

REGIONE BASILICATA

Provincia di Matera

Comune di Matera



Proponente:



Progettista:




**PROGETTO DEFINITIVO DI UN IMPIANTO DI  
PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE  
FOTOVOLTAICA DI POTENZA COMPLESSIVA PARI  
A 16,6 MWp E DELLE RELATIVE OPERE DI  
CONNESSIONE DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI  
MATERA (MT), DENOMINATO "CSPV MATERA"**

Novembre 2021 - Ed01

A.3\_Relazione idrologica ed idraulica



Versione	Elaborato	Controllato	Approvato
01	B. L.	A. R.	 INGEGNERE RICCIO Sez. A - 498511/2021 CIVILE AMBIENTALE INDUSTRIALE INFORMAZIONE PROVINCIA DI BARI

## Sommario

1	PREMESSA	2
2	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO PROGETTUALE	4
3	AREE SOGGETTE A TUTELA DA PARTE DEL DISTRETTO DELL'APPENINO MERIDIONALE (EX AUTORITA' DI BACINO DELLA BASILICATA)	6
3	CARATTERISTICHE DEI BACINI IDROGRAFICI	10
3.1	Inquadramento geologico	11
3.2	Uso del suolo	13
4	ANALISI REGIONALE DELLE PIOGGE IN BASILICATA	14
4.1	Curve di possibilità climatica	22
4.2	VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA	29
5	MODELLAZIONE IDRAULICA	33
6	CONCLUSIONI	39
7	ALLEGATI	40

## 1 PREMESSA

La presente Relazione di Compatibilità Idrologica ed Idraulica è stata redatta nell'ambito di un progetto per la realizzazione di impianto di produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica della potenza complessiva pari a 16,6 MWp e delle relative opere di connessione da realizzarsi nel comune di Matera (MT), denominato "CSPV Matera", da ubicare nel territorio del comune di Matera (MT), ai sensi delle NTA del PAI del Distretto dell'Appennino Meridionale (ex AdB Basilicata).

Il progetto di cui al capoverso precedente prevede:

- la realizzazione dell'impianto fotovoltaico;
- la realizzazione della sottostazione elettrica di trasformazione e consegna dell'energia prodotta;
- la realizzazione delle opere di rete.

Come prescritto nella Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) allegata al Preventivo di Connessione rilasciato da Terna S.p.A. in data 13 agosto 2021 prot. 0064519, l'impianto fotovoltaico sarà collegato in antenna a 150 kV sul futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione della RTN 380/150 kV denominata "Matera".

Il progetto prevede l'installazione di 30.744 pannelli fotovoltaici 540 Wp (o configurazione simile a seconda della disponibilità e della tecnologia) disposti in inseguitori solari.

L'impianto è sito a nord-est del centro abitato di Matera, quasi al confine tra la Regione Basilicata e la Regione Puglia, in territorio appartenente al comune di Matera e di competenza dell'ex Autorità di Bacino della Basilicata (ora Distretto dell'Appennino Meridionale):

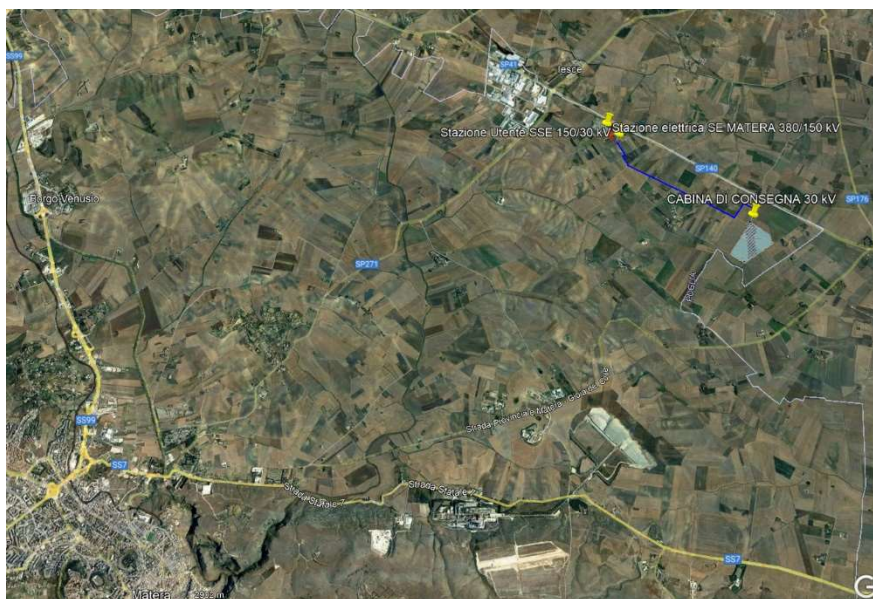


Figura 1 - Stralcio Google Earth

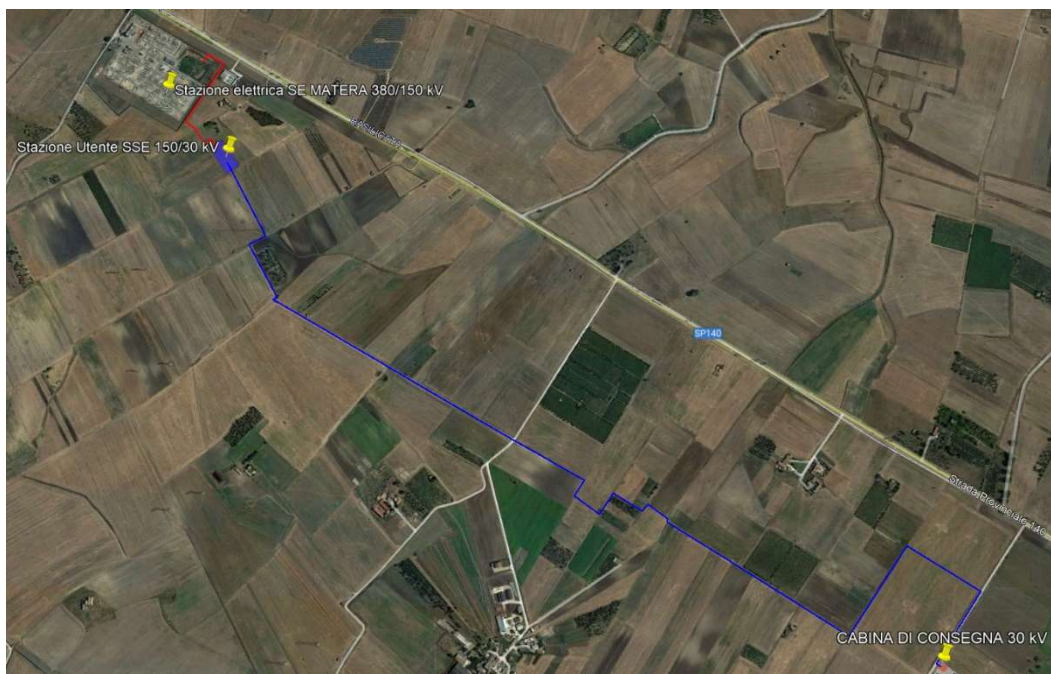


Figura 2 – Inquadramento su ortofoto dell'area occupata dal futuro impianto fotovoltaico

## 2 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO PROGETTUALE

Per la progettazione dell'impianto fotovoltaico si dettagliano i dati per la realizzazione del layout dell'impianto fotovoltaico con inseguitori:

- ✓ Potenza nominale al punto di connessione: 15 MW
- ✓ Potenza di picco installata: 16,6 MWp
- ✓ Rapporto DC/AC dell'impianto fotovoltaico: 1.11 per quanto riguarda il POI.
- ✓ Modulo fotovoltaico: modulo monocristallino Seraphim da 540 Wp, modello SRP-540-BMA-BG o simile
- ✓ Inverter: 2550 kWac @ 40°C di Gamesa Electric, modello Gamesa Electric PV 2500 o simili.
- ✓ Inseguitore fotovoltaico: tracker PV Hardware a 2 filieri 1V 2x56, modello Axone Duo o simile
- ✓ Pitch (interasse): 6 metri.



– Figura 3 – Inquadramento su ortofoto del cavidotto esterno di collegamento (in blu nell'immagine su riportata)

Per evacuare la potenza generata da ciascuna stazione di trasformazione sarà installata una rete di media tensione costituita da cavi unipolari Alluminio 18/30 kV. La rete è concepita come un sistema di antenne che collega le centrali al centro di sezionamento. I cavi MT saranno interrati direttamente in trincea e avranno un isolamento a secco.

Il cavo di media tensione sarà un cavo unipolare in alluminio, con strato semiconduttivo estruso, isolamento XLPE, schermo in nastro di rame e letto estruso in poliolefina termoplastica.

I cavi di media tensione devono essere conformi alle relative norme nazionali e internazionali.

Le sezioni selezionate per questo progetto saranno 95, 300 e 630 mm<sup>2</sup>.

I cavi di media tensione in corrente alternata (AC) dai centri di trasformazione al centro di sezionamento (all'interno dell'impianto) sono stati calcolati con una caduta di tensione media massima dello 0,5%. Inoltre, il cavo proposto soddisfa i criteri per la massima intensità ammissibile.

La recinzione che delimerà il terreno destinato ad ospitare la sottostazione sarà costituita da rete metallica su blocchi di cemento, rifinita nella sua parte superiore con filo spinato, fissata il tutto su pali metallici di 48,3 mm di diametro, posti ogni 2,50 m, dell'altezza di questo recinto sarà di 2,30 metri.

Verrà installata una porta metallica a doppia anta per l'accesso alla Sottostazione, per l'accesso carrabile, di 6,00 m di larghezza e 2,25 di altezza. Inoltre, ci sarà una porta di accesso larga 1,00 m.

Per ogni altro dettaglio tecnico si rimanda alla *Relazione tecnica d'impianto fotovoltaico*.

### 3 AREE SOGGETTE A TUTELA DA PARTE DEL DISTRETTO DELL'APPENINO MERIDIONALE (EX AUTORITA' DI BACINO DELLA BASILICATA)

L'area su cui insisteranno le opere in argomento rientrano nel settore di territorio distrettuale su cui vige il Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico (PAI), dei territori dell'ex Autorità di Bacino Interregionale Basilicata, approvato dal Comitato Istituzionale il 05/12/2001.

Dalla consultazione della cartografia PAI redatta dall'Autorità di Bacino della Basilicata, sulle aree interessate dall'opera in progetto **non vi sono segnalazioni di alcun tipo** di Rischio Idrogeologico, né di Frana né di Inondazione.

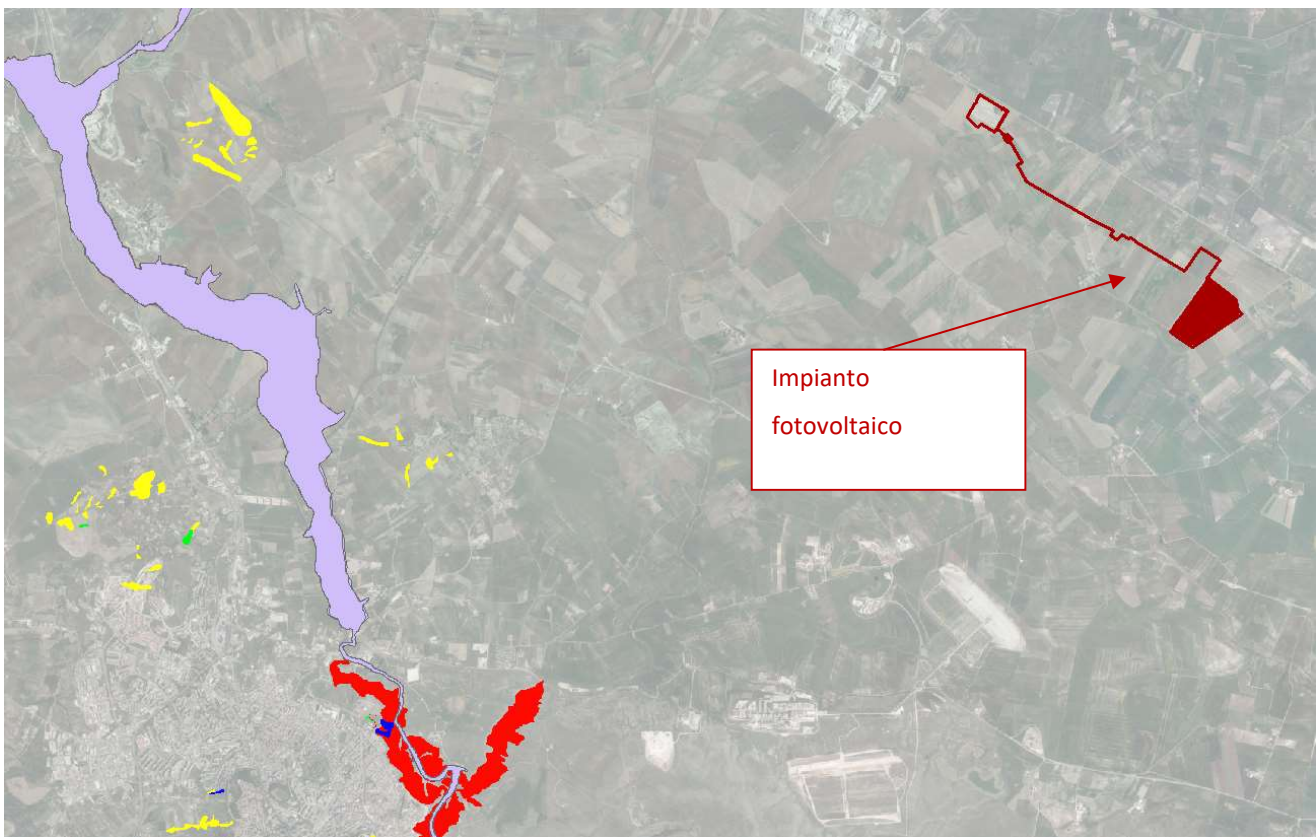


Figura 4 – WebGis AdB con aree a pericolosità idraulica e geomorfologica

Pertanto, alla presente relazione, è redatta, ai sensi degli art.5-6-10 delle NTA del PAI, al fine di studiare:

- ✓ le aree di posa dei pannelli interferenti o site a pochi metri da un'asta del reticolo idrografico della Regione Basilicata desunto da carta idro-geomorfologica e/o carta IGM 1:25.000;
- ✓ le soluzioni progettuali da adottare per gli attraversamenti del cavidotto esterno interrato MT di collegamento con il reticolo idrografico della Regione Basilicata.

L'intervento, è soggetto alle **NTA del PAI art. 10** "Realizzazione di opere di interesse pubblico interessanti le fasce fluviali" chiariscono che sono possibili interventi di realizzazione di opere di interesse pubblico interessanti gli alvei fluviali e le fasce di pertinenza fluviale di cui agli articoli 6 e 7 previo parere dell'AdB e previo presentazione di uno STUDIO IDROLOGICO IDRAULICO che attesti che l'intervento non determina in alcun modo, incrementi delle condizioni di pericolosità idrogeologica, né può determinare alcun pregiudizio alla realizzazione di interventi di rimozione e/o riduzione delle condizioni di pericolosità preesistenti.

Pertanto, è stato effettuato uno studio idraulico, previa determinazione delle portate a mezzo di uno studio idrologico, finalizzato alla determinazione dei profili in moto permanente degli alvei interessati, al variare del tempo di ritorno a 30, 200 e 500 anni, per i bacini idrografici con sezioni di chiusura poste a valle del punto di intervento.

Lo studio di compatibilità idrologica e idraulica è stato organizzato secondo i seguenti punti:

- ✓ analisi e descrizione delle caratteristiche geomorfologiche dei bacini idrografici relativi alle aree di studio;
- ✓ studio idrologico dei bacini di interesse, previa caratterizzazione del regime climatico delle aree;
- ✓ studio idraulico delle aste fluviali di interesse e determinazione dei livelli idrici e delle aree inondabili al variare del tempo di ritorno;
- ✓ analisi e valutazione della compatibilità idraulica delle aree oggetto di autorizzazione.

**Per lo studio delle portate di piena sono state utilizzate le indicazioni fornite dal VAPI della Basilicata e per**



la simulazione delle piene è stato utilizzato un software che opera in moto permanente (HEC-RAS 3.1.3).

Inoltre, sono state effettuate elaborazioni cartografiche prodotte mediante un Sistema Informativo Territoriale in ambiente GIS, coadiuvato da elaborazioni in ambiente CAD, sulla base di cartografie tecniche e tematiche georeferenziate.

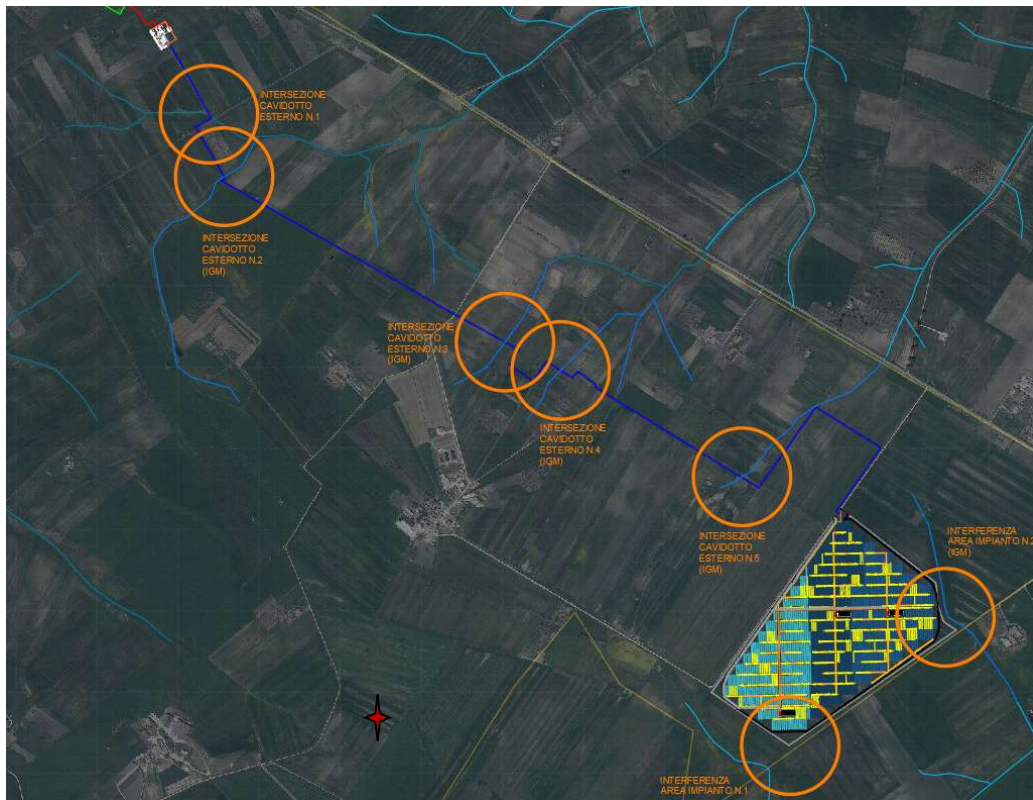


Figura 5 –Planimetria interferenza con aste del reticolo idrografico

Dall'analisi della sovrapposizione del reticolo ufficiale al progetto se ne deduce che le stazioni di consegna, elettrica ed utente non sono interessate da interferenze.

L'area di installazione dei pannelli è prossima a n.2 aste del reticolo ufficiale, le quali sono state opportunamente modellate al passaggio della piena duecentennale per escluderne il coinvolgimento con l'area di progetto.

Il cavidotto esterno di collegamento, invece, attraversa il reticolo idrografico in n.5 punti, su strade interpoderali prive di viabilità esistente o di progetto, pertanto, tali intersezioni saranno opportunamente

risolte con uno scavo in opera e rinterro con ripristino dello stato attuale dei luoghi.

Si precisa che, gli impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, tra cui è compreso un impianto fotovoltaico, sono opere di pubblica utilità ai sensi del Decreto Legislativo 29 Dicembre 2003, n.387 (Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità), e pertanto sono consentite purché coerenti con gli obiettivi del Piano stesso.

Lo studio è stato suddiviso nei seguenti punti:

- ✓ Fase di inquadramento generale dell'area di intervento: analisi di tutti gli elementi significativi di carattere geologico, geomorfologico ed idrogeologico della porzione di territorio oggetto di intervento;
- ✓ Fase di acquisizione dei dati: cartografia, rilievi topografici, modello digitale del terreno (DEM) e raccolta accurata di dati idrologici storici del tratto fluviale in esame;
- ✓ Fase di analisi idrologica con metodologia VaPi Puglia nell'ipotesi di verifica della "Sicurezza Idraulica" ovvero per un tempo di ritorno  $T_r$  pari a 200 anni;
- ✓ analisi e valutazione della compatibilità idraulica delle opere oggetto di autorizzazione.

### 3 CARATTERISTICHE DEI BACINI IDROGRAFICI

Sono stati individuati i bacini idrografici in corrispondenza delle aste site a pochi metri dall'area di installazione dei pannelli, di cui si è calcolata la portata duecentennale e modellato il comportamento idraulico del corso d'acqua in caso di piena duecentennale.

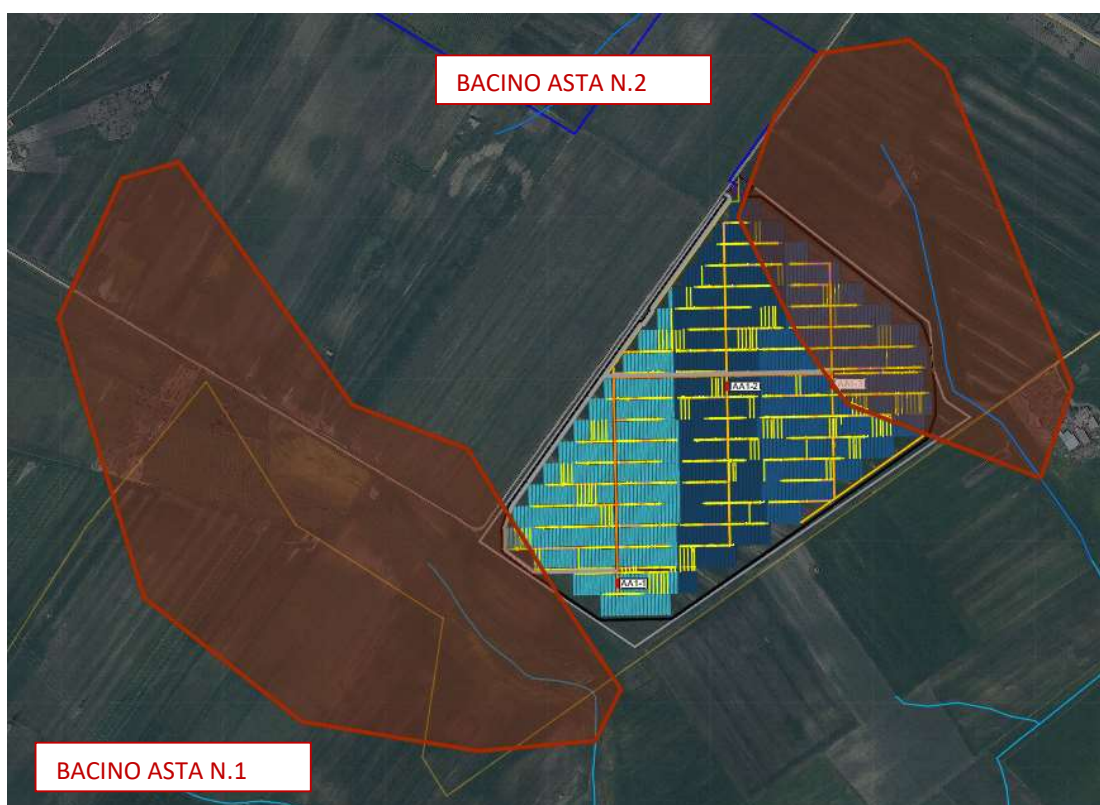


Figura 6 - Inquadramento dei bacini idrografici su ortofoto

I parametri geomorfologici caratteristici dei bacini idrografici sono indicati nelle tabelle seguenti:

<b>Bacino N.1</b>		
<i>Lungh. dell'asta princ.</i>	<i>[Km]</i>	0.40
<i>H massima del bacino</i>	<i>[m]</i>	397.00
<i>H media del bacino</i>	<i>[m]</i>	391.00
<i>H minima del bacino</i>	<i>[m]</i>	385.00

<i>H monte dell'asta princ.</i>	<i>[m]</i>	390.00
<i>H media dell'asta princ</i>	<i>[m]</i>	387.50
<i>Superficie del Bacino</i>	<i>[Kmq]</i>	0.40
<i>Pendenza media del bacino</i>	<i>[%]</i>	3.00
<i>Pendenza media dell'asta principale</i>	<i>[m/m]</i>	0.01
<b>Bacino N.2</b>		
<i>Lungh. dell'asta princ.</i>	<i>[Km]</i>	0.60
<i>H massima del bacino</i>	<i>[m]</i>	390.00
<i>H media del bacino</i>	<i>[m]</i>	388.00
<i>H minima del bacino</i>	<i>[m]</i>	386.00
<i>H monte dell'asta princ.</i>	<i>[m]</i>	390.00
<i>H media dell'asta princ</i>	<i>[m]</i>	388.00
<i>Superficie del Bacino</i>	<i>[Kmq]</i>	0.21
<i>Pendenza media del bacino</i>	<i>[%]</i>	0.67
<i>Pendenza media dell'asta principale</i>	<i>[m/m]</i>	0.01

### 3.1 Inquadramento geologico

Le aree interessate dalla realizzazione dell'opera in progetto ricadono nel Foglio 189 (Altamura) della Carta Geologica d'Italia, scala 1:100.000.

Dal punto di vista geologico, la litologia dell'area in esame è rappresentata da unità a prevalente componente sabbiosa.

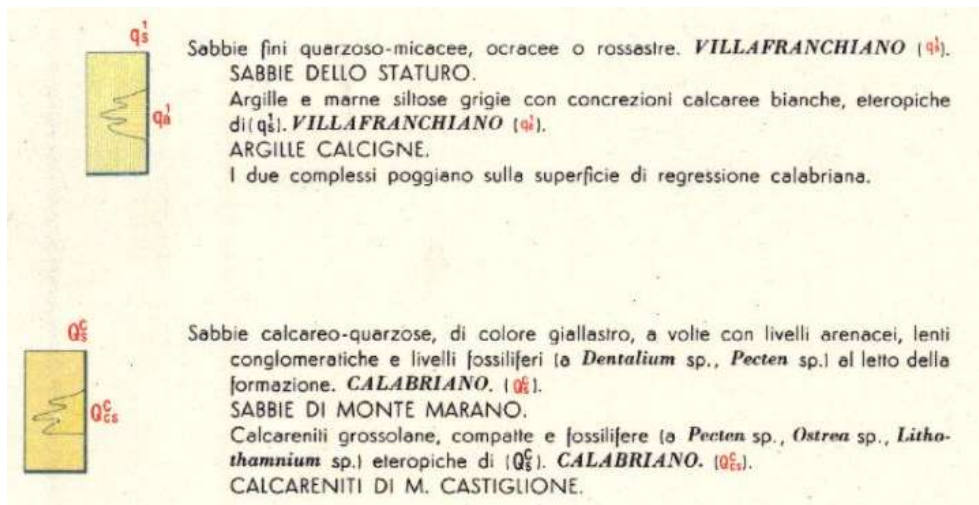


Figura 7 - Stralcio non in scala del foglio n°189 "Altamura" della Carta Geologica d'Italia con individuazione area di intervento

### 3.2 Uso del suolo

Per quanto riguarda l'uso del suolo, il bacino idrografico di interesse è caratterizzato esclusivamente da seminativi semplici in aree non irrigue.

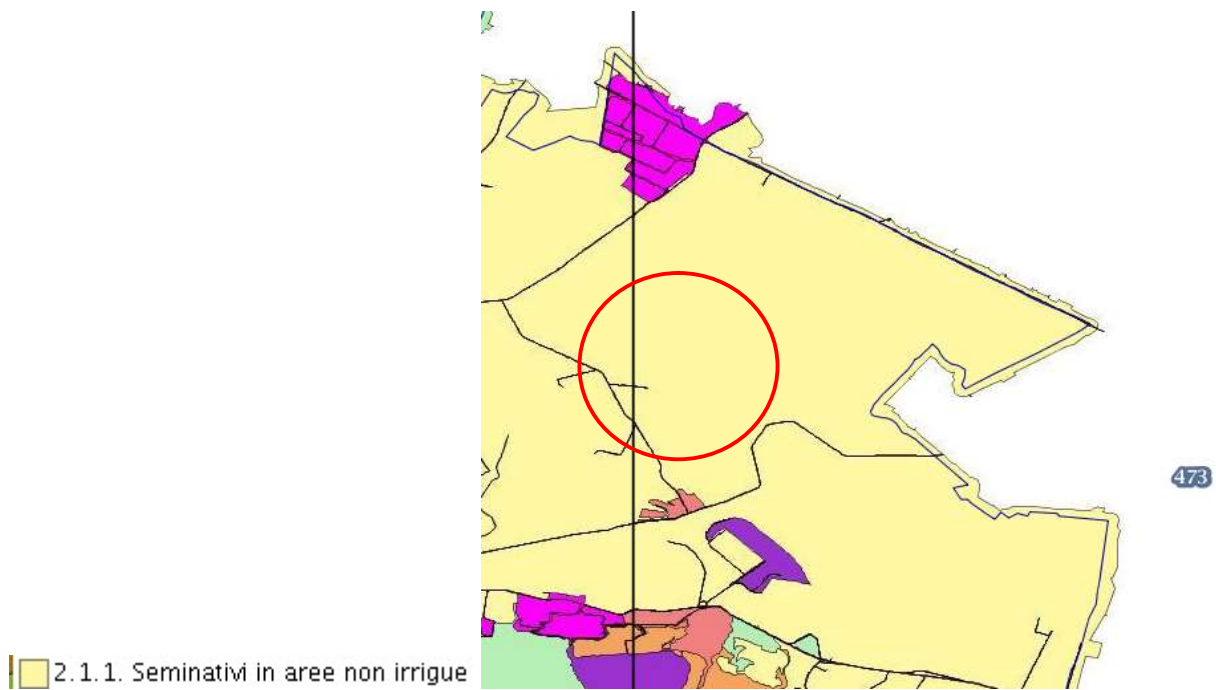


Figura 8 – Carta Uso del suolo

## 4 ANALISI REGIONALE DELLE PIOGGE IN BASILICATA

Lo studio idrologico dell'area in esame è stato condotto determinando le curve di possibilità climatica applicando il metodo VAPI Basilicata.

In particolare, la valutazione di dette curve al variare del tempo di ritorno è stata condotta rifacendosi alle procedure individuate dal Gruppo Nazionale Difesa della Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche nell'ambito degli studi per l'Analisi regionale delle piogge brevi in Basilicata (a cura di Claps e Straziuso Dipartimento di Ingegneria e Fisica dell'Ambiente dell'Università degli Studi della Basilicata, 1996) e del Rapporto di Valutazione delle Piene in Basilicata (1999), nel seguito denominato VAPI Basilicata.

Oltre a tale approccio, è stata utilizzata anche la procedura tradizionale mediante la determinazione delle curve di possibilità pluviometrica mediante il metodo di Gumbel.

La procedura adoperata e i risultati dei calcoli effettuati sono ampiamente descritti nei paragrafi successivi. Si è omessa la descrizione dell'applicazione ai dati di precipitazione massima oraria delle analisi statistiche convenzionali (adattabilità delle serie campionarie a distribuzioni di probabilità), in quanto procedura ormai consolidata e nota nella pratica tecnica.

Per quanto concerne, invece, la valutazione dei deflussi naturali nelle sezioni di interesse si è fatto ricorso alla formula razionale e alle procedure di valutazione del valore della piena indice  $E(Q)$  e dell'espressione asintotica del fattore di crescita delle portate  $KT(Q)$ , in ottemperanza a quanto richiesto dall'Autorità di Bacino della Basilicata (PAI 2010).

Va, infine, evidenziato che i valori dei tempi di ritorno (TR) utilizzati per la definizione delle curve di possibilità climatica e, di conseguenza, per la stima degli eventi di piena sono quelli che il PAI Basilicata definisce per la valutazione delle aree ad alta, media e bassa probabilità di inondazione.

In particolare, essi sono per le aree a:

- |  |                |
|--|----------------|
| 1. Alta Probabilità di Inondazione (AP)  | TR = 30 anni.  |
| 2. Media Probabilità di Inondazione (MP) | TR = 200 anni. |
| 3. Bassa Probabilità di Inondazione (BP) | TR = 500 anni. |

L'approccio più moderno per lo studio degli eventi estremi in idrologia viene condotto con un insieme di

procedure atte a trasferire l'informazione idrologica e nota come "analisi regionale". Alla base di un modello di regionalizzazione vi è la preventiva individuazione del meccanismo fisico-stocastico che spiega la distribuzione della variabile idrologica di interesse nello spazio e nel dominio di frequenza statistica. La scelta del tipo di modello richiede la conoscenza di alcuni aspetti fondamentali legati alle risorse dedicabili allo studio, alla qualità dell'informazione disponibile e alla precisione richiesta dai risultati. Pertanto la struttura del modello richiede la costruzione del risolutore numerico e un'attenta identificazione dei parametri di taratura. Numerosi studi sono stati condotti in Inghilterra, negli Stati Uniti ed in Italia su questi modelli a più parametri che sono noti in letteratura con gli acronimi GEV (Jenkinson,1955), Wakeby (Houghton 1978) e TCEV (Rossi e Versace,1982; Rossi et al. 1984).

Quest'ultima sigla deriva dall'espressione inglese Two Component Extreme Value, che rappresenta la distribuzione di probabilità corrispondente ad un certo evento estremo, sia che provenga dalla distribuzione statistica di eventi ordinari sia che provenga da quella degli eventi straordinari. A tal fine occorre sottolineare che la principale fonte di incertezza deriva proprio dagli eventi estremamente intensi che hanno caratteristiche di rarità in ogni sito e aleatorietà per quel che riguarda il sito ove potranno verificarsi nel futuro. Ciò implica che, se in un punto eventi straordinari di un certo tipo non si siano verificati storicamente, questo non è garanzia di sicurezza sulla loro non occorrenza nel futuro.

L'identificazione dei parametri della distribuzione TCEV consente di costruire un modello regionale con struttura gerarchica, che utilizza tre differenti livelli di scala spaziale per la stima dei parametri del modello probabilistico utilizzato, in modo da ottimizzare l'informazione ricavabile dai dati disponibili e dal numero di stazioni della rete di misura.

In seguito, dopo una breve indicazione circa i dati disponibili per lo studio, si procede a fornire i risultati delle varie fasi della procedura di regionalizzazione dei bacini dell'arco ionico della Basilicata, territorio nel quale ricade il bacino oggetto di studio.

I dati pluviometrici utilizzati sono quelli pubblicati sugli annali idrologici dei compartimenti di Catanzaro, Bari e Napoli del S.I.M.N, le cui stazioni formano la rete di misura delle precipitazioni su tutto il territorio regionale con un'elevata densità territoriale.

Le osservazioni pluviometriche, utilizzate per la regionalizzazione, interessano 55 stazioni pluviografiche ognuna delle quali presenta almeno 15 anni di funzionamento. Alcune stazioni sono situate all'esterno dei limiti di bacino allo scopo di migliorare le stime dei parametri areali relativi ai bacini idrografici. L'ubicazione delle stazioni all'interno della regione è mostrata nella figura seguente:





Figura 9 – Ubicazione delle stazioni pluviometriche considerate (da Claps e Straziuso, 1996).

Per i massimi annuali delle precipitazioni giornaliere, è stato adottato un modello di regionalizzazione basato sull'uso della distribuzione di probabilità TCEV (legge di distribuzione di probabilità del Valore Estremo a Doppia Componente), che rappresenta la distribuzione del massimo valore conseguito, in un dato intervallo temporale, da una variabile casuale distribuita secondo la miscela di due leggi esponenziali, nell'ipotesi che il numero di occorrenze di questa variabile segua la legge di Poisson. Il modello proposto ammette che le due componenti, quella straordinaria ed ordinaria, appartengano a popolazioni diverse, anche se è ammessa la loro interferenza attraverso un processo poissoniano.

L'identificazione dei parametri della distribuzione TCEV ha consentito di costruire un modello regionale con struttura gerarchica, basata su tre livelli di regionalizzazione, grazie a cui è possibile individuare regioni in cui risulta costante il coefficiente di asimmetria, quindi risultano costanti i due parametri  $\theta^*$  e  $\Lambda^*$  ad esso legati (primo livello di regionalizzazione), e sottoregioni di queste, più limitate, in cui sia costante anche il coefficiente di variazione, e quindi il parametro  $\Lambda_1$  che da esso dipende (secondo livello di regionalizzazione). Il terzo livello è poi finalizzato alla ricerca di eventuali relazioni esistenti, all'interno di più piccole aree, tra il parametro di posizione della distribuzione di probabilità e le caratteristiche morfologiche. In particolare si

nota che, all'interno di dette aree, i valori medi dei massimi annuali delle precipitazioni di diversa durata sono o costanti o strettamente correlati alla quota del sito di rilevamento.

La preventiva suddivisione dell'area di studio in zone e sottozone omogenee è stata effettuata in base all'analisi delle massime precipitazioni giornaliere, di cui si dispone del maggior numero di informazioni. La procedura prevede che si ricerchino zone pluviometriche omogenee, entro le quali possano ritenersi costanti i valori dei parametri  $\theta^*$  e  $\Lambda^*$ . Questi parametri non possono essere stimati da un numero ristretto di serie di dati, per cui l'analisi parte dalla possibilità di considerare le 55 stazioni come appartenenti ad un'unica zona al primo livello. I risultati ottenuti sono stati ricavati con riferimento ad un'ipotesi di invarianza dei parametri  $\theta^*$  e  $\Lambda^*$ , osservando come si abbia, al primo livello di regionalizzazione, la presenza di un'unica zona omogenea comprensiva di tutte le stazioni della regione, mentre al secondo livello si definiscono due sottozone omogenee nord (A) e sud-ovest (B) nelle quali risulta costante anche il valore del parametro  $\Lambda_1$ .

Nella tabella a seguire si riportano i valori numerici dei parametri di interesse per lo studio (cfr **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** seguente), mentre in figura successiva si riporta la rappresentazione territoriale delle due aree di interesse.

	$\theta^*$	$\Lambda^*$	$\Lambda_1$	$\eta$
<b>Basilicata_ zona A</b>	2.632	0.104	20.64	3.841
<b>Basilicata_ zona B</b>	2.632	0.104	55.23	4.825

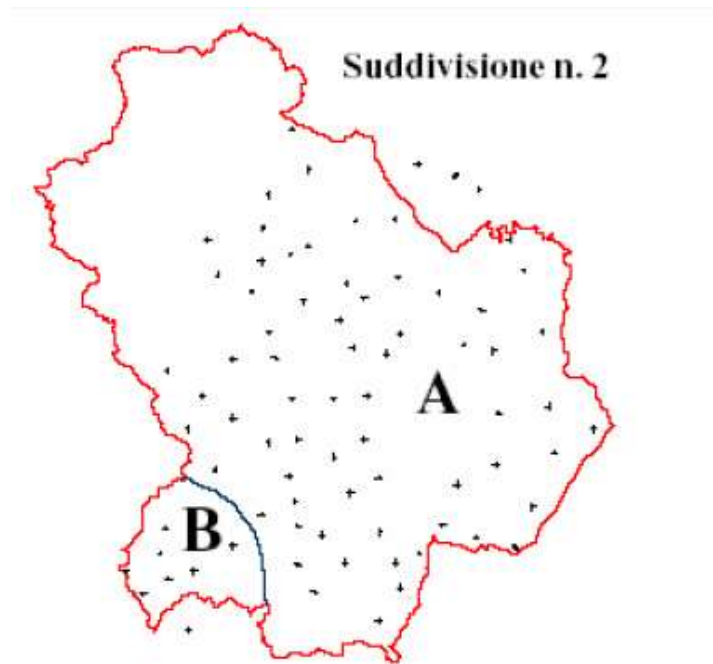


Figura 10 – Suddivisione in zone omogenee al II livello di regionalizzazione (VAPI, 1999).

La distribuzione regionale della probabilità cumulata del massimo annuale di precipitazione di assegnata durata  $X_{d,T}$  viene espressa in funzione di una quantità  $K_T$ , detta fattore probabilistico di crescita, funzione del periodo di ritorno  $T$  e indipendente dalla durata. Tale fattore è, in generale, funzione del tempo di ritorno  $T$  ed è definito dal rapporto seguente:

$$K_T = \frac{X_{d,T}}{\mu(X_{d,T})}$$

avendo indicato con  $X_{d,T}$  il massimo annuale di precipitazione per assegnata durata e tempo di ritorno.

La curva di distribuzione di probabilità del rapporto riportato in precedenza ha caratteristiche regionali in quanto è unica nell'ambito della regione nella quale sono costanti i parametri della distribuzione di probabilità della  $X_{d,T}$ . Pertanto, fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata, all'interno della zona pluviometrica omogenea previamente identificata, è possibile esprimere la relazione tra il tempo di ritorno  $T$  ed il fattore di crescita  $K_T$ , potendo ritenere trascurabile la variabilità del fattore di crescita con la durata. L'espressione di seguito riportata, è quella indicata nel VAPI Basilicata. In realtà non viene fornita l'espressione diretta di  $K_T$  in funzione di  $T$ , ma l'espressione inversa, nella forma:

$$T = \frac{1}{1 - F_K(k)} = \frac{1}{1 - \exp(-\Lambda_1 e^{-\eta k_T} - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\theta_*} e^{-\eta k_T / \theta_*})}$$

dove  $\theta_*$ ,  $\Lambda_*$  e  $\Lambda_1$  sono i parametri di forma e di scala della TCEV che assieme al valore del parametro  $\eta$ , assumono i valori riassunti nella tabella riportata in precedenza.

Più utile dal punto di vista pratico è la forma inversa della relazione precedente in cui, fissato un tempo di ritorno  $T$ , si ricava il corrispondente valore del coefficiente di crescita  $K_T$ . Tale risultato tuttavia non è ricavabile immediatamente con la TCEV, per cui si può ricorrere ad espressioni approssimate che hanno la seguente forma:

$$K_T = \left( \frac{\theta_* \ln \Lambda_*}{\eta} + \frac{\ln \Lambda_1}{\eta} \right) + \frac{\theta_*}{\eta} \ln T$$

Nel seguito si riportano i valori di  $K_T$  ottenuti numericamente dalle equazioni precedenti per le due zone omogenee denominate rispettivamente A e B:

TR (anni)	5	10	25	30	50	100	200	500
<b>K(T) Zona A</b>	1.25	1.49	1.83	1.89	2.14	2.49	2.91	3.50
<b>K(T) Zona B</b>	1.10	1.20	1.34	1.36	1.46	1.61	1.78	2.02

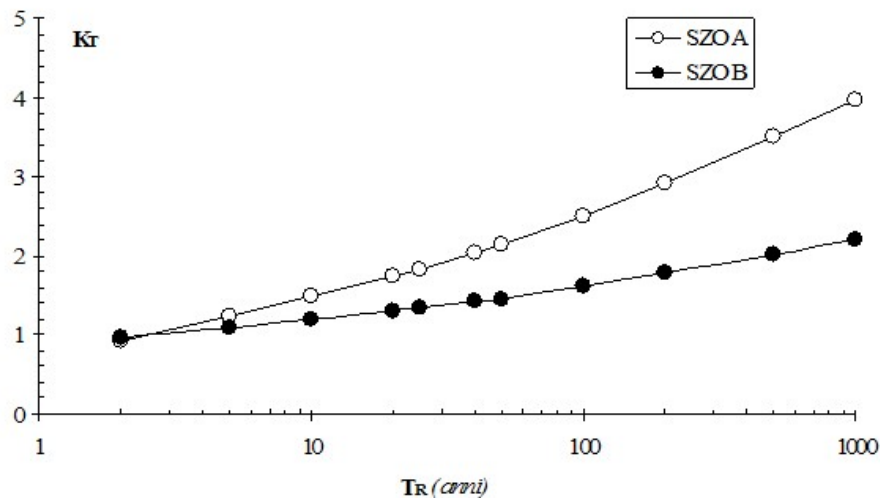


Figura 11 - Andamento del fattore probabilistico di crescita (VAPI, 1999).

Obiettivo del terzo livello di regionalizzazione dei massimi annuali delle piogge brevi è la definizione di relazioni utili alla valutazione di un parametro di posizione della distribuzione di probabilità (generalmente la media) in un generico sito o come valore caratteristico di un'area.

Nel caso specifico, l'analisi delle medie delle piogge brevi è stata valutata nell'identificazione delle isoiete alle diverse durate, utilizzando un metodo geostatistico, il kriging, in analogia a quanto proposto da altri autori (Franchini e Galeati, 1994 e Gabriele e Iritano, 1994). Tale metodo, a differenza di altri, consente di interpolare i dati tenendo conto della relazione fra la varianza campionaria e la varianza spaziale, secondo un approccio di tipo stocastico.

Attraverso l'analisi geostatistica dei dati osservati, è quindi possibile la stima delle grandezze utili alla valutazione delle curve di possibilità climatica, nella formulazione a due parametri  $\mu(X_d) = a \cdot D^n$ , che descrivono l'andamento con la durata delle altezze di precipitazione delle medie degli eventi massimi annuali.

I parametri ottenuti dalla procedura di interpolazione geostatistica su descritta, e in particolare la media delle precipitazioni massime di durata oraria  $a$  e l'esponente  $n$ , sono stati definiti sull'intero territorio lucano attraverso una rappresentazione ad isolinee, che è riportata graficamente nelle successive figure.

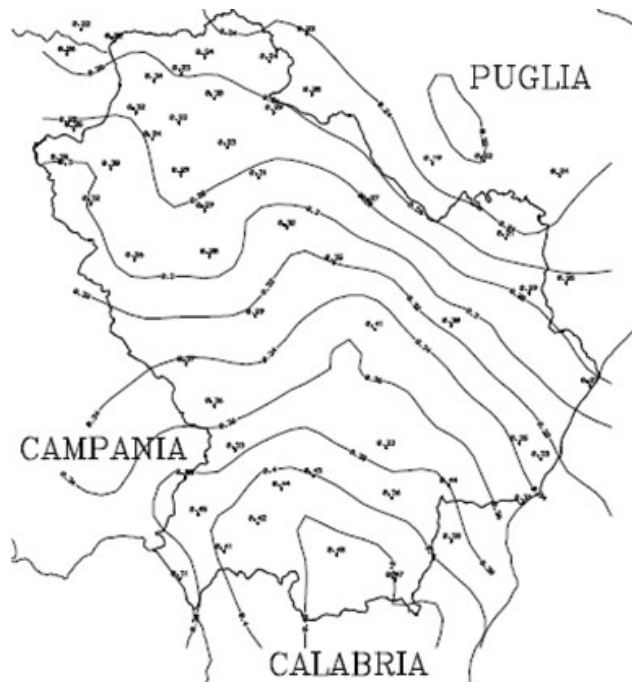


Figura 12 - Iso linee del coefficiente a (da Claps e Straziuso, 1996).



Figura 13 - Iso linee dell'esponente n (da Claps e Straziuso, 1996).

Una valutazione più precisa dei due parametri delle curve di possibilità climatica riferite ai valori medi areali delle precipitazioni massime osservate è disponibile nel rapporto VAPI Basilicata. In tale rapporto (Claps e Straziuso, 1996, VAPI Basilicata, 1999), attraverso una rappresentazione grafica a celle quadrate di lato pari a 10 Km, sono tabellati i valori medi del log (a) e di n. La suddivisione per celle utilizzata nel territorio lucano è riportata nella successiva figura.

Usando i valori medi di log (a) e di n relativi alle celle, si può ottenere l'espressione della legge di pioggia riferita ad un'area attraverso una media pesata dei suddetti valori tra le celle che ricoprono l'area stessa.

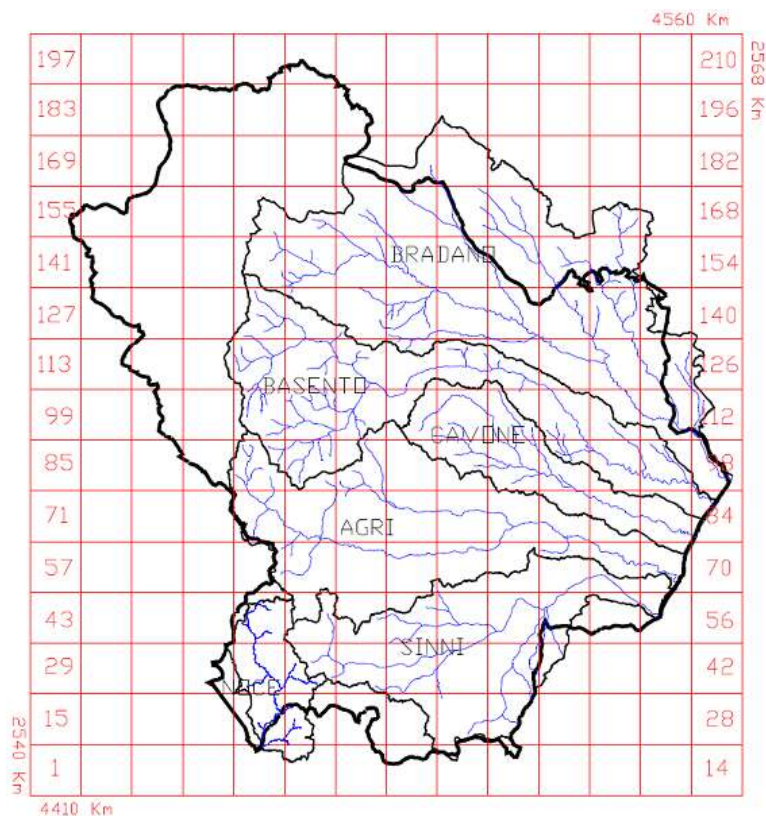


Figura 14 - Suddivisione della regione in celle di lato di 10 km (da Claps e Straziuso, 1996).

#### 4.1 Curve di possibilità climatica

Lo studio idrologico condotto ha, quindi, consentito la determinazione delle curve di possibilità climatiche a diversi tempi di ritorno (30, 200 e 500 anni) in corrispondenza delle sezioni di chiusura dei bacini oggetto del presente studio.

Le curve di possibilità climatica sono state definite utilizzando sia il VAPI Basilicata, attraverso le stime puntuali dei parametri  $a$  ed  $n$  riferiti alle stazioni pluviometriche, sia utilizzando il metodo statistico di Gumbel.

Stazione	$a$	$n$	Stazione	$a$	$n$
Acerenza	19.96	0.31	Monticchio Bagni	23.77	0.32
Altamura	27.25	0.22	Muro Lucano	22.91	0.32
Anzi	19.20	0.29	Nova Siri Scalo	32.40	0.31
Atella	24.06	0.24	Oriolo	29.14	0.38
Calitri	24.48	0.25	Palazzo San Gervasio	20.88	0.29
Castel Lagopesole	23.70	0.29	Pescopagano	24.59	0.35
Castelsaraceno	22.06	0.44	Picerno	20.97	0.26
Cogliandrino	24.68	0.42	Policoro	24.69	0.33
Diga Rendina	22.49	0.23	Potenza	22.51	0.28
Ferrandina	22.62	0.30	Recoleta	20.87	0.35
Forenza	26.29	0.23	Ripacandida	26.30	0.22
Ginosa	30.27	0.26	Rocchetta S. Antonio	26.13	0.22
Gravina in Puglia	34.16	0.19	Rocchetta S. A. scalo	25.58	0.22
Irsina	23.06	0.27	S. Arcangelo	20.50	0.33
Isca di Tramutola	18.99	0.36	S. Chirico Raparo	16.52	0.43
Lacedonia	26.23	0.26	S. Fele	22.42	0.30
Lagonegro	29.35	0.45	S. Mauro Forte	21.35	0.41
Lauria inferiore	32.43	0.41	S. Nicola di Avigliano	18.76	0.29
Lavello	24.68	0.24	S. Severino Lucano	20.15	0.45
Maratea	31.51	0.31	Santeramo in Colle	29.02	0.24
Marsico Nuovo	20.09	0.37	Senise	22.22	0.36
Matera	28.35	0.21	Spinazzola	24.62	0.25
Melfi	23.17	0.34	Terranova del Pollino	22.80	0.47
Metaponto	28.20	0.27	Tolve	19.62	0.32
Minervino	30.66	0.23	Tricarico	19.66	0.35
Moliterno	23.48	0.33	Valsinni	25.26	0.44
Montemilone	25.03	0.24	Venosa	21.49	0.30
Montescaglioso	26.77	0.29			

Figura 15 - Valore dei parametri puntuali della curva di possibilità climatica.

Quindi, dalla valutazione della tabella precedente, per ottenere i parametri  $a$  ed  $n$  per la costruzione delle curve di possibilità climatica, è stata utilizzata la stazione di **Matera**, in quanto più prossima all'intervento in oggetto. La curva di possibilità climatica ottenuta attraverso il VAPI Basilicata è la seguente:

$$x(h,t) = 28,35 * t^{0,21}$$



La curva su definita qualora moltiplicata per il valore del coefficiente probabilistico di crescita riferito alla zona A consente, quindi, la definizione delle curve di possibilità climatica riferite all'area di intervento al variare del tempo di ritorno dell'evento considerato.

Le curve di possibilità climatiche sono state anche determinate applicando il metodo statistico di Gumbel ai massimi annuali di precipitazione oraria disponibili dalla stazione pluviografica di **Matera** (1991-2014) per le durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

Stazione di:	Matera				
anni	durate [ore]				
	1	3	6	12	24
1991	35.4	40.2	40.2	40.2	40.2
1992	38.8	39.6	39.6	39.6	39.8
1993	18	35	36.2	36.4	37.6
1994	19.2	26.8	27.8	35.4	47.4
1995	31.8	37.2	60	63.6	63.8
1996	36.8	46.4	48.2	48.4	48.4
1998	21	25.8	32.2	42	48.2
1999	20.6	21.6	27.4	27.4	41.8
2000	33.2	34.6	34.6	34.6	37.2
2001	16.6	18.6	22.8	32.6	51.2
2002	27.8	29.8	45.6	48.2	48.6
2003	16.4	25	40	48.2	50.6
2004	15	29	35.4	47	53.6
2005	18.6	23	26.4	34.8	41
2006	28.2	36	37	37	50.2
2007	23	50	56.8	71.6	86.2
2008	17.2	20.8	30.8	39.4	40.6

2009	47.6	51	55.4	55.4	78
2010	34	48.6	59.8	63.4	63.6
2011	23.2	34.4	35.4	35.4	35.8
2012	25.6	26.2	26.6	36.6	37
2013	29.8	44.2	70	111	129.6
2014	29.6	29.8	30.2	31.2	33.2

L'elaborazione dei dati pluviometrici, ha condotto alla determinazione delle curve di possibilità climatiche per i differenti tempi di ritorno; si riportano di seguito i dati caratterizzanti tali curve:

- ✓ Con un tempo di ritorno  $Tr = 30$  anni l'equazione della curva di possibilità climatica (utilizzando la distribuzione di Gumbel) è la seguente:

$$h = 43.695 * t^{0.257}$$

- ✓ Con un tempo di ritorno  $Tr = 30$  anni l'equazione della curva di possibilità climatica (utilizzando il metodo VAPI) è la seguente:

$$h = 53.582 * t^{0.21}$$

- ✓ Con un tempo di ritorno  $Tr = 200$  anni l'equazione della curva di possibilità climatica (utilizzando la distribuzione di Gumbel) è la seguente:

$$h = 55.382 * t^{0.269}$$

- ✓ Con un tempo di ritorno  $Tr = 200$  anni l'equazione della curva di possibilità climatica (utilizzando il metodo VAPI) è la seguente:

$$h = 82.499 * t^{0.21}$$

- ✓ Con un tempo di ritorno  $Tr = 500$  anni l'equazione della curva di possibilità climatica (utilizzando la distribuzione di Gumbel) è la seguente:

$$h = 60.998 * t^{0.273}$$

- ✓ Con un tempo di ritorno  $Tr = 500$  anni l'equazione della curva di possibilità climatica (utilizzando il metodo VAPI) è la seguente:

$$h = 99.225 * t^{0.21}$$

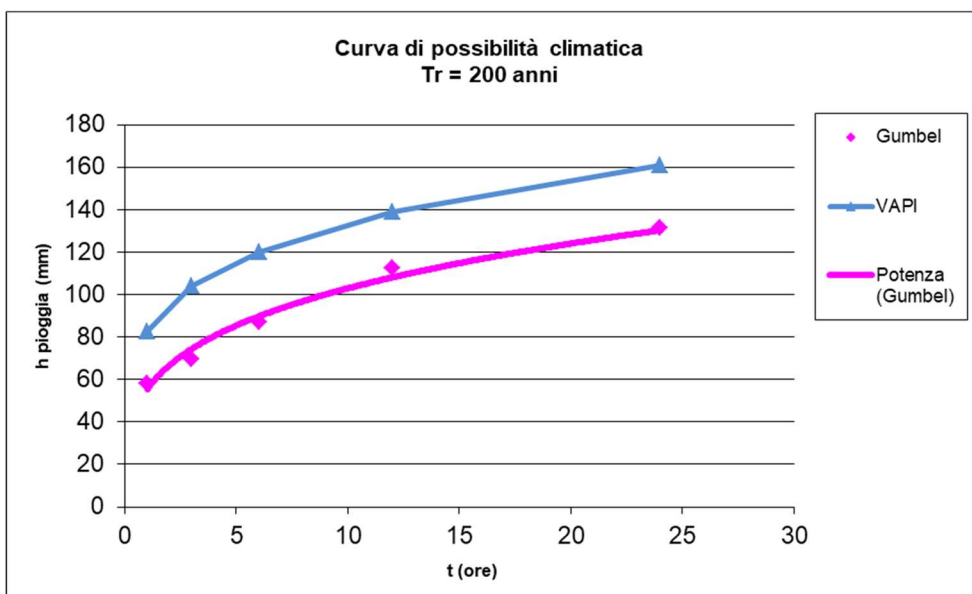
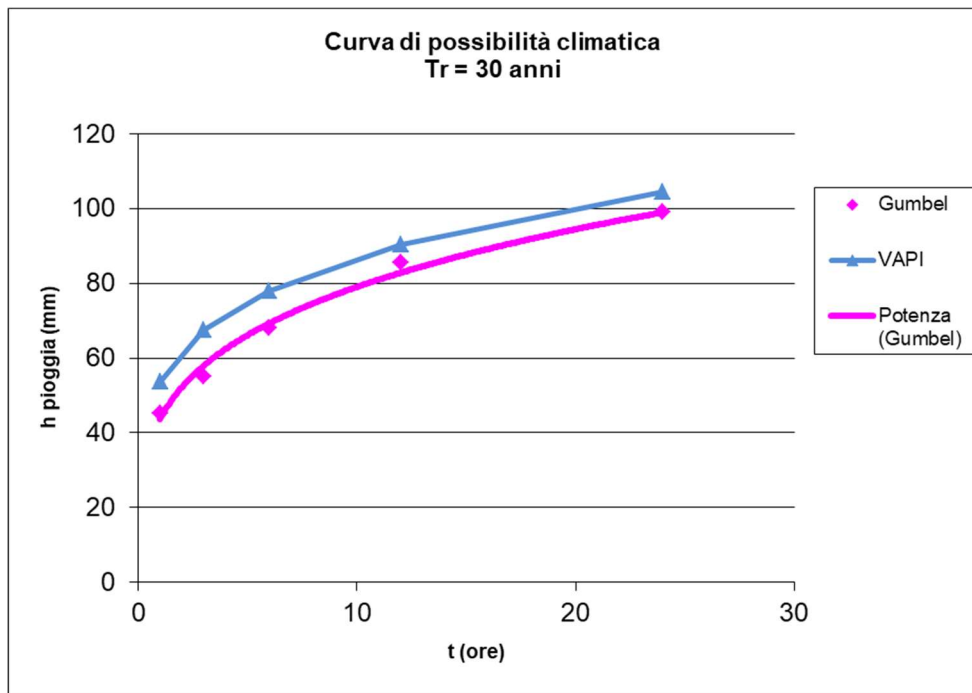
Si riportano di seguito delle tabelle riassuntive relative alle altezze di pioggia ricavate utilizzando la metodologia **VAPI Basilicata** e quella della distribuzione probabilistica di **Gumbel**:

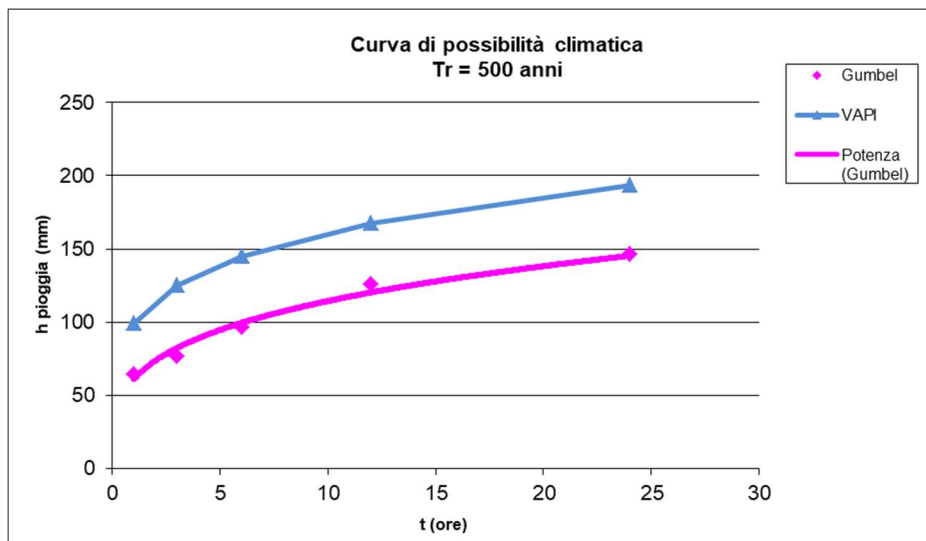
<b>GUMBEL</b>	<b>h (mm) t = 1 ora</b>	<b>h (mm) t = 3 ore</b>	<b>h (mm) t = 6 ore</b>	<b>h (mm) t = 12 ore</b>	<b>h (mm) t = 24 ore</b>
Tr = 30 anni	45.252	55.042	67.977	85.694	99.254
Tr = 200 anni	58.083	69.618	87.074	112.680	131.204
Tr = 500 anni	64.244	76.617	96.243	125.638	146.545

<b>VAPI</b>	<b>h (mm) t = 1 ora</b>	<b>h (mm) t = 3 ore</b>	<b>h (mm) t = 6 ore</b>	<b>h (mm) t = 12 ore</b>	<b>h (mm) t = 24 ore</b>
Tr = 30 anni	53.582	67.485	78.060	90.291	104.438
Tr = 200 anni	82.499	103.906	120.187	139.019	160.802

Tr = 500 anni	99.225	124.973	144.555	167.205	193.404
---------------	--------	---------	---------	---------	---------

Nelle figure seguenti si riportano le curve di possibilità climatiche ricavate in corrispondenza dei diversi tempi di ritorno adottati, per i bacini in analisi.





Il confronto tra le due metodologie adottate, ha evidenziato come le altezze di pioggia derivate utilizzando la metodologia **VAPI Basilicata** siano risultate, per tutti i tempi di ritorno, maggiori di quelle derivate dall'utilizzo della distribuzione probabilistica di Gumbel soprattutto al crescere della durata di pioggia.

Si è inoltre valutato un **tempo di corrivazione**, per ciascun bacino di:

BACINO n.1 0,18 h

BACINO n.2 0,45 h

## 4.2 VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA

La stima delle massime portate al colmo di piena per assegnati periodi di ritorno è stata condotta avvalendosi delle tecniche di regionalizzazione dei deflussi come disponibili nel succitato rapporto VAPI Basilicata.

I dati utilizzati sono stati ottenuti da quelli originari disponibili presso il SIMN tramite regolarizzazione per mezzo di scale di deflusso di piena appositamente tarate, operazione che ha eliminato numerose incongruenze emerse dal confronto tra i dati di più stazioni relativamente agli stessi eventi (VAPI Basilicata, 1999).

Nel processo di regionalizzazione delle portate di piena, per la Basilicata, si sono ipotizzati validi i parametri  $\theta^*$  e  $\Lambda^*$  già definiti a scala nazionale fatta eccezione per la Sardegna. I valori assunti sono:

$$\theta^* = 2.564 \qquad \Lambda^* = 0.350$$

Al secondo livello di regionalizzazione, l'analisi condotta facendo riferimento ad ogni singolo sito idrometrografico ha permesso la definizione la stima del parametro regionale  $\Lambda_1$  della distribuzione TCEV (Two-Component Extreme Value, Rossi, Fiorentino & Versace, 1984). Tale stima, condotta adottando il criterio della massima verosimiglianza, è stata effettuata nell'ipotesi di vincolare la distribuzione TCEV al valore dei parametri  $\theta^*$  e  $\Lambda^*$  già definiti a scala nazionale.

I risultati ottenuti sono riportati nella tabella che segue ed evidenziano, nella regione Basilicata, la presenza di tre sottozone omogenee rispetto al parametro  $\Lambda_1$ .

Sottozona	$\theta^*$		$\Lambda^*$	$\Lambda_1$	$\eta$
Zona A	2.654		0.350	3.56	2.598
Zona B	2.654		0.350	7.30	3.316
Zona C	2.654		0.350	20.80	4.363

In particolare:

- ✓ la zona A si identifica con l'intero bacino del Bradano. L'area è caratterizzata da un alto valore di aridità se comparata con gli altri bacini regionali e questa peculiarità induce i bassi valori di  $\Lambda_1$ . Il più delle volte, il suolo che caratterizza tale bacino si presenta pressoché asciutto prima dell'occorrenza delle piene.

- ✓ la zona B comprende il medio e il basso bacino del Basento, le cui caratteristiche geomorfologiche e climatiche sono comparabili con quelle della sottozona A, anche se il numero di eventi di piena osservati è leggermente superiore.
- ✓ la zona C comprende l'Agri, il Sinni e l'alto bacino del Basento, ovvero la zona a nord di Potenza. In questa sottozona il numero di eventi di piena significativi è molto maggiore di quello che caratterizza le altre due sottozone.

La rappresentazione cartografica delle tre sottozone è riportata di seguito.

### II LIVELLO - ZONE OMOGENEE

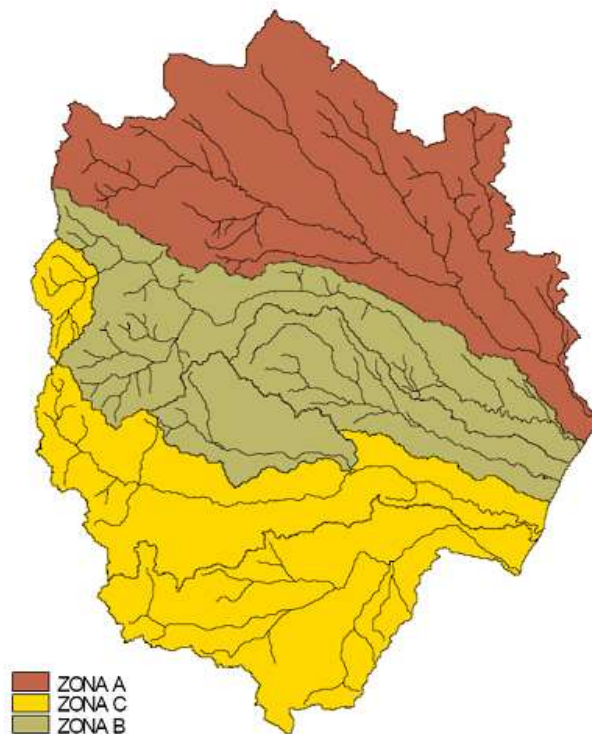


Figura 16 - Sottozone omogenee al II livello di regionalizzazione delle piene.

Alla stregua di quanto già condotto in merito alle precipitazioni, è necessario al fine di valutare le portate di piena al variare del tempo di ritorno, stimare il valore assunto dal fattore probabilistico al variare dei parametri individuati nella stima dei due primi livelli di regionalizzazione. È quindi necessaria la definizione del fattore KT o fattore probabilistico di crescita, i cui valori numerici, per le tre sottozone omogenee, sono

riportati a seguire in funzione del periodo di ritorno TR.

$T_R$ (anni)	2	5	10	20	25	30	50	100	200	500	1000
$K_T$ (SZO A)	0.81	1.44	1.96	2.55	2.76	2.89	3.43	3.12	4.83	5.76	6.47
$K_T$ (SZO B)	0.85	1.34	1.75	2.21	2.38	2.48	2.90	3.45	4.00	4.73	5.29
$K_T$ (SZO C)	0.89	1.26	1.57	1.92	2.05	2.13	2.45	2.86	3.28	3.84	4.26

Nella successiva figura, i valori di  $K_T$  su riportati sono rappresentati graficamente in funzione del tempo di ritorno dell'evento considerato.

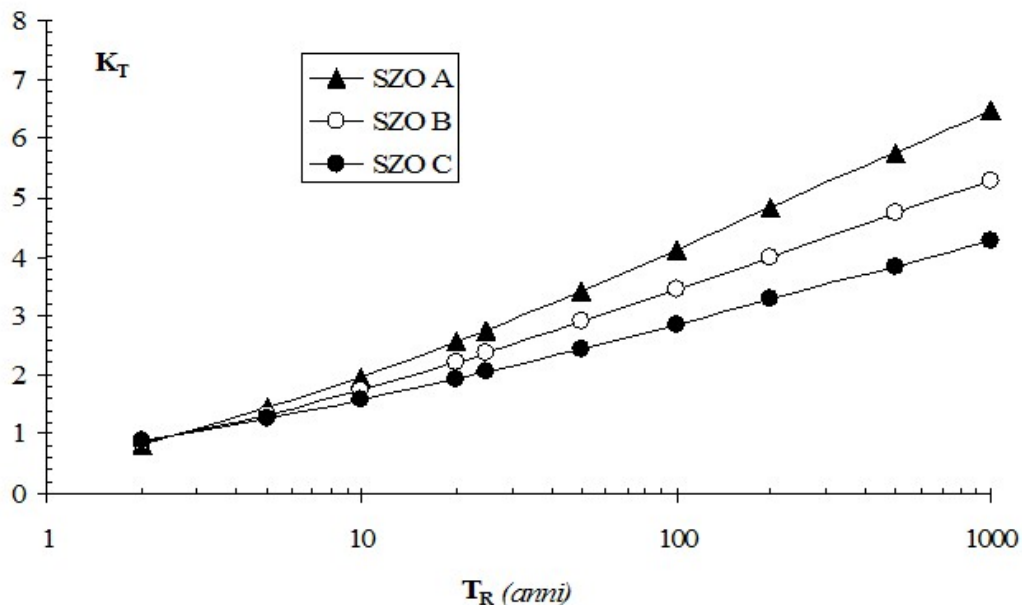


Figura 17 - Andamento del fattore probabilistico di crescita delle piene.

La stima del valor medio della distribuzione dei massimi annuali delle portate al colmo di piena o piena indice  $E(Q)$  in una generica sezione fluviale è stata condotta, nell'ambito degli studi condotti per la redazione del VAPI Basilicata, con modelli empirici che relazionano tale valore all'estensione del bacino sotteso.

La ricerca di una relazione empirica che legghi il valore della piena indice  $E(Q)$  all'area del bacino è il passo preliminare e fondamentale nell'ambito delle analisi condotte al terzo livello di regionalizzazione e, di solito, risulta ben definita da una relazione del tipo:



$$E(Q) = K_T m(Q)$$

dove  $m(Q)$  è il valor medio della distribuzione del massimo annuale della portata al colmo di piena.

Gli studi condotti sui bacini lucani al fine di definire, al terzo livello di regionalizzazione delle piene, la relazione che lega la piena indice con l'area sottesa hanno evidenziato la presenza di due zone omogenee denominate rispettivamente Zona Omogenea 1 e Zona Omogenea 2 per le quali valgono le relazioni sotto riportate:

- ✓ Area Omogenea 1 che comprende i bacini del Bradano, Basento, Cavone ed Agri

$$m(Q) = 2.13 \cdot A^{0.766}$$

- ✓ Area Omogenea 2 che comprende i bacini del Sinni, Lao e Noce

$$m(Q) = 5.98 \cdot A^{0.645}$$

Si rileva che l'area di studio è associabile all'**area omogenea 1**.

L'applicazione delle relazioni descritte in precedenza ha, quindi, consentito la determinazione dei valori delle portate di piena con assegnato tempo di ritorno (30, 200 e 500 anni) dei bacini.

La **portata** afferente alla sezione di chiusura dei bacini, utilizzata nella successiva modellazione idraulica, è risultata:

Q(m <sup>3</sup> /sec)	Alta Pericolosità idraulica	Media Pericolosità idraulica	Bassa Pericolosità idraulica
	Tr = 30 anni	Tr= 200 anni	Tr= 500 anni
<b>Bacino n.1</b>	3.05	5.10	6.08
<b>Bacino n.2</b>	1.86	3.11	3.71

## 5 MODELLAZIONE IDRAULICA

Il tracciamento dei profili di corrente è stato condotto utilizzando il codice di calcolo HEC-RAS versione 3.1.3, sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers.

HEC-RAS è l'abbreviazione di Hydrologic Engineering Center's River Analysis System. Questo software consente la simulazione di flussi idrici, nell'ipotesi di monodimensionalità della corrente, sia in moto permanente che in moto vario.

Il sistema comprende una interfaccia grafica, componenti separate per le analisi idrauliche dei due diversi tipi di moto, possibilità di analisi e memorizzazione dati, possibilità di esportazione e graficizzazione dei risultati.

Elemento chiave è che entrambi i tipi di simulazione citati usano una comune rappresentazione geometrica dei dati (l'alveo e le sue caratteristiche fisiche, geometriche ed idrauliche), e una comune routine di calcolo geometrico ed idraulico preliminare.

HEC-RAS è progettato per effettuare calcoli idraulici monodimensionali per una rete completa di canali naturali ed artificiali.

Nel caso di moto permanente, il software è in grado di modellare profili di correnti lente, veloci ed anche miste quando richiesto o ritenuto opportuno automaticamente dal programma.

Il calcolo è stato svolto in condizioni di moto permanente utilizzando valori delle portate di piena, riportati in precedenza, corrispondenti a tempi di ritorno pari a 30, 200 e 500 anni, come richiesto dall'Autorità di Bacino della Basilicata per l'identificazione delle aree caratterizzate rispettivamente da alta (AP), media (MP) e bassa (BP) pericolosità idraulica.

### **SCABREZZA DI MANNING**

Le simulazioni sono state condotte utilizzando un valore del coefficiente di scabrezza  $n$  secondo Manning pari a 0.033 sulle sponde dell'alveo e per il letto dell'alveo. Il valore adottato è quello consigliato dal manuale Cremonese per alvei con presenza di vegetazione ed è cautelativo ai fini delle determinazioni idrauliche conseguenti.

Inoltre, il valore del coefficiente di Manning è stato scelto nell'ipotesi che l'alveo sia "Clean, straight, full, no rifts or deep pools, but more stones and weeds" (cfr tabella seguente), corrispondente ad alvei naturali interessati dalla presenza di pietre ed erbe, per meglio simulare il reale comportamento.

Trattandosi di corsi d'acqua naturali in cui non è evidente la differenza tra golena e savanella, a vantaggio di sicurezza è stato impiegato un coefficiente di scabrezza unico per l'intera sezione del canale.

1. Main Channels			
a. Clean, straight, full, no rifts or deep pools	0.025	0.030	0.033
b. Same as above, but more stones and weeds	0.030	0.035	0.040

*Tabella Valori del coefficiente di Manning ((Manning Table – Hec-Ras 3.1.3).*

Tale scelta è stata altresì verificata e confermata anche mediante una analisi di sensibilità, attraverso la quale si è potuto rilevare che, facendo variare (aumentando o diminuendo) il coefficiente di Manning di un aliquota pari a 0,01 (restando nel range assimilabile alla tipologia dell'alveo in esame), si genera una variazione di livello idrico nell'ordine di qualche centimetro, quindi trascurabile ai fini della determinazione dei deflussi di piena.

## **CONDIZIONI AL CONTORNO E CONDIZIONI INIZIALI**

Le condizioni al contorno si distinguono in condizioni al contorno di tipo esterno e condizioni al contorno di tipo interno, ove per condizioni esterne si intendono le altezze idriche da assegnare nella sezione di calcolo posta a valle e in tutte le sezioni iniziali poste a monte del reticolo idrografico, mentre per condizioni interne sono intese quelle relative alle sezioni di confluenza di due o più rami dello stesso reticolo.

Nel caso specifico, si è fatto riferimento alle sole condizioni di tipo esterno. **Sia per la sezione di monte del corso d'acqua che per la sezione di valle si è fissata l'altezza di moto uniforme.**

Le condizioni al contorno assunte nelle sezioni di valle tengono conto del raggiungimento, in tali punti, della condizione di moto uniforme. Tale assunzione è cautelativa rispetto alla condizione di stato critico che, allo stesso modo, si può impostare come condizione al contorno nel software. Infatti, trattandosi di un alveo a debole pendenza, l'altezza di moto uniforme è maggiore di quella critica, quindi, impostando a valle (una corrente lenta è influenzata da valle) la condizione di moto uniforme, il profilo idraulico parte da valle con un valore di altezza maggiore quindi più sfavorevole rispetto alla condizione di stato critico.

## **PROFILI DI MOTO PERMANENTE**

Le simulazioni sono state condotte utilizzando valori di portata massimi lungo il percorso delle aste fluviali, ossia i valori di portata che si ottengono in corrispondenza delle sezioni di chiusura, per i diversi tempi di ritorno.

## **SEZIONI DI CALCOLO E PROFILO LONGITUDINALE**

La valutazione dei profili in condizioni di moto permanente è stata effettuata avendo quale base di informazione topografica, le sezioni rilevate dal DTM della Regione Basilicata per definire il piano quotato dell'alveo e le relative sezioni trasversali.

Sulla base delle informazioni plano altimetriche disponibili è stato ricavato un modello geometrico, come base di input per il software HEC-RAS, costituito, come detto in precedenza, da un bacino formato da un alveo e un numero variabile di sezioni.

Le sezioni (numerata progressivamente da monte verso valle) sono poste a distanza variabile a seconda del diverso assetto morfologico dell'alveo.

## **RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IN MOTO PERMANENTE**

Nel seguito, si riportano e si commentano i risultati dello studio idraulico, effettuato in condizioni di moto permanente, in riferimento all'asta in oggetto fino alla sua sezione di sbocco.

In particolare, sono riportati i risultati delle simulazioni effettuate, in condizioni di moto permanente in corrispondenza di portate di piena caratterizzate da TR=200 anni.

Tali verifiche hanno consentito, grazie all'ausilio del software HEC RAS, di definire le caratteristiche proprie del deflusso e, in particolare, il massimo livello idrico raggiunto in ogni sezione, oltre che la pendenza della linea dell'energia, la velocità media della corrente, la larghezza del pelo libero, il numero di Froude della corrente, etc.

Tutte queste informazioni sono indicate sottoforma numerica nelle tabelle riassuntive seguenti, nelle quali, al variare del tempo di ritorno e per ognuna delle sezioni, sono riportati i dati relativi ai principali parametri idraulici desunti dal calcolo al passaggio dell'onda di piena.

Le sigle riportate sono relative a:

- a) Q total= Portata totale espressa in m<sup>3</sup>/s;
- b) Min Ch El = Quote del fondo dell'alveo;
- c) W.S. Elev = Quota del pelo libero;
- d) Crit W.S. = Quota critica del pelo libero;
- e) E.G. Elev = Quota della linea dell'energia;
- f) E.G. Slope = Pendenza della linea dell'energia;
- g) Vel Chnl = Velocità media della corrente nell'alveo;
- h) Flow area = Area totale della sezione liquida effettiva;
- i) Top Width = Larghezza superficiale della sezione liquida;
- j) Froude= Numero di Froude dell'alveo.

I risultati ottenuti sono riportati nelle tabelle seguenti:

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
Impianto 1	7	Tr=200 anni	5.10	387.41	387.99	387.88	388.03	0.005320	0.94	5.40	19.27	0.57
Impianto 1	6	Tr=200 anni	5.10	387.20	387.47	387.47	387.57	0.018250	1.45	3.51	16.54	1.01
Impianto 1	5	Tr=200 anni	5.10	387.10	387.31	387.20	387.32	0.001953	0.46	11.20	56.44	0.33
Impianto 1	4	Tr=200 anni	5.10	387.00	387.24		387.25	0.001041	0.37	13.68	58.13	0.25
Impianto 1	3	Tr=200 anni	5.10	386.60	386.98	386.98	387.11	0.017164	1.60	3.19	12.46	1.01
Impianto 1	2	Tr=200 anni	5.10	386.30	386.58	386.49	386.61	0.004661	0.80	6.36	26.30	0.52
Impianto 1	1	Tr=200 anni	5.10	386.00	386.11	386.11	386.17	0.023306	1.02	5.02	48.81	1.01
Impianto 2	9	Tr=200 anni	3.11	387.00	387.36	387.21	387.38	0.002156	0.58	5.33	19.92	0.36
Impianto 2	8	Tr=200 anni	3.11	386.90	387.21	387.11	387.23	0.004093	0.72	4.29	18.78	0.48
Impianto 2	7	Tr=200 anni	3.11	386.70	387.11	386.91	387.13	0.001249	0.48	6.42	21.04	0.28
Impianto 2	6	Tr=200 anni	3.11	386.50	386.86	386.86	386.96	0.018600	1.42	2.19	10.82	1.01
Impianto 2	5	Tr=200 anni	3.11	386.00	386.52	386.36	386.54	0.003020	0.76	4.09	13.21	0.44
Impianto 2	4	Tr=200 anni	3.11	385.71	386.25	386.17	386.32	0.007472	1.09	2.85	10.51	0.67
Impianto 2	3	Tr=200 anni	3.11	385.50	385.67	385.67	385.74	0.020162	1.17	2.65	18.66	0.99
Impianto 2	2	Tr=200 anni	3.11	385.20	385.47	385.37	385.47	0.000639	0.28	10.87	47.57	0.19
Impianto 2	1	Tr=200 anni	3.11	385.00	385.17	385.17	385.24	0.020162	1.17	2.65	18.66	0.99

Il calcolo è stato condotto considerando tutte le sezioni rilevate.

Nelle figure seguenti sono riportati il profilo longitudinale al passaggio dell'onda di piena duecentennale e le viste prospettive d'insieme dell'alveo nonché le sezioni trasversali rilevate.

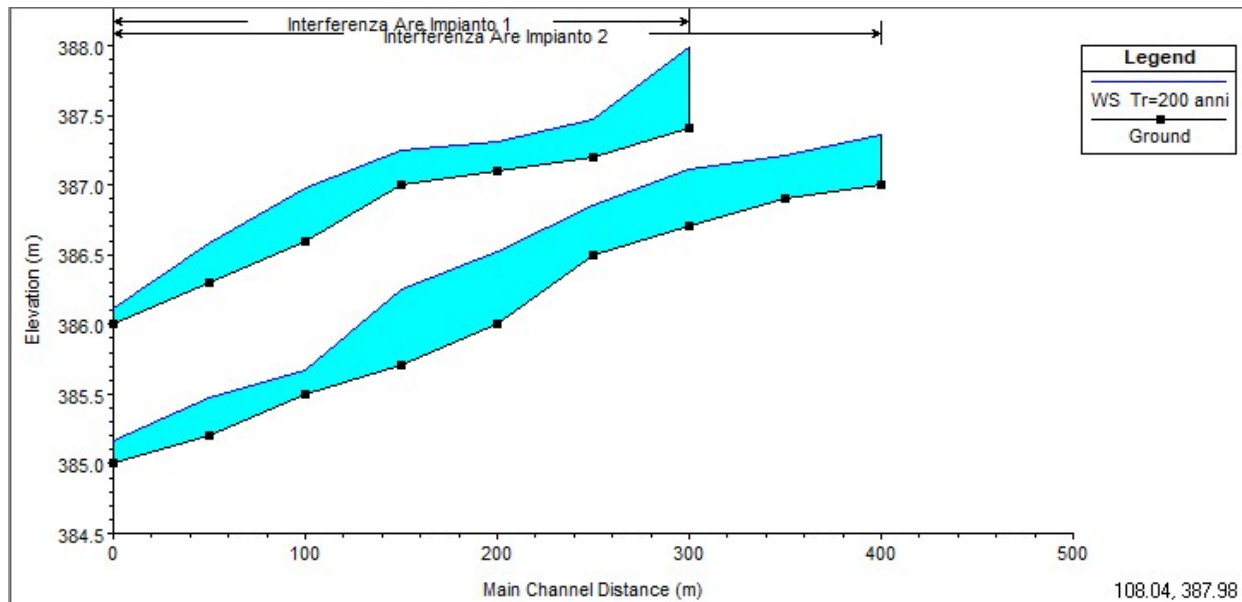


Figura 18 - Profilo longitudinale di moto permanente.(è rappresentato graficamente il livello idrico corrispondente alla piena con Tr=200 anni).

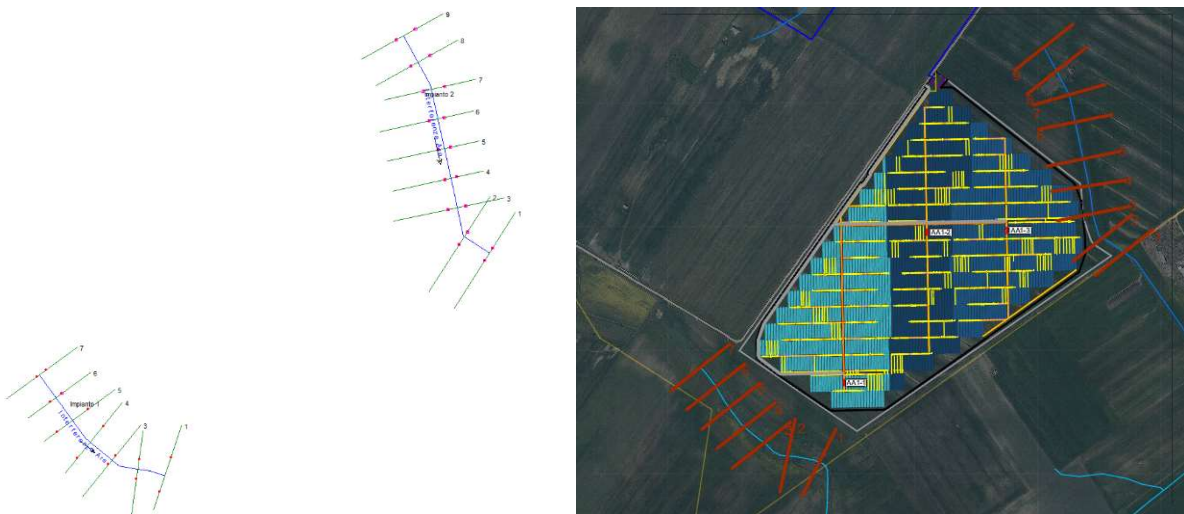


Figura 19 - Viste planimetriche d'insieme.

Osservando gli output di HEC-RAS si evince come i corsi d'acqua in esame siano sufficienti a contenere la portata di piena bi-centenaria, sempre contenuta in alveo o nelle sue aree golenali. L'area di installazione dei pannelli non viene interessata dal passaggio della piena duecentenaria.



**Figura 20 - Viste planimetriche d'insieme.**

Tale risultato è possibile desumerlo anche dalla consultazione delle sezioni trasversali in allegato, dalle quali sono evidenti i livelli idrici di piena per ogni sezione.

## 6 CONCLUSIONI

Il presente Studio è stato redatto al fine di valutare la compatibilità idrologica ed idraulica relativo alla **realizzazione di un impianto fotovoltaico**, da ubicare nel territorio del comune di **Matera (MT)**.

L'area di intervento è interessata dalla presenza di corsi d'acqua episodici della Carta Idrogeomorfologica della Basilicata e dell'IGM 1:25.000.

Dai risultati desunti nel presente studio di compatibilità idrologica ed idraulica si è potuto rilevare il valore delle portate di interesse per i bacini idrografici di riferimento.

**L'intero progetto dell'area di posa dei pannelli, con relative recinzioni esterne e viabilità interne e di accesso, è stato sviluppato in modo da non interferire con le aree inondabili ricavate tramite modellazione.**

**Il solo cavidotto esterno di collegamento attraversa il reticolo idrografico in n.5 punti, su strade interpoderali prive di viabilità esistente o di progetto; tali intersezioni saranno opportunamente risolte con uno scavo in opera e rinterro con ripristino dello stato attuale dei luoghi.**

**Pertanto, sulla base delle analisi condotte nell'ambito del presente Studio, l'opera in progetto risulta interamente compatibile con le finalità del Piano di Assetto Idrogeomorfologico, garantendo altresì le condizioni di sicurezza idraulica dell'area di impianto e delle aree contermini.**



## 7 ALLEGATI

Quaderno delle sezioni

Tav B.1 Individuazione dei Bacini Idrografici su I.G.M.

Tav B.2 Individuazione dei Bacini Idrografici su Ortofoto

Tav B.3 Individuazione delle aree inondabili duecentennali