            |
| 6  | 0.417 | 25       | 1.513         | 1.366              | 0.147              | 0.0            |
| 7  | 0.500 | 30       | 2.077         | 1.803              | 0.275              | 0.0            |
| 8  | 0.583 | 35       | 2.077         | 1.723              | 0.354              | 0.1            |
| 9  | 0.667 | 40       | 2.077         | 1.648              | 0.429              | 0.2            |
| 10 | 0.750 | 45       | 3.819         | 2.851              | 0.967              | 0.3            |
| 11 | 0.833 | 50       | 3.819         | 2.641              | 1.177              | 0.5            |
| 12 | 0.917 | 55       | 3.819         | 2.454              | 1.365              | 0.7            |
| 13 | 1.000 | 60       | 16.298        | 8.771              | 7.526              | 1.1            |
| 14 | 1.083 | 65       | 16.298        | 6.731              | 9.566              | 1.8            |
| 15 | 1.167 | 70       | 16.298        | 5.329              | 10.969             | 3.3            |
| 16 | 1.250 | 75       | 2.636         | 0.759              | 1.877              | 6.0            |
| 17 | 1.333 | 80       | 2.636         | 0.735              | 1.902              | 9.5            |
| 18 | 1.417 | 85       | 2.636         | 0.711              | 1.925              | 12.6           |
| 19 | 1.500 | 90       | 1.741         | 0.457              | 1.284              | 14.2           |
| 20 | 1.583 | 95       | 1.741         | 0.448              | 1.293              | 14.1           |
| 21 | 1.667 | 100      | 1.741         | 0.439              | 1.303              | 12.9           |
| 22 | 1.750 | 105      | 1.346         | 0.333              | 1.013              | 11.0           |
| 23 | 1.833 | 110      | 1.346         | 0.328              | 1.018              | 9.0            |
| 24 | 1.917 | 115      | 1.346         | 0.323              | 1.023              | 7.6            |
| 25 | 2.000 | 120      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 6.5            |
| 26 | 2.083 | 125      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 5.5            |
| 27 | 2.167 | 130      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 4.7            |
| 28 | 2.250 | 135      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 3.9            |
| 29 | 2.333 | 140      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 3.1            |
| 30 | 2.417 | 145      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 2.3            |
| 31 | 2.500 | 150      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 1.7            |
| 32 | 2.583 | 155      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 1.2            |
| 33 | 2.667 | 160      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.9            |

| 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              | 0.6            |
| 35 | 2.833 | 170      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.5            |
| 36 | 2.917 | 175      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.3            |
| 37 | 3.000 | 180      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.2            |
| 38 | 3.083 | 185      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.1            |
| 39 | 3.167 | 190      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.1            |
| 40 | 3.250 | 195      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.1            |
| 41 | 3.333 | 200      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.0            |
| 42 | 3.417 | 205      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.0            |
| 43 | 3.500 | 210      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.0            |
| 44 | 3.583 | 215      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.0            |
| 45 | 3.667 | 220      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.0            |
| 46 | 3.750 | 225      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.0            |
| 47 | 3.833 | 230      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.0            |
| 48 | 3.917 | 235      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.0            |
| 49 | 4.000 | 240      | 0.000         | 0.000              | 0.000              | 0.0            |

### Tabella risultati

| Parametro            | Valore | U.M.      |
|----------------------|--------|-----------|
| Portata massima      | 14.2   | mc/s      |
| Istante picco        | 1.500  | ore       |
| Istante picco        | 90.0   | minuti    |
| Durata totale evento | 4.000  | ore       |
| Volume afflusso      | 83     | mc x 1000 |
| Volume deflusso      | 41     | mc x 1000 |
| Altezza afflusso     | 91.945 | mm        |
| Altezza deflusso     | 45.612 | mm        |
| Coeff. deflusso      | 0.50   | -         |
| Coeff. udometrico    | 15.79  | mc/s/kmq  |



Idrogramma SCS 500 AM1