

Comuni di Altamura e Matera

Province di Bari e Matera - Regioni Puglia e Basilicata



Progetto per l'attuazione del
Green Deal Europeo approvato l' 11.12.2020:
**“INTERVENTO AGROVOLTAICO IN
SINERGIA FRA PRODUZIONE
ENERGETICA ED AGRICOLA
IN ZONA INDUSTRIALE“**

Sito in agro di Altamura (BA) e Matera (MT)

Denominazione “MASSERIA IESCE“

Potenza elettrica installata: 33.996,62 kW

(Rif. Normativo: D.Lgs 387/2003 – L.R. 25/2012)

Proponente:

PV Apulia 2020 S.r.l.

Via Carlo V, 43 – 72100 Brindisi

I8XVLC8_RelazioneIdrologica

RELAZIONE IDROLOGICA

Progettazione a cura:

SEROS INVEST ENERGY

c.da Lobia, 40 – 72100 BRINDISI

email infoerosinvest@gmail.com

P.IVA 02227090749

Consulenza Tecnica:

Ing. Luca GIANANTONIO

Sommario

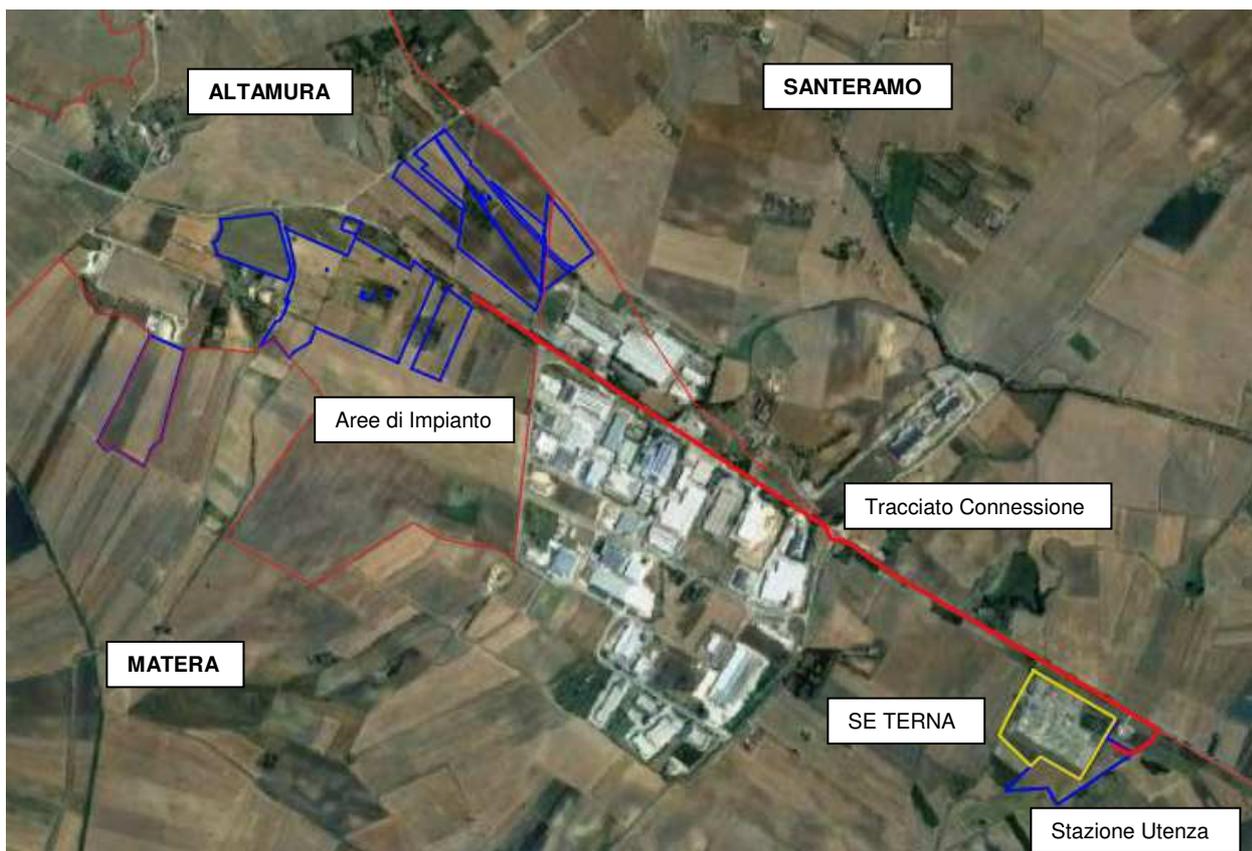
| | |
|---|----|
| PREMESSA..... | 2 |
| ASPETTI GEOMORFOLOGICI DEL TERRITORIO E ELEMENTI DEL PAI..... | 4 |
| INQUADRAMENTO CLIMATICO..... | 10 |
| ANALISI IDROLOGICA..... | 12 |
| Determinazione del Coefficiente di afflusso | 20 |
| Determinazione del Tempo di Corrivazione | 22 |
| Determinazione dei massimi valori di portata critica | 25 |

PREMESSA

Nel seguito si indagano le caratteristiche idrologiche di un sito dedicato al **Progetto per l'attuazione del Green Deal Europeo approvato l' 11.12.2020: "INTERVENTO AGROVOLTAICO IN SINERGIA FRA PRODUZIONE ENERGETICA ED AGRICOLA IN ZONA INDUSTRIALE"** Sito in agro di Altamura (BA) e Matera (MT) - Denominazione **"MASSERIA IESCE"** - Potenza elettrica installata: **33.996,62 kW** - (Rif. Normativo: **D.Lgs 387/2003 - L.R. 25/2012**). Il Progetto prevede una azione congiunta e sinergica fra reddito agrario e reddito energetico, ossia la possibilità di far coesistere l'attività agricola con la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile senza far prevalere una sull'altra e, principalmente, senza alterare la destinazione e l'uso del suolo. La società **"FV Apulia 2020 S.r.l."**, con sede in Brindisi alla Via Carlo V, n° 43, intende realizzare alcuni campi fotovoltaici nonché una **"OASI DI PROTEZIONE"** sia per l'annidamento e l'insediamento di fauna terrestre ed avifauna (competitori naturali dei parassiti delle piante), sia per la creazione e l'implementazione di biodiversità vegetale, nel rispetto delle indicazioni approvate dal Parlamento Europeo in data 11.12.2020, denominato **"Green Deal Europeo"**. L'intervento di progetto viene proposto nella Zona Industriale dei Comuni di Altamura (BA) e di Matera (MT) all'interno di terreni nella disponibilità della società proponente PV Apulia 2020 S.r.l. quale proprietaria superficaria e verrà sviluppato all'interno di aree tipizzate urbanisticamente come **"Zona D - Industriale"**, censite nei Fogli 276, 277 e 278 di Altamura (BA) e nel Foglio 8 di Matera (MT) mentre la Stazione di Utenza, da realizzare ai fini della connessione alla SE TERNA esistente (anch'essa in territorio di Matera), ricade in **"Zona Agricola"** nel Foglio 19 di Matera.



L'area di impianto sorge in prossimità della S.P. 41, alla altezza della intersezione con la S.P. 160. La quota media s.l.m. del sito è pari a circa 390 metri.



L'intervento avrà le seguenti caratteristiche:

- avverrà all'interno di un perimetro recintato schermato con siepi, alberi ed aree a coltivo;
- l'attività agricola continuerà ad essere regolarmente svolta mantenendo le colture prevalenti a foraggio e la ciclicità delle colture stesse;
- si attuerà con l'installazione di strutture di sostegno e di pannelli fotovoltaici la cui altezza da terra consentirà lo svolgimento dell'attività agricola;
- sarà collegato ad un "punto di connessione" alla rete elettrica TERNA ad Alta Tensione.

La presente iniziativa si inserisce nel solco che ormai tutta la normativa comunitaria, nazionale e regionale ha tracciato in merito alla necessità di ricorrere alla massima produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili con il fine di raggiungere, all'anno 2050, la neutralità energetica grazie alla dismissione dei combustibili fossili e cercare, così, di contrastare il fenomeno, purtroppo ormai in atto, del Cambiamento Climatico; il tutto garantendo uno Sviluppo Sostenibile con adeguati livelli occupazionali ed eliminando il forte impatto ambientale, per inquinamento del suolo, del sottosuolo e delle falde sotterranee derivante dallo svolgimento dell'agricoltura tradizionale.

Con la realizzazione dell'impianto Agrovoltaiico, si intende continuare a coltivare regolarmente i terreni a foraggio ed a produrre contestualmente energia elettrica mediante il ricorso alla fonte energetica rinnovabile rappresentata dal Sole, dimostrando la reale possibilità di conciliare entrambe le attività economiche fra di loro e fra queste e la salvaguardia dell'ambiente.

Uno degli obiettivi primari di tale tipo di iniziativa consiste nella diversificazione del reddito da terreni agricoli, al fine di ridurre il fenomeno dell'abbandono delle attività di coltivazione. L'abbandono delle campagne ha risvolti economici e sociali ma ha particolare attinenza anche con l'argomento trattato nella presente indagine; gli utenti dei lotti agricoli rappresentano il primo presidio per la efficienza di reticoli di drenaggio e di bonifica e per la conservazione in buono stato degli alvei naturali; salvaguardare la presenza umana nelle aree agricole può avere, quindi, degli effetti sul regime idraulico caratteristico del territorio.

ASPETTI GEOMORFOLOGICI DEL TERRITORIO E ELEMENTI DEL PAI

L'area in esame si colloca tra la base dell'altopiano su cui sorge l'abitato di Altamura e la fascia di territorio in cui la piattaforma carbonatica degrada in terrazzamenti verso sud ovest, ovvero verso la Fossa Bradanica.

Le rocce localmente affioranti in sito si distinguono in:

- rocce permeabili per porosità interstiziale (prevalentemente "terre rosse" dal contenuto sabbioso limoso caratterizzate da valori di permeabilità compresi, in genere, tra i 10^{-4} ed i 10^{-5} m/sec);
- rocce permeabili per fessurazione e carsismo (tipico il "Calcere di Altamura" che, laddove presenta intensi fenomeni di fessurazione, risulta sede di una cospicua falda idrica di base; la permeabilità può raggiungere valori 10^{-2} m/sec);

Le scarse precipitazioni e la rilevanza dei fenomeni carsici determinano, in sito, una condizione di sostanziale inattività dei reticoli idrografici dato che le acque di pioggia tendono ad infiltrarsi piuttosto velocemente nel sottosuolo. La Carta dei carichi piezometrici degli acquiferi carsici redatta per il Piano di Tutela delle Acque, individua, nell'abitato di Altamura un carico di circa 50 m s.l.m.

Da un punto di vista geologico, l'area si inquadra nella Piattaforma Carbonatica Apula; nella Murgia fanno parte della successione carbonatica di piattaforma il Calcere di Bari ed il Calcere di Altamura che poggia in trasgressione sul primo; fra le due formazioni si colloca una "lacuna stratigrafica" di ampiezza variabile da zona a zona.

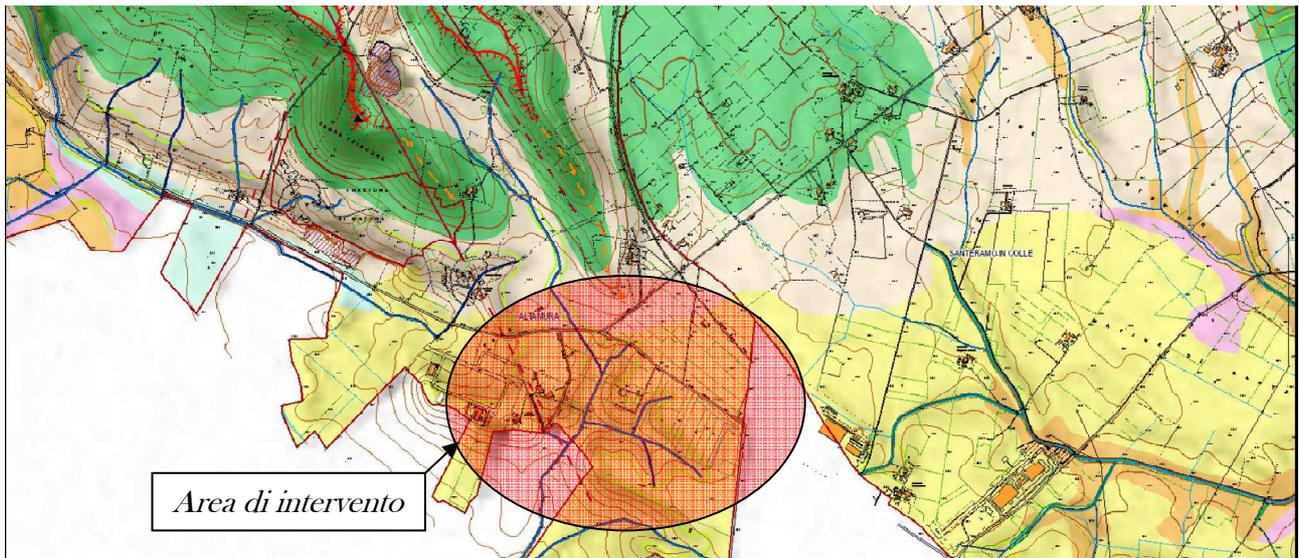
Dal Pliocene medio superiore al Pleistocene inferiore, la Murgia è stata quasi completamente sommersa vedendo la deposizione dal basso delle seguenti formazioni: la calcarenite di Gravina, le Argille subappennine, le calcareniti di M. Castiglione, le sabbie di M. Marano ed il conglomerato di Irsina. Altro dato caratteristico è la presenza, a varie profondità, di terra rossa e cavità carsiche.

Vi sono inoltre, di età più recente, terreni di origine alluvionale, Depositi alluvionali costituiti da sedimenti prevalentemente limosi, con lenti di sabbie e ciottoli, solo a luoghi cementati, di genesi fluviolacustre, legati al reticolo idrografico ed in particolare al bacino sotteso dal Torrente Gravina di Picciano, dal Torrente Gravina di Matera e dal Torrente Iesce con i loro affluenti, e terreni di origine marina tipo Depositi marini terrazzati costituiti da sedimenti prevalentemente sabbiosi con lenti di ciottoli e orizzonti a granulometria più fine (limosi) e con grado di cementazione variabile. In particolare, in corrispondenza del sito di interesse troviamo una sottile copertura alluvionale con spessore massimo di 1.0 m.

Da un punto di vista strutturale, a NE dell'area di intervento si individua l'altopiano calcareo delle Murge che rappresenta uno dei settori più rialzati dell'Avampaese Apulo. Questo si sviluppa lungo un trend WNW-ESE, con una serie di ripiani aventi immersione verso SSW e un assetto monoclinico. La superficie dell'altopiano si configura in forme debolmente ondulate a cui si intervallano distese pianeggianti o ampiamente depresse. A SO dell'altopiano delle Murge si sviluppa l'ampio bacino della fossa Bradanica, al limite della quale si colloca l'area di intervento. Il passaggio fra l'altopiano delle Murge e il bacino è marcato da un ciglio di scarpata netto, sul quale si sviluppano estesi solchi di natura torrentizia. Il paesaggio bradanico è caratterizzato da rilievi poco pronunciati che si susseguono fra loro secondo strette dorsali, caratterizzati da versanti debolmente ondulati e rimodellati dall'azione degli agenti erosivi.

L'erosione differenziale e la natura litologica del bacino danno frequentemente luogo anche a tipici rilievi isolati e fortemente delineati, caratterizzati da pendici molto acclivi sulle quali i fenomeni di dilavamento agiscono in misura incisiva. Con stretto riferimento all'area in esame, questa si presenta come l'intersezione di versanti parificati, variamente acclivi e demarcati dalle linee di impluvio riportate in mappa.

Da un punto di vista idrogeologico, la Carta Idrogeomorfologica Regionale mostra la presenza di un complesso di reticoli idrografici che solcano il sito, di "cigli e ripe" di sponda e di qualche caso di "orlo di scarpata delimitante forme semispianate". Non si individuano forme carsiche quali inghiottitoi, voragini o doline né recapiti finali di bacino endoreico. Gli unici elementi di carattere idrogeologico interferenti con le aree di progetto sono i tronchi di aste idrografiche individuate nella Carta.



Il Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, redatto dalla ex Autorità di Bacino della Regione Puglia ed approvato in data 30/11/2005, si intende come strumento di governo su scala di bacino idrografico e si configura quale documento di carattere conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, difesa e valorizzazione del suolo e alla corretta utilizzazione delle acque, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato.

Il PAI della Regione Puglia si pone come obiettivo immediato la redazione di un quadro conoscitivo generale dell'intero territorio di competenza dell'Autorità di Bacino, in termini di inquadramento delle caratteristiche morfologiche, geologiche ed idrologiche. Nel contempo viene effettuata un'analisi storica degli eventi critici (frane ed alluvioni) che consente di individuare le aree soggette a dissesto idrogeologico, per le quali è già possibile una prima valutazione del rischio.

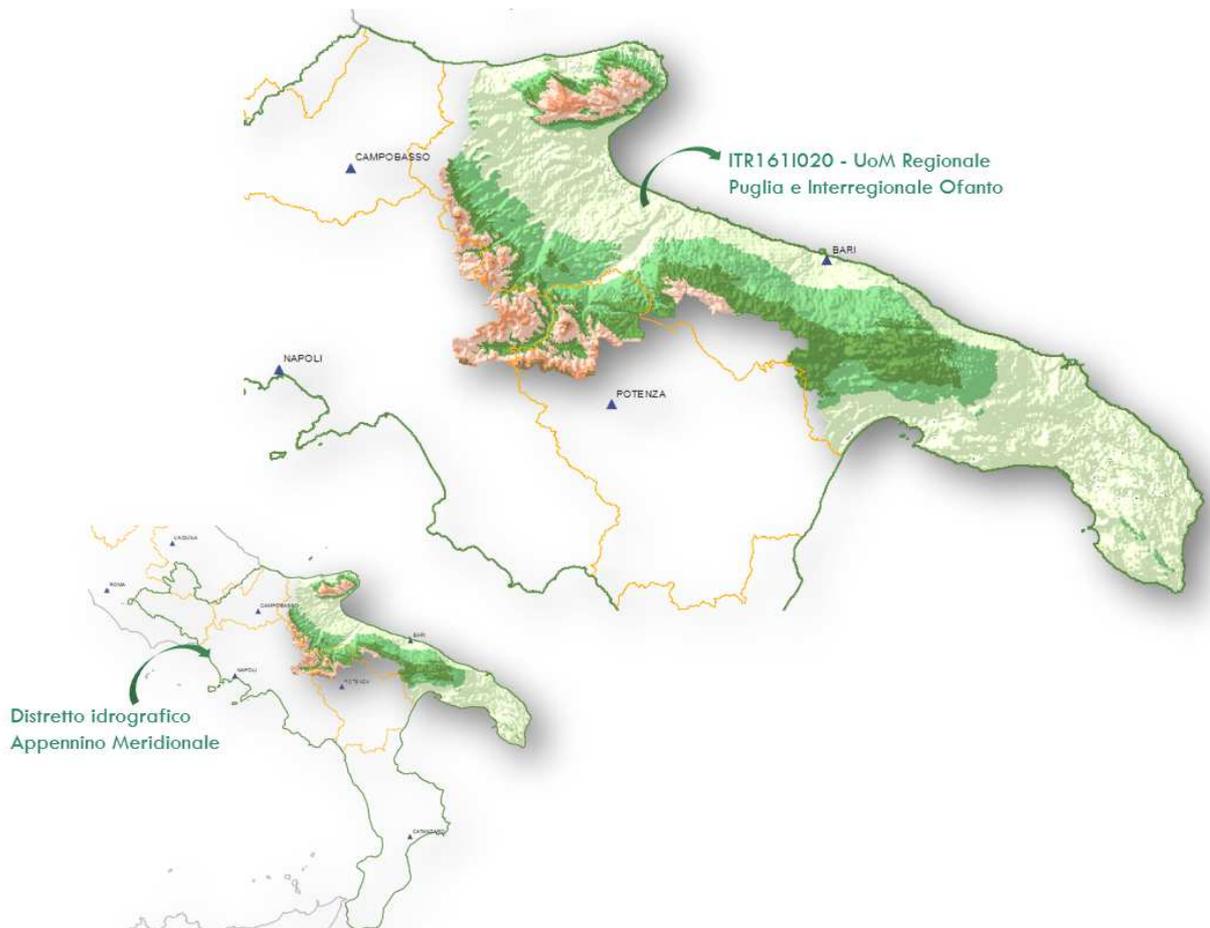
Con D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. sono state soppresse le Autorità di Bacino di cui alla ex L.183/89 e istituite, in ciascun distretto idrografico, le Autorità di Bacino Distrettuali. Ai sensi dell'art. 64, comma 1, del suddetto D.lgs. 152/2006, come modificato dall'art. 51, comma 5 della Legge 221/2015, il territorio nazionale è stato ripartito in 7 distretti idrografici tra i quali quello dell'Appennino Meridionale, comprendente il bacino idrografico della Puglia.

Le Autorità di Bacino Distrettuali, dalla data di entrata in vigore del D.M. n. 294/2016, a seguito della soppressione delle Autorità di Bacino Nazionali, Interregionali e Regionali, esercitano le funzioni e i compiti in materia di difesa del suolo, tutela delle acque e gestione delle risorse idriche previsti in capo alle stesse dalla normativa vigente nonché ogni altra funzione attribuita dalla legge o dai regolamenti. Con il DPCM del 4

aprile 2018 (pubblicato su G.U. n. 135 del 13/06/2018) - emanato ai sensi dell'art. 63, c. 4 del decreto legislativo n. 152/2006 - è stata infine data definitiva operatività al processo di riordino delle funzioni in materia di difesa del suolo e di tutela delle acque avviato con Legge 221/2015 e con D.M. 294/2016.

L'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, in base alle norme vigenti, ha fatto proprie le attività di pianificazione e programmazione a scala di Bacino e di Distretto idrografico relative alla difesa, tutela, uso e gestione sostenibile delle risorse suolo e acqua, alla salvaguardia degli aspetti ambientali svolte dalla ex Autorità di Bacino della Puglia, in base al disposto della ex legge 183/89 e concorre, pertanto, alla difesa, alla tutela e al risanamento del suolo e del sottosuolo, alla tutela qualitativa della risorsa idrica, alla mitigazione del rischio idrogeologico, alla lotta alla desertificazione, alla tutela della fascia costiera ed al risanamento del litorale (in riferimento agli articoli 53, 54 e 65 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e s.m.i.).

La pianificazione di bacino fino ad oggi svolta dalle ex AdB della Regione Puglia ripresa ed integrata dall'Autorità di Distretto, costituisce riferimento per la programmazione di azioni condivise e partecipate in ambito di governo del territorio a scala di bacino e di distretto idrografico.



Il Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico costituisce uno strumento di pianificazione, per tale motivo si è ritenuto opportuno impostare l'intero impianto normativo sulla pericolosità idrogeologica piuttosto che sul rischio. Ciò nondimeno nell'ambito del PAI vengono individuate le aree soggette a rischio idrogeologico, in quanto si ritiene che tale individuazione sia indispensabile per la programmazione degli interventi per la mitigazione del rischio ed in particolare per stabilirne la priorità sia che si tratti di interventi strutturali che non strutturali, quali Piani di Protezione Civile e Misure di Salvaguardia.

Il rischio idrogeologico è una grandezza che mette in relazione la pericolosità, intesa come caratteristica di un territorio che lo rende vulnerabile a fenomeni di dissesto (frane, alluvioni, etc) e la presenza sul territorio di beni in termini di vite umane e di insediamenti urbani, industriali, infrastrutture, beni storici, artistici, ambientali, etc. I criteri per la definizione e la perimetrazione delle aree a pericolosità idrogeologica si rifanno a specifiche metodologie in rapporto agli eventi alluvionali e franosi.

Nell'ambito del PAI sono, quindi, individuate aree a:

- Alta Pericolosità (AP), Media Pericolosità (MP) e Bassa Pericolosità (BP) idraulica, in relazione ad eventi piovosi caratterizzati dai tempi di ritorno pari a rispettivamente a 30, 200 e 500 anni, conformemente a quanto previsto dal DPCM del 29.09.1998;
- Elevata Pericolosità (PG3), Media Pericolosità (PG2) e Moderata Pericolosità (PG1) rispetto al dissesto geomorfologico;
- Rischio moderato (R1), medio (R2), elevato (R3), molto elevato (R4), in funzione dei danni che potrebbero essere causati da fenomeni alluvionali e/o franosi.

Le aree di impianto, compresi cavidotti e opere accessorie, non presentano alcuna interferenza con perimetrazioni PAI di pericolosità idraulica o geomorfologica; si registra, la presenza di un reticolo idrografico in sito, interferente con le aree di impianto.

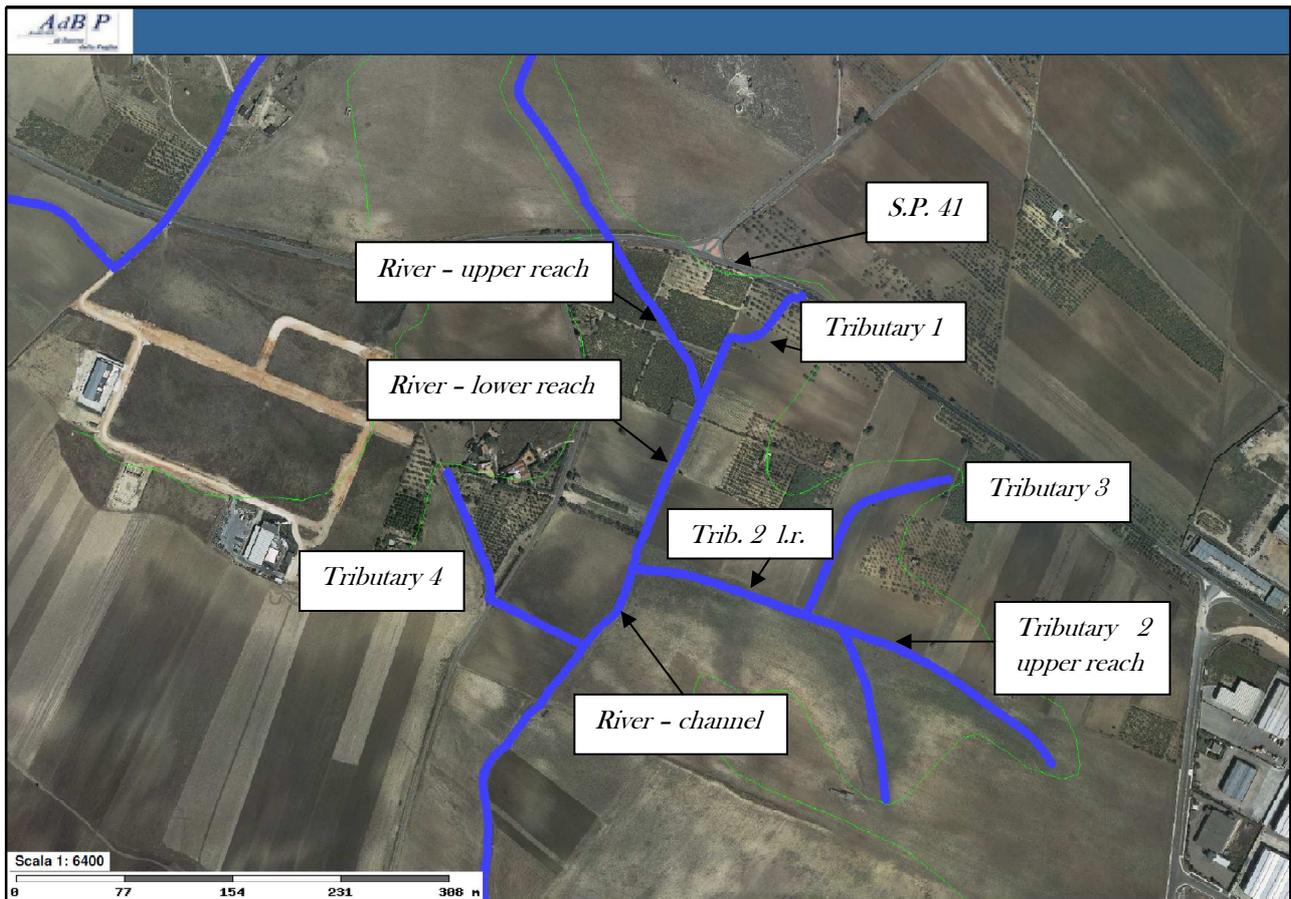
Le NTA del PAI (artt. 6 e 10) prevedono la salvaguardia delle aree golenali e delle fasce di pertinenza fluviale per gli impluvi riportati nella cartografia ufficiale e, laddove tali fasce di territorio non siano arealmente individuate da appositi segni grafici in cartografia, assegna convenzionalmente all'area golenale la fascia di territorio fino ad una distanza di 75 m dal tracciato principale dell'impluvio, sia in destra che in sinistra idraulica; per la fascia di pertinenza fluviale si considerano i successivi 75 m oltre la fascia golenale. Pertanto, qualora l'intervento di progetto vada ad occupare aree distanti

meno di 150 m dal tracciato dell'asta idrografica, risulta necessario valutare l'influenza dell'intervento sul regime idraulico dell'asta fluviale affinché siano scongiurati peggioramenti delle condizioni di allagabilità del territorio ascrivibili all'intervento stesso. **Nei lotti in cui si vuole accogliere le installazioni fotovoltaiche, si individua un'asta idrografica ramificata in vari tronchi riportati nella cartografia ufficiale (Carta IGM, Carta Idrogeomorfologica).** Si tratta di impluvi naturali appartenenti all'arco montano di reticoli idrografici. Nella indagine degli impluvi e dei bacini scolanti ad essi afferenti, si è deciso di identificare una asta principale di reticolo ("river") e quattro distinti tronchi di aste afferenti ad essa ("tributary 1, 2, 3 e 4"); i punti di confluenza tra le aste determinano il sezionamento dei singoli tronchi nelle seguenti partizioni:

- "River" - si compone dei tronchi, rispettivamente da monte verso valle, "upper reach", "lower reach" e "channel"; infatti nella cartografia ufficiale tale asta individua una porzione di estremità a monte (upper) che interseca la S.P. 41 in tombinamento, quindi una porzione di tronco a valle della confluenza con "tributary 1" (lower reach) ed infine un tronco terminale a valle della confluenza con "tributary 2" (channel) in cui il percorso dell'asta è marcata sul territorio dalla presenza di un canale in terra;
- "Tributary 2" - si compone, in questa sede, dei tronchi di monte (upper reach) e di valle (lower reach) rispetto alla confluenza con "Tributary 3";

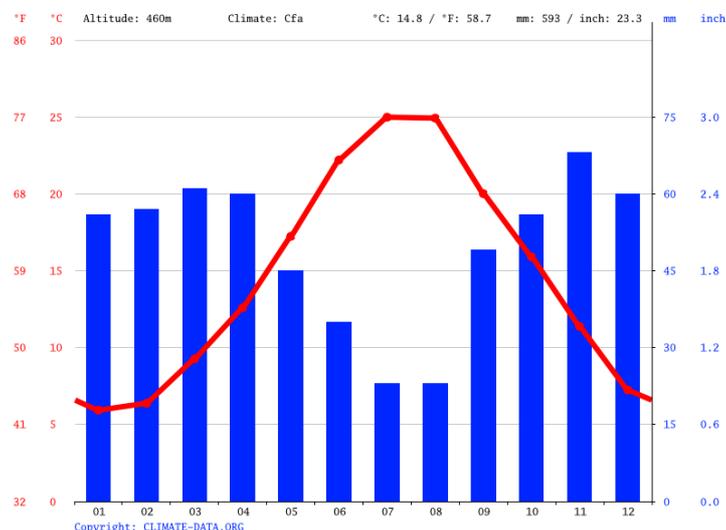
Per quanto riguarda l'asta denominata "Tributary 4", individuata in cartografia come "Lamia Girolamo", essa in mappa confluisce nella porzione di "River" denominata in questa sede "channel"... vedremo però nella relazione idraulica che, ai fini dell'indagine svolta, tale tronco di asta idrografica è stato trattato come un impluvio indipendente, in ragione della morfologia del territorio e delle reali condizioni di flusso che si possono prevedere in sito in occasione di eventi meteorici critici.

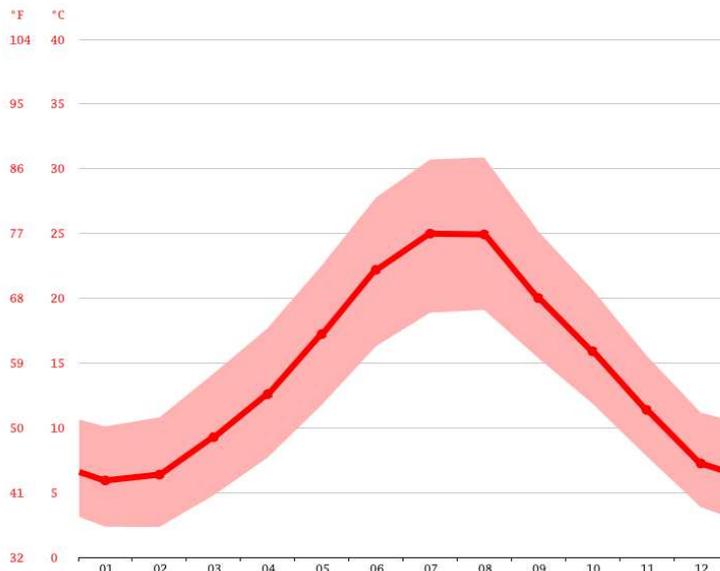
La schematizzazione del reticolo idrografico appena descritta è stata ideata al fine di indagare il regime di deflusso superficiale delle acque caratteristico dell'intero sistema, in occasione di eventi meteorici critici. L'indagine, i cui risultati sono descritti nella Relazione Idraulica, è stata realizzata a mezzo del software Hec Ras, comunemente utilizzato per la simulazione idrodinamica di flusso idrico monodimensionale in alveo, in condizioni di moto permanente. Gli eventi di pioggia critica presi in considerazione nella simulazione di flusso sono quegli eventi di durata oraria e di massima intensità, caratterizzati dai tempi di ritorno (Tr) pari rispettivamente a 30, 200 e 500 anni, in accordo alle specifiche di indagine individuate nel P.A.I.



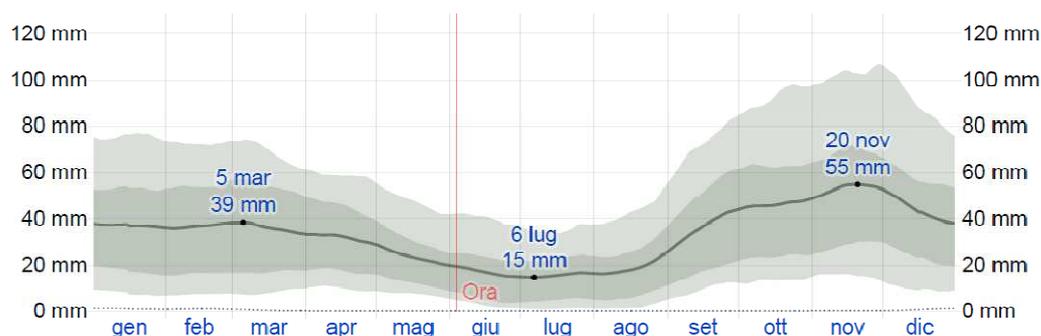
INQUADRAMENTO CLIMATICO

La cittadina di Altamura si trova a circa 460 m sopra il livello del mare; il clima risulta caldo e temperato. Si riscontra una piovosità significativa durante l'anno, anche nel mese più secco viene riscontrata molta piovosità. Secondo Köppen e Geiger il clima è stato classificato come Cfa. La temperatura media è di 14,8 °C mentre il valore di piovosità media annuale è pari a 593 mm.



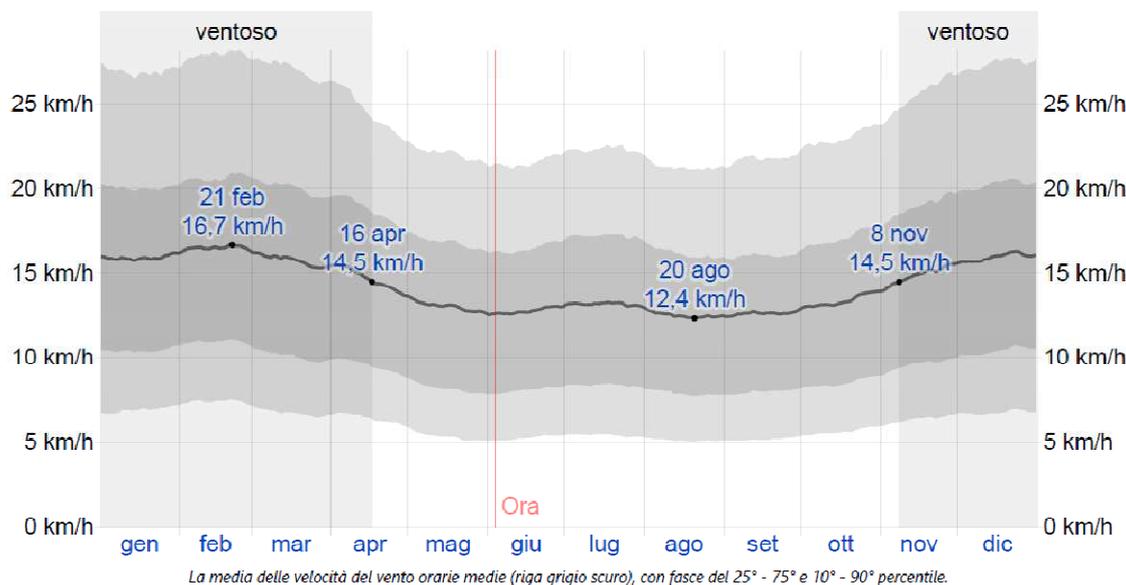


La possibilità di giorni piovosi a Altamura varia durante l'anno. La stagione più piovosa dura mediamente 8 mesi, da metà settembre ai primi di maggio, con una probabilità di oltre il 18% che un dato giorno sia piovoso. Il mese maggiormente piovoso risulta essere novembre mentre luglio è il più secco.



La pioggia media (riga continua) accumulata durante un periodo mobile di 31 giorni centrato sul giorno in questione con fasce del 25° - 75° e 10° - 90° percentile. La riga tratteggiata sottile indica le nevicate medie in misure equivalenti in acqua.

La direzione oraria media del vento predominante a Altamura varia durante l'anno. In media si riscontra vento da ovest per 2,5 mesi, da nord per 5,2 mesi, da sud per 2,1 settimane:



ANALISI IDROLOGICA

La analisi idrologica ha lo scopo di consentire la valutazione delle punte di portata idrica di origine meteorica per determinati eventi piovosi e per fissate sezioni che sottendono un bacino idrografico.

Nella presente indagine è stato valutato il regime meteorico caratteristico del sito sulla scorta del Progetto VAPI Puglia. Il DPCM 29 settembre 1998, ai fini della perimetrazione e valutazione dei livelli di rischio, “ove possibile, consiglia che gli esecutori traggano i valori di riferimento della portata al colmo di piena con assegnato tempo di ritorno dai rapporti tecnici del progetto VAPI (VALutazione PIene), messo a disposizione dal GNDICI-CNR”. Si è fatto quindi ricorso ai risultati del progetto VAPI per la determinazione delle altezze critiche di precipitazione e delle curve di possibilità pluviometrica, utili al calcolo delle punte di piena meteorica relative ad eventi critici interessanti gli impluvi naturali individuati in sito.

Il Progetto VAPI consiste in una procedura regionale inerente l'elaborazione statistica di dati spaziali. Questi ultimi tendono a definire modelli matematici finalizzati ad una interpretazione delle modalità con cui variano nello spazio le diverse grandezze idrologiche. L'analisi regionale degli estremi idrologici massimi, può essere condotta suddividendo l'area di studio in zone geografiche omogenee nei confronti dei parametri statistici che si è deciso di adottare.

Il modello statistico utilizzato fa riferimento alla distribuzione TCEV (Rossi et al. 1984) con regionalizzazione di tipo gerarchico (Fiorentino et al. 1987). In questa distribuzione i parametri fondamentali, che rappresentano il parametro di scala ed il numero medio di osservazioni della variabile casuale, provengono dalla componente ordinaria e dalla componente secondaria.

La procedura di regionalizzazione comporta che al primo livello si ricerchino zone pluviometriche omogenee, entro le quali si possano considerare costanti i valori dei parametri; questi ultimi devono essere stimati da un elevato numero di dati; tutto ciò comporta l'assunzione di una regione omogenea molto ampia. Le sottozone omogenee, sono individuate nel secondo grado di regionalizzazione; anche in questo livello si ipotizza che l'area indagata costituisca una zona omogenea. Si considerano solo le serie più numerose, in quanto la stima dei parametri suddetti è condizionata dalla presenza di dati di pioggia straordinari che hanno probabilità molto bassa di verificarsi in un periodo molto breve.

L'analisi di terzo livello basata sull'analisi di regressione delle precipitazioni di diversa durata con la quota, ha portato alla individuazione di sei zone e delle rispettive curve di possibilità climatica.

Nel terzo livello di analisi regionale viene analizzata la variabilità spaziale del parametro di posizione (media, moda, mediana) delle serie storiche in relazione a fattori locali.

Nell'analisi delle piogge orarie, in analogia ai risultati classici della statistica idrologica, per ogni sito è possibile legare il valore medio $\mu(X_t)$ dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata "t" alle durate stesse, attraverso la relazione:

$$\mu(X_t) = a t^n$$

essendo "a" ed "n" due parametri variabili da sito a sito. Ad essa si dà il nome di curva di probabilità pluviometrica. La relazione che lega l'altezza media di precipitazione alla durata ed alla quota del sito viene generalizzata nella forma:

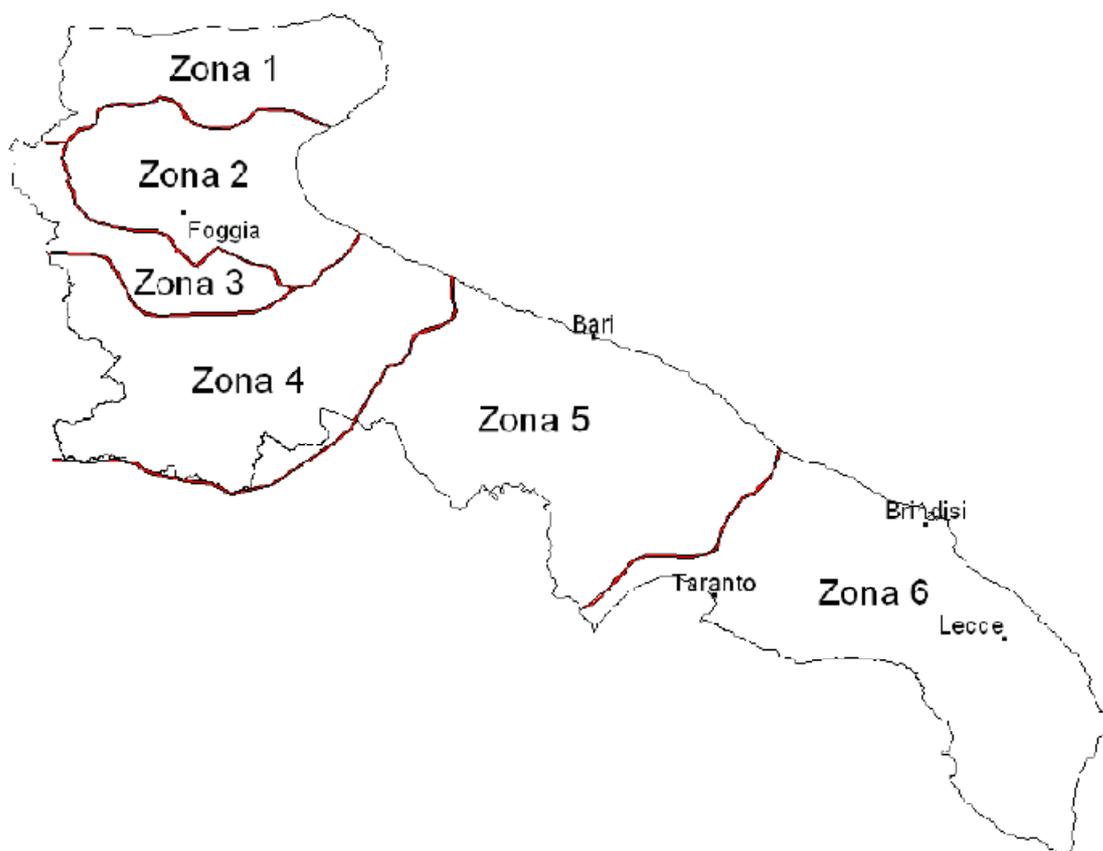
$$\mu(X_t) = a t^{(Ch+D+\log \alpha - \log a) / \log 24}$$

in cui α è il valor medio, pesato sugli anni di funzionamento, dei valori di $\mu(X_t)$ relativi alle serie ricadenti in ciascuna zona omogenea; $\alpha = x_g/x_{24}$ è il rapporto fra le medie delle piogge giornaliere e di durata 24 ore per serie storiche di pari numerosità. Per la Puglia il valore del coefficiente α è praticamente costante sull'intera regione e pari a 0.89; C e

D sono i coefficienti della regressione lineare fra il valor medio dei massimi annuali delle piogge giornaliere e la quota sul livello del mare.

| Zona | α | a | C | D | N |
|------|----------|--------|----------|-------|-------|
| 1 | 0,89 | 28,66 | 0,000503 | 0,720 | - |
| 2 | 0,89 | 22,23 | - | - | 0,247 |
| 3 | 0,89 | 25,325 | 0,000531 | 0,696 | - |
| 4 | 0,89 | 24,7 | - | - | 0,256 |
| 5 | 0,89 | 28,2 | 0,0002 | 0,628 | - |
| 6 | 0,89 | 33,7 | 0,0022 | 0,666 | - |

Tabella 3 - Coefficienti del terzo livello di regionalizzazione



L'area in oggetto si inquadra, quindi, nell'ambito delle aree pluviometriche omogenee individuate nel territorio regionale, in zona 5; pertanto, l'equazione da applicare è la seguente:

$$x(t,z) = 28.2 t^{(0.628+0.0002 z)/3.178}$$

Tale equazione consente di valutare le altezze critiche per i differenti intervalli di precipitazione e per i vari tempi di ritorno prescelti, in funzione del solo parametro della quota assoluta sul livello del mare. Ai valori così ottenuti vanno applicati

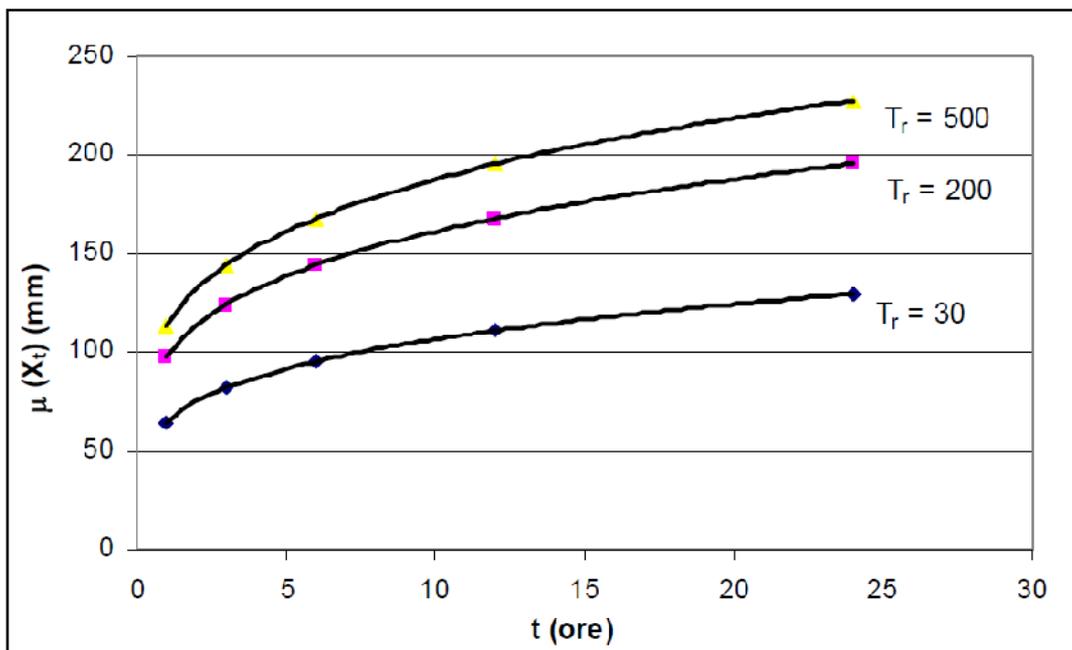
coefficienti moltiplicativi relativamente al fattore di crescita K_T (funzione del tempo di ritorno dell'evento di progetto, espresso in anni), ed al fattore di riduzione areale K_A (funzione della superficie del bacino espressa in Km^2 , e della durata dell'evento di progetto, espressa in ore).

I valori ottenuti nel presente caso di studio per i parametri a ed n delle Curve di Possibilità Pluviometriche, hanno condotto alla individuazione delle seguenti espressioni delle relazioni matematiche riferite ai tre tempi di ritorno critici considerati:

$$H(t)_{30anni} = 54.14 T^{0.223}$$

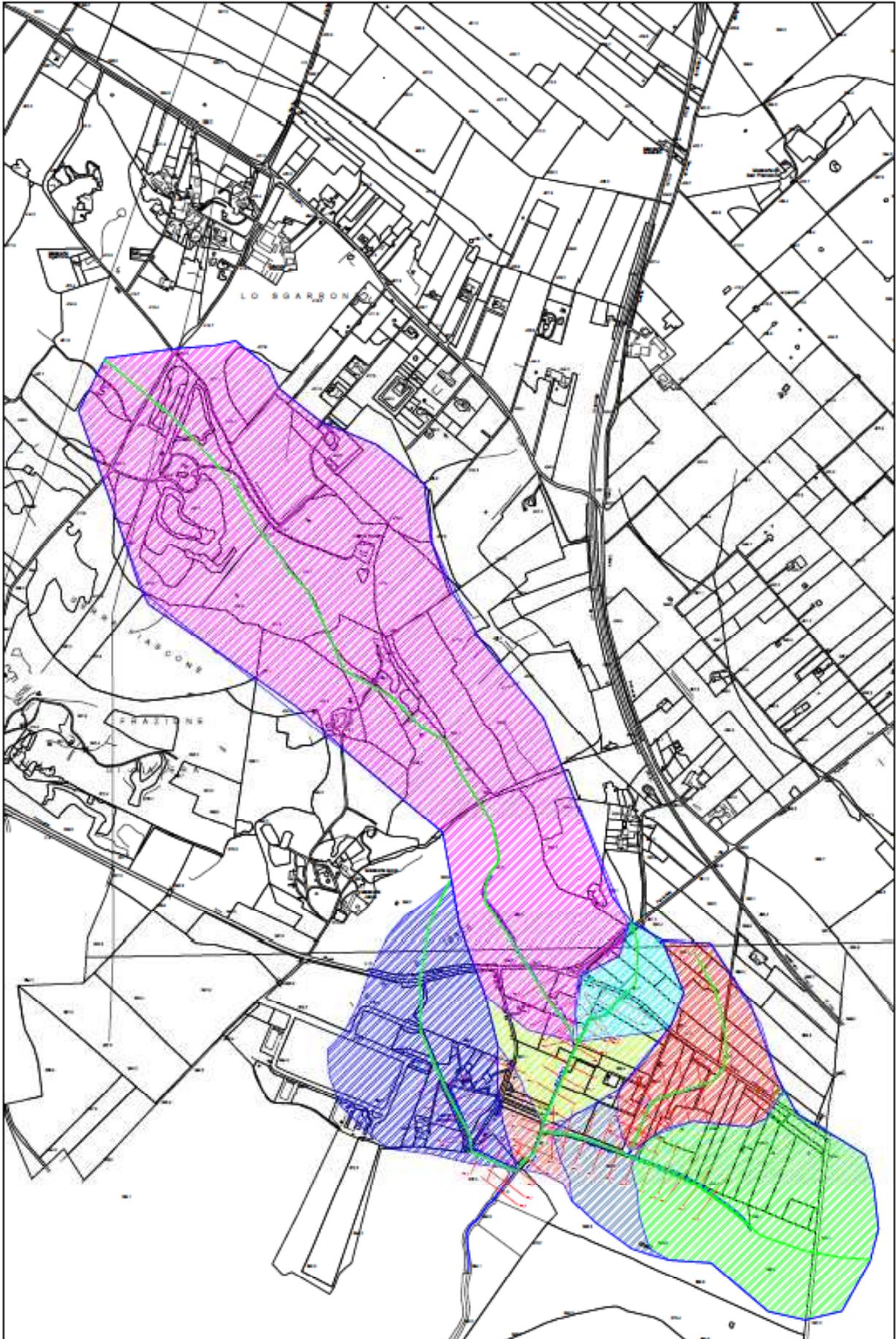
$$H(t)_{200anni} = 81.78 T^{0.223}$$

$$H(t)_{500anni} = 95.03 T^{0.223}$$



Gli impluvi naturali coinvolti nella indagine sottendono i rispettivi micro bacino scolanti, individuabili analizzando lo sviluppo planimetrico dei reticoli idrografici e l'andamento delle isoipse sulla Carta Tecnica Regionale.

Di seguito si riporta uno stralcio planimetrico dell'area con la individuazione delle superfici drenate dai compluvi indagati, avendo posizionato le sezioni di chiusura immediatamente a valle dei lotti interessati dalle installazioni di progetto ovvero in corrispondenza dei punti di confluenza tra aste idrografiche:



Di seguito si riportano i valori delle caratteristiche morfometriche calcolati per i bacini scolanti afferenti i diversi tronchi di asta idrografica indagati, in cui “S” individua la superficie scolante del bacino sotteso, “L” è la lunghezza del percorso idraulicamente più lungo, “Q” individua la quota altimetrica, “ i_{med} ” la pendenza media dell’asta e “ $i_{med\text{versanti}}$ ” è la pendenza media dei versanti:

River:

Upper reach:

$$S = 1.203 \text{ Km}^2$$

$$L = 2.47 \text{ Km}$$

$$Q_{max} = 435 \text{ m s.l.m.}$$

$$Q_{min} = 378 \text{ m s.l.m.}$$

$$Q_{med} = 416 \text{ m s.l.m.}$$

$$i_{med} = 0.023$$

$$i_{med\text{versanti}} = 0.04$$

Lower reach:

$$S = 1.35 \text{ Km}^2$$

$$L = 2.73 \text{ Km}$$

$$Q_{max} = 435 \text{ m s.l.m.}$$

$$Q_{min} = 372 \text{ m s.l.m.}$$

$$Q_{med} = 415 \text{ m s.l.m.}$$

$$i_{med} = 0.023$$

$$i_{med\text{versanti}} = 0.04$$

Channel:

$$S = 1.913 \text{ Km}^2$$

$$L = 2.87 \text{ Km}$$

$$Q_{\max} = 435 \text{ m s.l.m.}$$

$$Q_{\min} = 371 \text{ m s.l.m.}$$

$$Q_{\text{med}} = 414 \text{ m s.l.m.}$$

$$i_{\text{med}} = 0.023$$

$$i_{\text{med}}^{\text{versanti}} = 0.04$$

Tributary

Tributary 1:

$$S = 0.07 \text{ Km}^2$$

$$L = 0.415 \text{ Km}$$

$$Q_{\max} = 391 \text{ m s.l.m.}$$

$$Q_{\min} = 378 \text{ m s.l.m.}$$

$$Q_{\text{med}} = 386 \text{ m s.l.m.}$$

$$i_{\text{med}} = 0.031$$

$$i_{\text{med}}^{\text{versanti}} = 0.02$$

Tributary 2 - upper reach:

$$S = 0.307 \text{ Km}^2$$

$$L = 0.755 \text{ Km}$$

$$Q_{\max} = 392 \text{ m s.l.m.}$$

$$Q_{\min} = 378.5 \text{ m s.l.m.}$$

$$Q_{\text{med}} = 387 \text{ m s.l.m.}$$

$$i_{\text{med}} = 0.018$$

$$i_{\text{med}}^{\text{versanti}} = 0.02$$

Tributary 2 - lower reach:

$$S = 0.53 \text{ Km}^2$$

$$L = 1.016 \text{ Km}$$

$$Q_{\max} = 392 \text{ m s.l.m.}$$

$$Q_{\min} = 372 \text{ m s.l.m.}$$

$$Q_{\text{med}} = 384 \text{ m s.l.m.}$$

$$i_{\text{med}} = 0.02$$

$$i_{\text{med}}^{\text{versanti}} = 0.01$$

Tributary 3:

$$S = 0.156 \text{ Km}^2$$

$$L = 0.730 \text{ Km}$$

$$Q_{\max} = 390 \text{ m s.l.m.}$$

$$Q_{\min} = 378.5 \text{ m s.l.m.}$$

$$Q_{\text{med}} = 385 \text{ m s.l.m.}$$

$$i_{\text{med}} = 0.016$$

$$i_{\text{med}}^{\text{versanti}} = 0.01$$

Tributary 4:

$$S = 0.27 \text{ Km}^2$$

$$L = 0.96 \text{ Km}$$

$$Q_{\max} = 393 \text{ m s.l.m.}$$

$$Q_{\min} = 371 \text{ m s.l.m.}$$

$$Q_{\text{med}} = 385 \text{ m s.l.m.}$$

$$i_{\text{med}} = 0.02$$

$$i_{\text{medversanti}} = 0.015$$

La determinazione delle punte di portata di piena è stata effettuata utilizzando il metodo razionale che si avvale di considerazioni sulle caratteristiche del bacino imbrifero e delle precipitazioni critiche.

Il metodo razionale si basa sulla seguente formula:

$$Q_p = 0,28 * C * i * A$$

in cui:

- Q_p : portata di progetto [m^3/s]
- C : coefficiente di afflusso [adim]
- i : intensità di pioggia [mm/h]
- A : superficie del bacino [km^2]

Di seguito viene descritto come sono stati calcolati i vari parametri richiesti dalla formula razionale.

Determinazione del Coefficiente di afflusso

Si definisce "*coefficiente d'afflusso*" C il rapporto tra il volume totale transitato nella sezione di controllo e il volume totale di pioggia P precipitato nel bacino sotteso durante l'evento meteorico.

$$C = \frac{Q_t}{P}$$

I valori del coefficiente d'afflusso possono essere molto diversi a seconda della diversa natura del sottosuolo, della ricopertura vegetale o delle azioni antropiche sul territorio.

| | |
|--|------------------|
| <i>Tetti impermeabili</i> | <i>0,70-0,95</i> |
| <i>Pavimentazione di asfalto in buono stato</i> | <i>0,85-0,90</i> |
| <i>Pavimenti di pietra o laterizio con connessioni cementate</i> | <i>0,75-0,85</i> |
| <i>Pavimentazione a macadam</i> | <i>0,25-0,60</i> |
| <i>Strade e viali con ghiaietto</i> | <i>0,15-0,30</i> |
| <i>Superfici non pavimentate, piazzali ferroviari</i> | <i>0,10-0,30</i> |
| <i>Parchi, giardini, prati</i> | <i>0,05-0,25</i> |
| <i>Aree boschive e foreste</i> | <i>0,01-0,20</i> |

Tabella 2-1: Valori del coefficiente di afflusso C secondo Kuichling.

Come riportato su numerosi testi di studio o sul manuale di Ingegneria Civile e ambientale, il coefficiente di infiltrazione tiene conto del fatto che la superficie su cui cade la pioggia non è impermeabile, per cui parte dell'acqua precipitata vi si infila e

non partecipa al deflusso superficiale. Nel “Il dimensionamento idraulico delle Fognature Urbane” del Prof. Ignazio Mantica, si propone per il calcolo di tale coefficiente la valutazione della media ponderata di “*fattori di impermeabilità empirici*” caratteristici dei tipi di terreno di cui è costituito il bacino. A tal fine vengono forniti valori tabellati per i tipi elementari di superficie caratteristica:

ELEMENTI ANALITICI

| | |
|---|--------------------|
| <i>Tetti, terrazze, pavimentazioni</i> | <i>0,90 - 0,80</i> |
| <i>Lastricati ben connessi</i> | <i>0,80 - 0,70</i> |
| <i>Lastricati ordinari</i> | <i>0,70 - 0,50</i> |
| <i>Macadam selciati</i> | <i>0,60 - 0,40</i> |
| <i>Superfici battute</i> | <i>0,30 - 0,15</i> |
| <i>Superfici non battute, parchi, boschi, giardini, terre non coltivate</i> | <i>0,10 - 0,00</i> |

ELEMENTI GLOBALI

| | |
|---|--------------------|
| <i>Costruzioni dense (centri cittadini)</i> | <i>0,80 - 0,70</i> |
| <i>Costruzioni spaziate (semintensive)</i> | <i>0,60 - 0,50</i> |
| <i>Zone a villini</i> | <i>0,35 - 0,25</i> |
| <i>Aree non edificate</i> | <i>0,20 - 0,15</i> |
| <i>Giardini, parchi e boschi</i> | <i>0,10 - 0,00</i> |

Il Manuale di Ingegneria Civile e ambientale (edizione Zanichelli / ESAC) propone dei valori tabellati per coefficienti di afflusso legati alla diversa natura delle superfici.

| <u>Tipo di suolo</u> | Copertura del bacino | | |
|--|----------------------|---------|--------|
| | Coltivi | Pascoli | Boschi |
| Molto permeabile sabbioso o ghiaioso | 0,20 | 0,15 | 0,10 |
| Mediamente permeabili; medio impasto o simili | 0,40 | 0,35 | 0,30 |
| Poco permeabili; fortemente argillosi; poco profondi sopra roccia impermeabile | 0,50 | 0,45 | 0,40 |

Nel presente caso di studio i micro bacino scolanti sono costituiti esclusivamente da aree agricole, seppure il sito è inquadrato urbanisticamente come “zona industriale”. Il piano campagna mostra versanti degradanti con continuità verso la linea di impluvio. I compluvi risultano facilmente individuabili a occhio nudo. La copertura vegetale del terreno dipende essenzialmente dai cicli di coltivazione. I fabbricati risultano quasi del tutto assenti, le strade sostanzialmente “a raso” con il piano campagna.

Nella valutazione della portata di progetto, tenuta in considerazione la tipologia di territorio, la situazione planoaltimetrica che lo contraddistingue, il grado di permeabilità del tipo di superfici incontrate, la tipologia di regime di deflusso superficiale che è plausibile attendere in caso di pioggia intensa, si è ritenuto sufficientemente cautelativo considerare, per il coefficiente di afflusso, un valore numerico pari a:

$$C = 0,3$$

Determinazione del Tempo di Corrivazione

Il tempo di corrivazione T_c è il tempo teoricamente richiesto ad una goccia d'acqua per giungere dal punto idraulicamente più distante del bacino fino alla sezione di chiusura e dipende essenzialmente dalle caratteristiche morfometriche dello stesso.

E' possibile calcolare il tempo di corrivazione come media dei valori ottenuti da numerose formule di calcolo ben note in letteratura e generalmente di origine empirica. Nel caso in esame si è scelto di calcolare il tempo di corrivazione come media dei valori ottenuti dalle seguenti formule: Formule di Pezzoli, di Puglisi, di Tournon, di Ventura, di Viparelli e di Kirpich. Nel calcolo di ogni singola media si è ritenuto di ignorare il valore calcolato più basso ed i due valori più elevati, pertanto il "Tc" finale per ogni microbacino risulta dalla media di tre dei sei valori calcolati:

River:

Upper reach:

$$T_{\text{pezzoli}}: 0.055 L / \sqrt{i} = 0.9 \text{ h}$$

$$T_{\text{puglisi}}: 6L^{2/3} (h_{\text{max}} - h_{\text{min}})^{-1/3} = 2.85 \text{ h}$$

$$T_{\text{tournon}}: 0.396L / \sqrt{i} (S/L^2 * \sqrt{i}/iv)^{0.72} = 1.52 \text{ h}$$

$$T_{\text{ventura}}: 0.127 \sqrt{S} / \sqrt{i} = 0.92 \text{ h}$$

$$T_{\text{viparelli}}: L/S = 2.05 \text{ h}$$

$$T_{\text{kirpich}}: 0.000325 L^{0.77} iv^{-0.385} = 0.46 \text{ h}$$

$$T_c \text{ med}(3) = 1.11 \text{ h}$$

Lower reach:

$$T_{\text{pezzoli}}: 0.055 L / \sqrt{i} = 0.99 \text{ h}$$

$$T_{\text{puglisi}}: 6L^{2/3} (h_{\text{max}} - h_{\text{min}})^{-1/3} = 2.95 \text{ h}$$

$$T_{\text{tournon}}: 0.396L / \sqrt{i} (S/L^2 * \sqrt{i/iv})^{0.72} = 1.71 \text{ h}$$

$$T_{\text{ventura}}: 0.127 \sqrt{S} / \sqrt{i} = 0.97 \text{ h}$$

$$T_{\text{viparelli}}: L/S = 2.02 \text{ h}$$

$$T_{\text{kirpich}}: 0.000325 L^{0.77} iv^{-0.385} = 0.5 \text{ h}$$

$$T_{\text{c med(3)}} = 1.22 \text{ h}$$

Channel:

$$T_{\text{pezzoli}}: 0.055 L / \sqrt{i} = 1.04 \text{ h}$$

$$T_{\text{puglisi}}: 6L^{2/3} (h_{\text{max}} - h_{\text{min}})^{-1/3} = 3.03 \text{ h}$$

$$T_{\text{tournon}}: 0.396L / \sqrt{i} (S/L^2 * \sqrt{i/iv})^{0.72} = 2.15 \text{ h}$$

$$T_{\text{ventura}}: 0.127 \sqrt{S} / \sqrt{i} = 1.16 \text{ h}$$

$$T_{\text{viparelli}}: L/S = 1.5 \text{ h}$$

$$T_{\text{kirpich}}: 0.000325 L^{0.77} iv^{-0.385} = 0.52 \text{ h}$$

$$T_{\text{c med(3)}} = 1.23 \text{ h}$$

Tributary

Tributary 1:

$$T_{\text{pezzoli}}: 0.055 L / \sqrt{i} = 0.13 \text{ h}$$

$$T_{\text{puglisi}}: 6L^{2/3} (h_{\text{max}} - h_{\text{min}})^{-1/3} = 1.42 \text{ h}$$

$$T_{\text{tournon}}: 0.396L / \sqrt{i} (S/L^2 * \sqrt{i/iv})^{0.72} = 0.57 \text{ h}$$

$$T_{\text{ventura}}: 0.127 \sqrt{S} / \sqrt{i} = 0.19 \text{ h}$$

$$T_{\text{viparelli}}: L/S = 5.93 \text{ h}$$

$$T_{\text{kirpich}}: 0.000325 L^{0.77} iV^{-0.385} = 0.15 \text{ h}$$

$$T_{\text{c med(3)}} = 0.3 \text{ h}$$

Tributary 2 - upper reach:

$$T_{\text{pezzoli}}: 0.055 L / \sqrt{i} = 0.31 \text{ h}$$

$$T_{\text{puglisi}}: 6L^{2/3} (h_{\text{max}} - h_{\text{min}})^{-1/3} = 2.09 \text{ h}$$

$$T_{\text{tournon}}: 0.396L / \sqrt{i} (S/L^2 * \sqrt{i}/iV)^{0.72} = 1.37 \text{ h}$$

$$T_{\text{ventura}}: 0.127 \sqrt{S} / \sqrt{i} = 0.52 \text{ h}$$

$$T_{\text{viparelli}}: L/S = 2.46 \text{ h}$$

$$T_{\text{kirpich}}: 0.000325 L^{0.77} iV^{-0.385} = 0.24 \text{ h}$$

$$T_{\text{c med(3)}} = 0.73 \text{ h}$$

Tributary 2 - lower reach:

$$T_{\text{pezzoli}}: 0.055 L / \sqrt{i} = 0.4 \text{ h}$$

$$T_{\text{puglisi}}: 6L^{2/3} (h_{\text{max}} - h_{\text{min}})^{-1/3} = 2.23 \text{ h}$$

$$T_{\text{tournon}}: 0.396L / \sqrt{i} (S/L^2 * \sqrt{i}/iV)^{0.72} = 2.26 \text{ h}$$

$$T_{\text{ventura}}: 0.127 \sqrt{S} / \sqrt{i} = 0.654 \text{ h}$$

$$T_{\text{viparelli}}: L/S = 1.92 \text{ h}$$

$$T_{\text{kirpich}}: 0.000325 L^{0.77} iV^{-0.385} = 0.4 \text{ h}$$

$$T_{\text{c med(3)}} = 0.99 \text{ h}$$

Tributary 3:

$$T_{\text{pezzoli}}: 0.055 L / \sqrt{i} = 0.32 \text{ h}$$

$$T_{\text{puglisi}}: 6L^{2/3} (h_{\text{max}} - h_{\text{min}})^{-1/3} = 2.1 \text{ h}$$

$$T_{\text{tournon}}: 0.396L / \sqrt{i} (S/L^2 * \sqrt{i/iv})^{0.72} = 1.12 \text{ h}$$

$$T_{\text{ventura}}: 0.127 \sqrt{S} / \sqrt{i} = 0.4 \text{ h}$$

$$T_{\text{viparelli}}: L/S = 4.7 \text{ h}$$

$$T_{\text{kirpich}}: 0.000325 L^{0.77} iv^{-0.385} = 0.15 \text{ h}$$

$$T_{\text{c med(3)}} = 0.6 \text{ h}$$

Tributary 4:

$$T_{\text{pezzoli}}: 0.055 L / \sqrt{i} = 0.37 \text{ h}$$

$$T_{\text{puglisi}}: 6L^{2/3} (h_{\text{max}} - h_{\text{min}})^{-1/3} = 2.08 \text{ h}$$

$$T_{\text{tournon}}: 0.396L / \sqrt{i} (S/L^2 * \sqrt{i/iv})^{0.72} = 1.23 \text{ h}$$

$$T_{\text{ventura}}: 0.127 \sqrt{S} / \sqrt{i} = 0.47 \text{ h}$$

$$T_{\text{viparelli}}: L/S = 3.5 \text{ h}$$

$$T_{\text{kirpich}}: 0.000325 L^{0.77} iv^{-0.385} = 0.32 \text{ h}$$

$$T_{\text{c med(3)}} = 0.69 \text{ h}$$

Determinazione dei massimi valori di portata critica

Inserendo il valore di T_c nelle equazioni di probabilità pluviometrica, si possono ottenere le altezze di pioggia nonché le intensità relative a eventi meteorici di massima intensità e breve durata relative ai tempi di ritorno presi in considerazione nell'indagine e, quindi, calcolare i rispettivi valori di punta massima di portata dell'onda di piena per il singolo microbacino oggetto di analisi. Si perviene, pertanto, alla valutazione delle punte di portata critica (ovvero per piogge con tempo di ritorno pari rispettivamente a 30, 200 e 500 anni) elencate di seguito:

River:

Upper reach:

$$Q_{30} = 5.04 \text{ mc/s}$$

$$Q_{200} = 7.62 \text{ mc/s}$$

$$Q_{500} = 8.86 \text{ mc/s}$$

Lower reach:

$$Q_{30} = 5.26 \text{ mc/s}$$

$$Q_{200} = 7.95 \text{ mc/s}$$

$$Q_{500} = 9.23 \text{ mc/s}$$

Channel:

$$Q_{30} = 7.4 \text{ mc/s}$$

$$Q_{200} = 11.17 \text{ mc/s}$$

$$Q_{500} = 12.98 \text{ mc/s}$$

Tributary

Tributary 1:

$$Q_{30} = 0.81 \text{ mc/s}$$

$$Q_{200} = 1.23 \text{ mc/s}$$

$$Q_{500} = 1.42 \text{ mc/s}$$

Tributary 2 - upper reach:

$$Q_{30} = 1.78 \text{ mc/s}$$

$$Q_{200} = 2.69 \text{ mc/s}$$

$$Q_{500} = 3.13 \text{ mc/s}$$

Tributary 2 - lower reach:

$$Q_{30} = 2.43 \text{ mc/s}$$

$$Q_{200} = 3.67 \text{ mc/s}$$

$$Q_{500} = 4.26 \text{ mc/s}$$

Tributary 3:

$$Q_{30} = 1.06 \text{ mc/s}$$

$$Q_{200} = 1.59 \text{ mc/s}$$

$$Q_{500} = 1.85 \text{ mc/s}$$

Tributary 4:

$$Q_{30} = 1.64 \text{ mc/s}$$

$$Q_{200} = 2.47 \text{ mc/s}$$

$$Q_{500} = 2.88 \text{ mc/s}$$

I valori di portata appena calcolati saranno utilizzati quale principale dato di input per la simulazione idrodinamica di flusso in alveo descritta nella relazione idraulica, finalizzata alla individuazione delle “fasce di esondazione” ascrivibili ai singoli tronchi di asta indagati, per eventi meteorici critici.

Taranto, li 20/05/2021

Il Tecncio

Ing. Luca GIANANTONIO