

REGIONE  
BASILICATA



COMUNE DI GENZANO DI LUCANIA (PZ)



Provincia  
Potenza



**PROGETTO DEFINITIVO RELATIVO ALLA REALIZZAZIONE DI UN  
IMPIANTO EOLICO COSTITUITO DA 10 AEROGENERATORI E  
DALLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA R.T.N.**

RELAZIONE IDRAULICA

ELABORATO

**A.3**

PROPONENTE:

BLUE STONE  
renewable V

Via Vincenzo Bellini 22  
00198 Roma Italia  
P.I. 15305051007



PROGETTO E SIA:

**TECH**  
SOCIETÀ DI INGEGNERIA &  
SERVIZI PER L'INGEGNERIA

Via delle Resistenze, 45 - 70125 Bari - tel. 080 5219946 - fax. 080 2020986

Il DIRETTORE TECNICO  
Dott. Ing. Orazio Tricarico



CONSULENZA:

EM./REV.	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DESCRIZIONE
0	DIC 2020	B.B.	A.A. - O.T.	A.A. - O.T.	Progetto definitivo

## **INDICE**

<b>PREMESSA</b>	<b>2</b>
<b>1. DESCRIZIONE DELLE OPERE DI PROGETTO</b>	<b>7</b>
<b>2. CARATTERISTICHE DEI BACINI IDROGRAFICI</b>	<b>11</b>
<b>3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DEL BACINO DI STUDIO</b>	<b>13</b>
<b>4. STUDIO IDROLOGICO DEI BACINI</b>	<b>14</b>
<b>5. ANALISI REGIONALE DELLE PIOGGE IN BASILICATA</b>	<b>15</b>
<b>6. CURVE DI POSSIBILITÀ CLIMATICA</b>	<b>23</b>
<b>7. VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA</b>	<b>29</b>
<b>8. MODELLAZIONE IDRAULICA</b>	<b>33</b>
<b>SCABREZZA DI MANNING</b>	<b>33</b>
<b>CONDIZIONI AL CONTORNO E CONDIZIONI INIZIALI</b>	<b>34</b>
<b>PROFILI DI MOTO PERMANENTE</b>	<b>34</b>
<b>SEZIONI DI CALCOLO E PROFILO LONGITUDINALE</b>	<b>35</b>
<b>RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IN MOTO PERMANENTE</b>	<b>35</b>
<b>CONCLUSIONI</b>	<b>39</b>



## Premessa

Il presente documento costituisce lo **Studio di Compatibilità Idrologica ed Idraulica**, redatto ai sensi delle NTA del PAI del Distretto dell'Appennino Meridionale – Regione Basilicata, relativamente al progetto di un **parco eolico di potenza complessiva pari a 45 MW e relative opere di connessione alla RTN da realizzare in località Cerreto nel comune di Genzano di Lucania (Provincia di Potenza, in Regione Basilicata)**.

In particolare, il progetto è costituito da:

- **n° 10 aerogeneratori della potenza di 4,5 MW** (denominati "WTG 1-10") e delle rispettive piazzole di collegamento;
- tracciato dei cavidotti di collegamento (tra gli aerogeneratori e la cabina di raccolta MT e tra la cabina MT e la sottostazione elettrica di trasformazione utente MT-AT);
- **stazione elettrica** di trasformazione 150/30kV dell'impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile (punto di consegna previsto nell'ampliamento della Stazione Elettrica di trasformazione 150/380 kV di proprietà Terna S.p.A.) ubicata nel **Comune di Genzano di Lucania (PZ)**, in loc. "Gambarda", Fg. 18 p.lla 154-155;
- nuova viabilità di progetto (o la ristrutturazione di quella esistente).

La società proponente è la **BLUE STONE RENEWABLE V S.r.l.**, con sede legale in via V. Bellini n.22 – 00198 Roma (ITA).

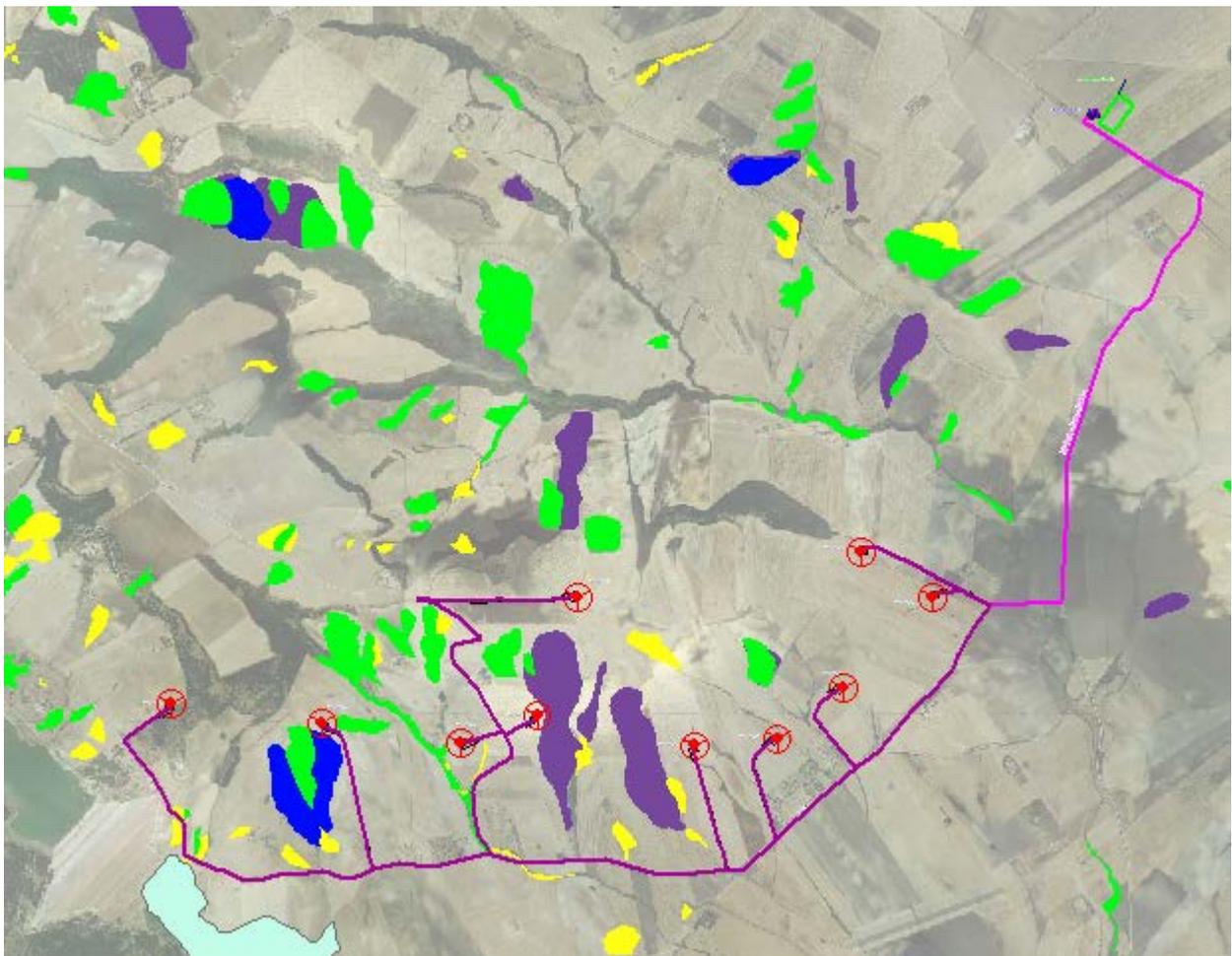
Tale opera si inserisce nel quadro istituzionale di cui al D.Lgs 29 dicembre 2003, n. 387 "*Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità*" le cui finalità sono:

- *promuovere un maggior contributo delle fonti energetiche rinnovabili alla produzione di elettricità nel relativo mercato italiano e comunitario;*
- *promuovere misure per il perseguimento degli obiettivi indicativi nazionali;*
- *concorrere alla creazione delle basi per un futuro quadro comunitario in materia;*
- *favorire lo sviluppo di impianti di microgenerazione elettrica alimentati da fonti rinnovabili, in particolare per gli impieghi agricoli e per le aree montane.*



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.**

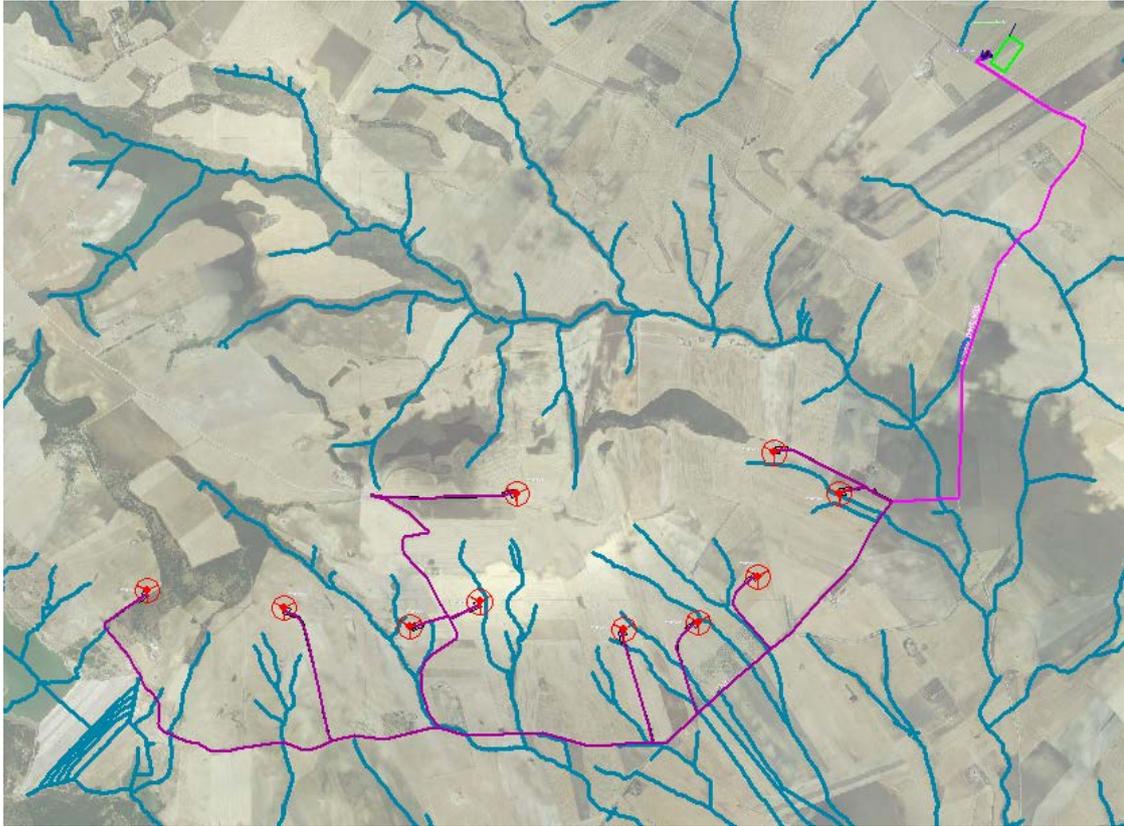




**Figura 1: Inquadramento dell'area di intervento su "Carta del PAI" redatta dall'AdB Basilicata.**

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

- le aree contermini alle WGT site a poche decine di metri da un'asta del reticolo idrografico della Regione Basilicata;
- le soluzioni progettuali da adottare per gli attraversamenti del cavidotto interrato MT di collegamento con il reticolo idrografico delle Regioni Puglia e Basilicata.



**Figura 2: Inquadramento dell'area di intervento con reticolo idrografico.**

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.

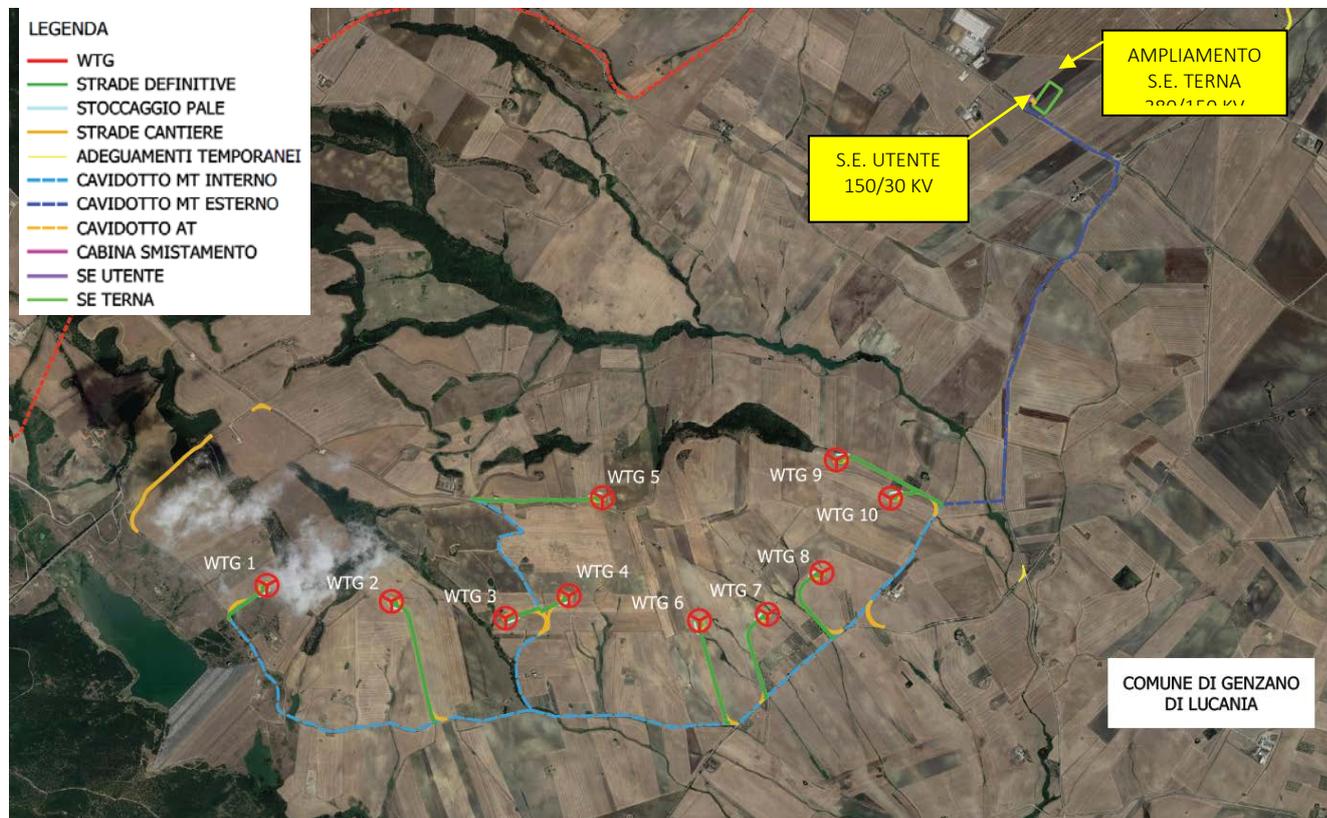
**Per lo studio delle portate di piena sono state utilizzate le indicazioni fornite dal VAPI della Basilicata e per la simulazione delle piene è stato utilizzato un software che opera in moto permanente (HEC-RAS 3.1.3).**

**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.**



## 1. Descrizione delle opere di progetto

Il parco eolico ricade nel territorio comunale di Genzano di Lucania, in provincia di Potenza, Basilicata.



**Figura 3: Layout di progetto su ortofoto.**

Il sito di intervento è situato nell'area a est del centro abitato di Genzano di Lucania, a circa 5,3 km, mentre dista circa 7,5 km da centro abitato del comune di Banzi.

È raggiungibile direttamente dalla SS 655 Bradanica, uscendo all'altezza dell'innesto con la SP 128 e imboccando la SP Pilella Santo Spirito in direzione sud-ovest fino a raggiungere la SP 74 Monteserico.

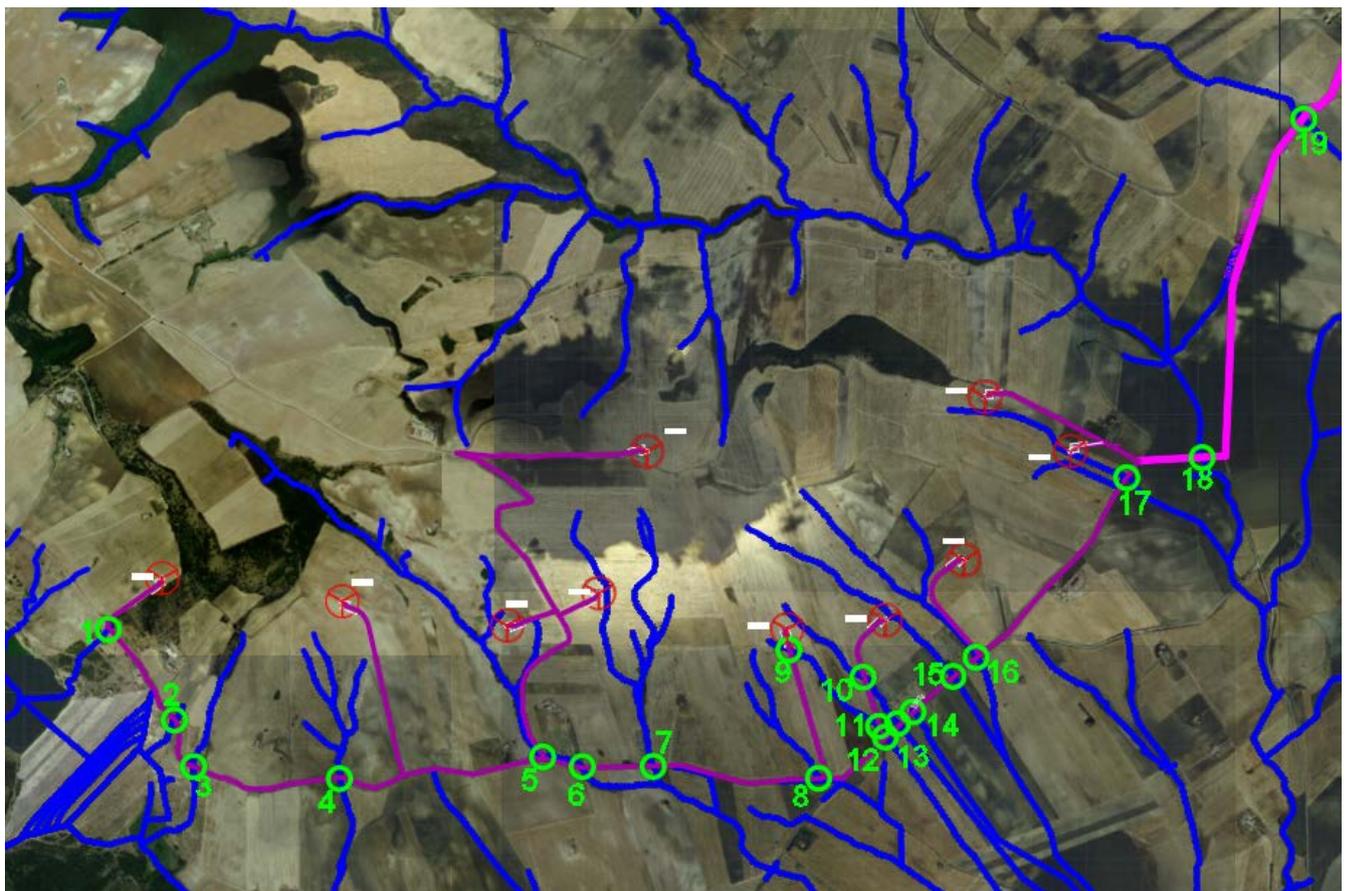
Facendo riferimento agli elaborati grafici di inquadramento allegati, segue una tabella con indicazione delle coordinate degli aerogeneratori che costituiscono l'impianto eolico:

ID TURBINA	UTM WGS84 33N Est (m)	UTM WGS84 33N Nord (m)
WTG01	589867 m E	4522762 m N
WTG02	590672m E	4522658 m N



<b>WTG03</b>	591409 m E	4522549 m N
<b>WTG04</b>	591819 m E	4522695 m N
<b>WTG05</b>	592034 m E	4523332 m N
<b>WTG06</b>	592661 m E	4522533 m N
<b>WTG07</b>	593101 m E	4522574 m N
<b>WTG08</b>	593452 m E	4522845 m N
<b>WTG09</b>	593546 m E	4523578 m N
<b>WTG10</b>	593929 m E	4523334 m N

Per ciò che concerne la posa del cavidotto, necessario alla realizzazione della connessione elettrica dell'impianto, si sono numerate, da ovest a est, le interferenze con il reticolo idrografico presente sul territorio.



**Figura 4: Individuazione degli attraversamenti del cavidotto con il reticolo idrografico.**



Si sono stati individuati n.19 attraversamenti, su strada asfaltata esistente, che saranno caratterizzati dalla seguente tipologia di intervento:

- **Trivellazione orizzontale controllata (TOC)**

Tali scelte progettuali garantiscono che, nella sezione di attraversamento:

- non venga alterata la conformazione fisica e geologica del canale;
- non venga ristretta la sezione libera del canale;
- non venga alterato in alcun modo il naturale deflusso delle acque.

Le intersezioni che avvengono su strade esistenti asfaltate, saranno risolte con l'utilizzo della **trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.)**, ad una **profondità minima di 1,5 m** rispetto al fondo alveo, in maniera da non interferire minimamente sia con il deflussi superficiali che degli eventuali scorrimenti in subalvea.

Tale tecnica consente di posare, per mezzo della perforazione orizzontale controllata, linee di servizio sotto ostacoli quali strade, fiumi e torrenti, edifici e autostrade, con scarso o nessun impatto sulla superficie.

Questo tipo di perforazione consiste essenzialmente nella realizzazione di un cavidotto sotterraneo mediante il radio-controllo del suo andamento plano-altimetrico. Il controllo della perforazione è reso possibile dall'utilizzo di una sonda radio montata in cima alla punta di perforazione, questa sonda dialogando con l'unità operativa esterna permette di controllare il percorso della trivellazione e correggere in tempo reale gli eventuali errori.

L'esecuzione della trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.) consta essenzialmente di due fasi di lavoro:

In una prima fase, dopo aver piazzato la macchina perforatrice, si realizza un foro pilota, infilando nel terreno, mediante spinta e rotazione, una successione di aste che guidate opportunamente dalla testa, crea un percorso sotterraneo che va da un pozzetto di partenza a quello di arrivo; nella seconda fase si prevede che il recupero delle aste venga sfruttato per portarsi dietro un alesatore che, opportunamente avvitato al posto della testa, ruotando con le aste genera il foro del diametro voluto ( $\varphi = 200 \div 500\text{mm}$ ). Insieme all'alesatore, o successivamente, vengono posati in opera i tubi camicia che ospiteranno il cavidotto. Infine si effettuerà il riempimento delle tubazioni con bentonite.



Il tracciato realizzato mediante tale tecnica consente in genere, salvo casi particolari, inclinazioni dell'ordine dei 12÷15 gradi.

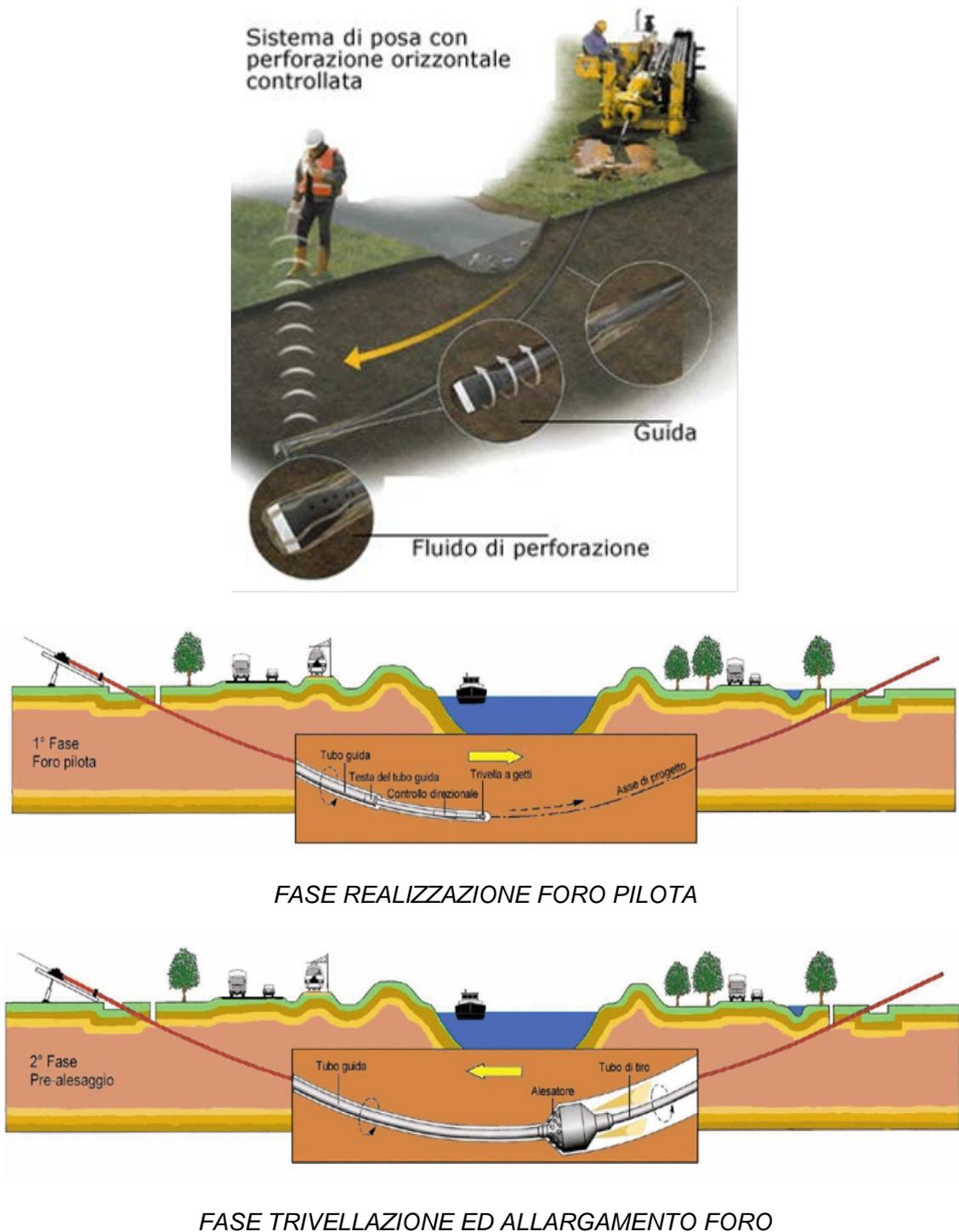


Figura 5: Sistema di trivellazione orizzontale controllata (TOC).



## 2. Caratteristiche dei bacini idrografici

Sono stati individuati i bacini idrografici in corrispondenza delle WGT site ad una distanza inferiore a 150 m da un corso d'acqua, si è calcolata la portata duecentennale e modellato il comportamento idraulico del corso d'acqua in caso di piena duecentennale.

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

<b>Bacino WGT 03</b>		
<i>Lungh. dell'asta princ.</i>	<i>[Km]</i>	0.434
<i>H media del bacino</i>	<i>[m]</i>	482.50
<i>H sezione chiusura</i>	<i>[m]</i>	435.00
<i>H monte dell'asta</i>	<i>[m]</i>	530.00
<i>Superficie del Bacino</i>	<i>[Kmq]</i>	0.130
<i>Pendenza media dell'asta principale</i>	<i>[m/m]</i>	0.219
<b>Bacino WGT 04</b>		
<i>Lungh. dell'asta princ.</i>	<i>[Km]</i>	0.583
<i>H media del bacino</i>	<i>[m]</i>	510.00
<i>H sezione chiusura</i>	<i>[m]</i>	440.00
<i>H monte dell'asta</i>	<i>[m]</i>	580.00
<i>Superficie del Bacino</i>	<i>[Kmq]</i>	0.189
<i>Pendenza media dell'asta principale</i>	<i>[m/m]</i>	0.240
<b>Bacino WGT 06</b>		
<i>Lungh. dell'asta princ.</i>	<i>[Km]</i>	0.225
<i>H media del bacino</i>	<i>[m]</i>	450.00
<i>H sezione chiusura</i>	<i>[m]</i>	400.00
<i>H monte dell'asta</i>	<i>[m]</i>	500.00
<i>Superficie del Bacino</i>	<i>[Kmq]</i>	0.059
<i>Pendenza media dell'asta principale</i>	<i>[m/m]</i>	0.444
<b>Bacino WGT 06 BIS</b>		
<i>Lungh. dell'asta princ.</i>	<i>[Km]</i>	0.33
<i>H media del bacino</i>	<i>[m]</i>	450.00
<i>H sezione chiusura</i>	<i>[m]</i>	400.00
<i>H monte dell'asta</i>	<i>[m]</i>	500.00
<i>Superficie del Bacino</i>	<i>[Kmq]</i>	0.087
<i>Pendenza media dell'asta principale</i>	<i>[m/m]</i>	0.303
<b>Bacino WGT 07</b>		
<i>Lungh. dell'asta princ.</i>	<i>[Km]</i>	0.924
<i>H media del bacino</i>	<i>[m]</i>	483.00



<i>H sezione chiusura</i>	<i>[m]</i>	385.00
<i>H monte dell'asta</i>	<i>[m]</i>	581.00
<i>Superficie del Bacino</i>	<i>[Kmq]</i>	0.254
<i>Pendenza media dell'asta principale</i>	<i>[m/m]</i>	0.212
<b>Bacino WGT 09/10</b>		
<i>Lungh. dell'asta princ.</i>	<i>[Km]</i>	0.886
<i>H media del bacino</i>	<i>[m]</i>	468.50
<i>H sezione chiusura</i>	<i>[m]</i>	360.00
<i>H monte dell'asta</i>	<i>[m]</i>	577.00
<i>Superficie del Bacino</i>	<i>[Kmq]</i>	0.443
<i>Pendenza media dell'asta principale</i>	<i>[m/m]</i>	0.245

**Tabella 1 - Parametri geomorfologici dei bacini idrografici**



**Figura 6: Inquadramento dei bacini idrografici su ortofoto.**



## 4. Studio idrologico dei bacini

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:

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



## 5. Analisi regionale delle piogge in Basilicata

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 8.



**Figura 8: 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.

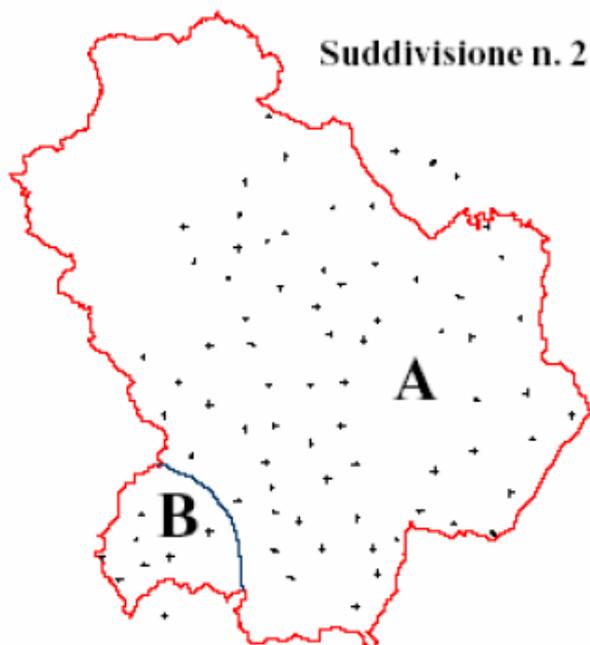
La preventiva suddivisione dell'area di studio in zone e sottozone omogenee è stata effettuata in base all'analisi delle massime precipitazioni giornaliere, di cui si dispone del maggior numero di informazioni. La procedura prevede che si ricerchino zone pluviometriche omogenee, entro le quali possano 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 Tabella 2), mentre in figura 8 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

**Tabella 2: Parametri del primo livello di regionalizzazione.**





**Figura 9: 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.



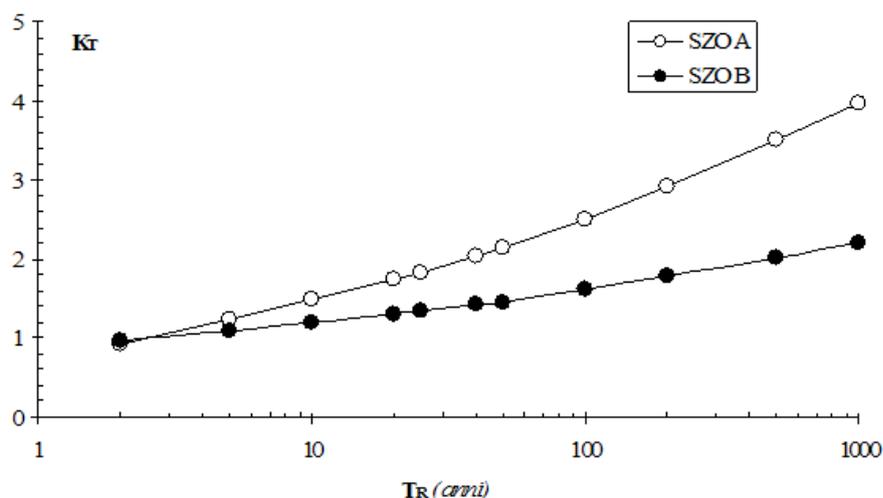
Più utile dal punto di vista pratico è la forma inversa della relazione precedente in cui, fissato un tempo di ritorno  $T$ , si ricava il corrispondente valore del coefficiente di crescita  $K_T$ . Tale risultato tuttavia non è ricavabile immediatamente con la TCEV, per cui si può ricorrere ad espressioni 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  $K_T$  (Tabella 3) ottenuti numericamente dalle equazioni precedenti per le due zone omogenee denominate rispettivamente A e B.

TR (ann)	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

**Tabella 3: Valori del fattore probabilistico di crescita (KT).**



**Figura 10: 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 Figura 11 e Figura 12.



**Figura 11: Isolinee del coefficiente  $a$  (da Claps e Straziuso, 1996).**



**Figura 12: Isolinee 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 13.

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.

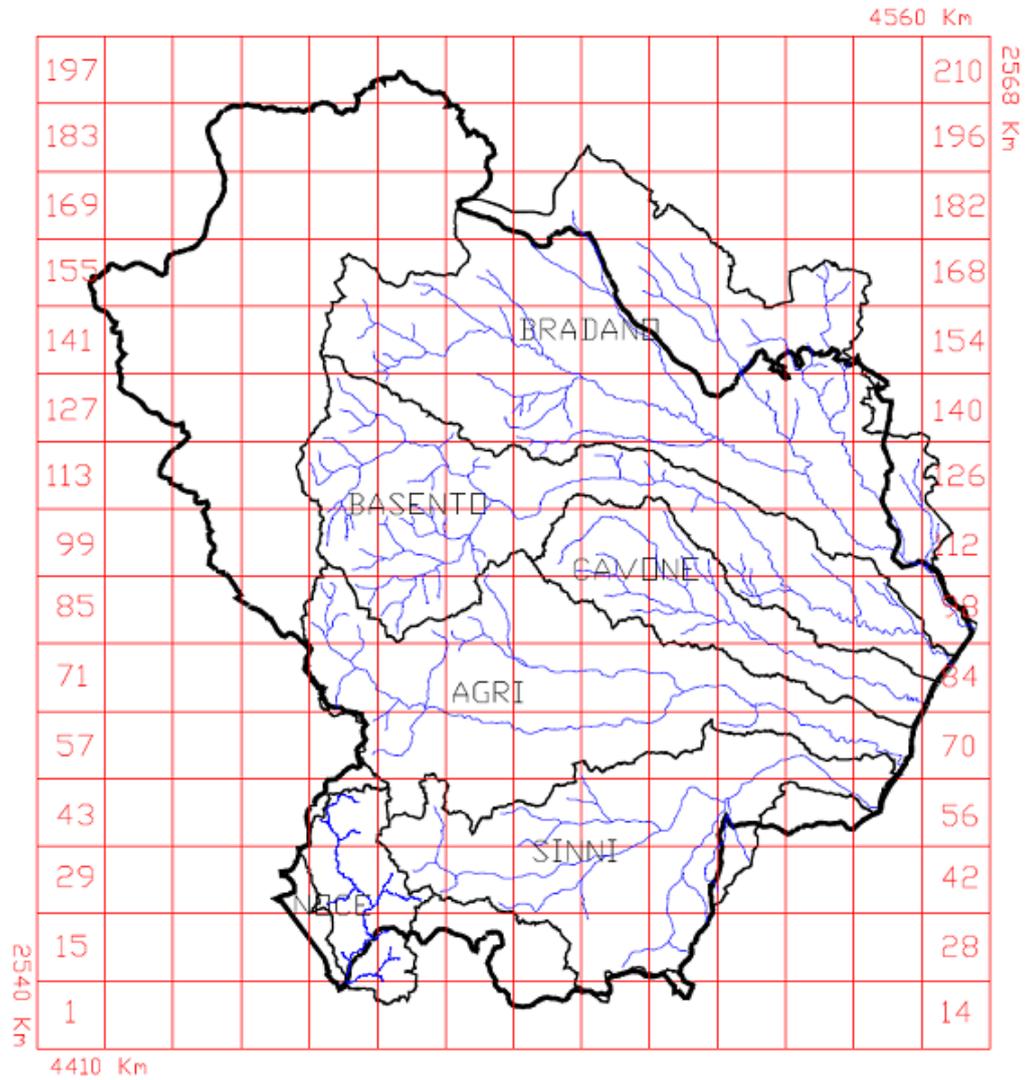


Figura 13: Suddivisione della regione in celle di lato di 10 km (da Claps e Straziuso, 1996).



## 6. 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 (cfr. Figura 14), 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	Valsinui	25.26	0.44
Montemilone	25.03	0.24	Venosa	21.49	0.30
Montescaglioso	26.77	0.29			

Figura 14: 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 **Spinazzola**, in quanto più prossima all'intervento in oggetto. La curva di possibilità climatica ottenuta attraverso il VAPI Basilicata è la seguente:

$$x(h,t) = 24,62 * t^{0,25}$$



La curva su definita qualora moltiplicata per il valore del coefficiente probabilistico di crescita riferito alla zona A (Tabella 4) 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 **Spinazzola** (1951-2014) per le durate di 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

Stazione di:	Spinazzola				
anni	durate [ore]				
	1	3	6	12	24
1936	26.0	28.0	28.2	29.4	35.8
1937	12.4	19.4	26.8	33.2	36.0
1938	12.0	13.2	18.2	25.2	35.0
1942	27.6	35.4	35.4	35.4	48.4
1951	25.4	29.8	29.8	39.2	60.8
1952	18.6	21.0	27.8	46.6	64.6
1953	17.2	29.2	35.8	52.0	57.4
1954	15.4	29.2	43.0	58.4	84.8
1955	40.0	42.4	42.4	58.2	85.4
1956	17.6	28.2	30.6	44.0	60.0
1957	18.2	29.2	47.4	58.0	94.8
1958	24.4	35.2	42.8	48.2	53.2
1962	25.0	37.6	38.8	42.8	44.0
1963	37.4	37.4	51.2	51.2	51.2
1964	33.8	36.2	37.4	37.6	50.0
1966	23.0	39.8	39.8	41.2	61.4
1967	30.0	35.6	35.8	35.8	46.2
1968	27.8	28.4	36.4	41.2	43.4
1969	29.0	31.8	31.8	34.4	36.0
1970	19.8	42.8	54.0	71.4	102.6
1972	42.8	59.0	63.0	69.0	108.6
1973	29.2	64.8	72.0	75.8	78.0
1974	33.6	34.0	34.0	47.0	48.8
1975	25.8	25.8	33.8	35.6	45.8
1976	24.0	42.8	54.0	75.2	110.2
1977	20.2	20.8	22.8	26.6	33.0
1978	19.8	22.6	24.2	30.2	32.6
1979	16.6	21.8	34.0	36.8	47.2
1980	15.8	16.8	26.8	37.8	46.0
1981	22.6	25.6	39.0	39.0	40.0
1982	38.6	46.6	49.6	49.6	49.6
1984	26.0	31.4	40.2	40.6	43.2
1985	15.6	19.8	24.6	32.4	42.4
1986	25.8	28.8	31.6	32.0	53.8
1988	23.4	30.6	40.8	45.0	56.2
1989	26.4	31.8	35.8	36.0	36.0
1990	19.6	24.2	36.4	65.0	79.2
1991	>>	>>	>>	>>	>>
1992	>>	>>	>>	>>	>>



1993	32.6	36.4	38.6	38.8	38.8
1994	67.4	73.8	74.4	74.4	74.4
1995	>>	>>	>>	>>	>>
1996	23.2	24.4	35.4	47.6	54.6
1998	19.0	22.4	25.4	30.8	53.4
1999	33.8	36.0	36.2	36.2	36.2
2000	13.8	20.6	36.0	22.6	30.8
2001	25.4	30.6	31.0	31.0	35.4
2002	27.4	29.0	29.0	31.8	41.2
2003	23.6	31.8	36.0	41.6	70.8
2004	51.8	53.2	53.2	60.4	64.8
2005	18.6	26.4	26.4	33.4	33.4
2006	11.0	14.0	18.2	30.0	53.8
2007	21.6	26.6	29.8	37.8	43.6
2008	>>	>>	>>	>>	>>
2009	26.8	27.8	30.8	35.4	41.2
2010	36.2	36.2	59.8	89.8	114.2
2011	23.0	28.6	48.6	66.2	78.2
2012	19.0	22.4	28.0	38.0	48.2

**Tabella 4: Massimi annuali di precipitazione della stazione pluviografica di Spinazzola**

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:

$$h = 45.078 * t^{0.234}$$

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

- 

$$h = 46.532 * t^{0.25}$$

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

- 

$$h = 58.828 * t^{0.232}$$

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



$$h = 71.644 * t^{0.25}$$

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

- 

$$h = 65.428 * t^{0.231}$$

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

$$h = 86.170 * t^{0.25}$$

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	47.490	57.191	63.995	77.287	102.690
Tr = 200 anni	62.417	74.480	81.937	99.614	134.600
Tr = 500 anni	69.584	82.781	90.552	110.334	149.921

**Tabella 5: Massimi annuali di precipitazione.**

<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	46.532	61.239	72.826	86.605	102.992
Tr = 200 anni	71.644	94.289	112.129	133.345	158.575
Tr = 500 anni	86.170	113.406	134.863	160.380	190.726

**Tabella 6: Massimi annuali di precipitazione.**

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



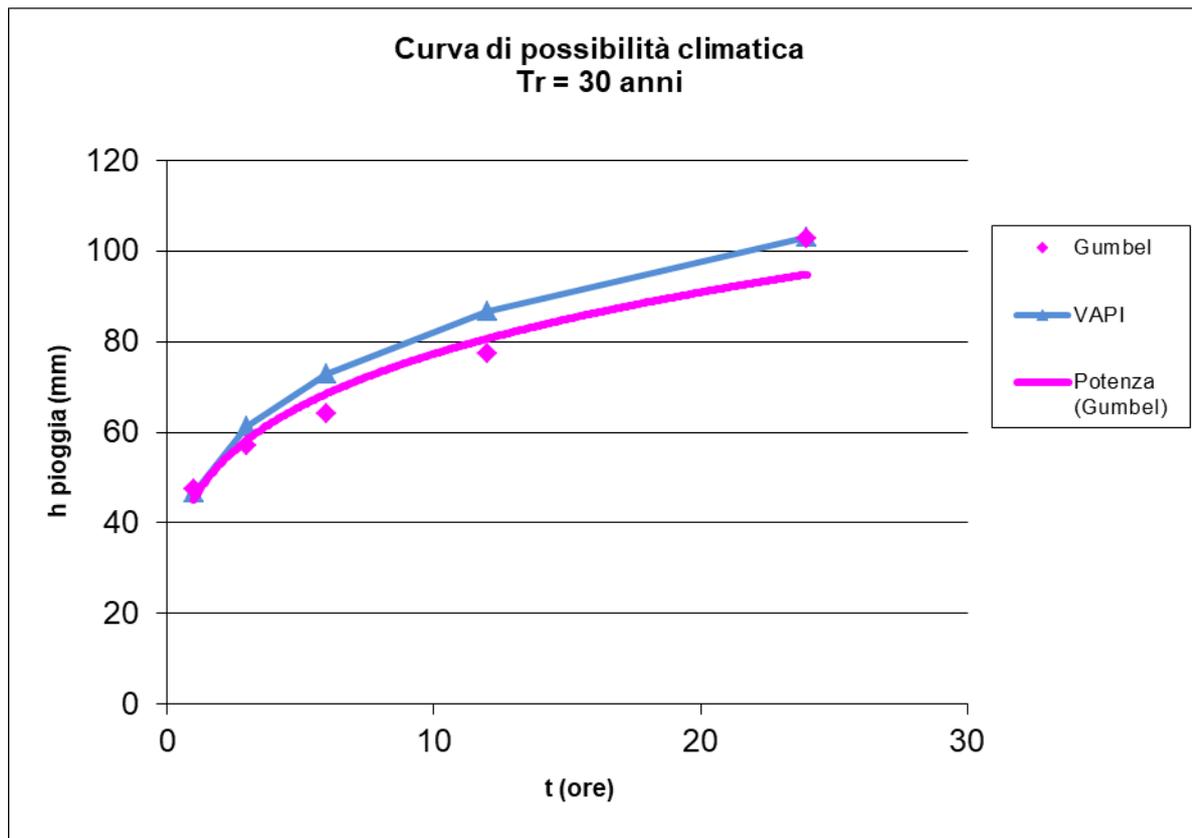


Figura 15: Curva di possibilità climatica con tempo di ritorno pari a 30 anni.

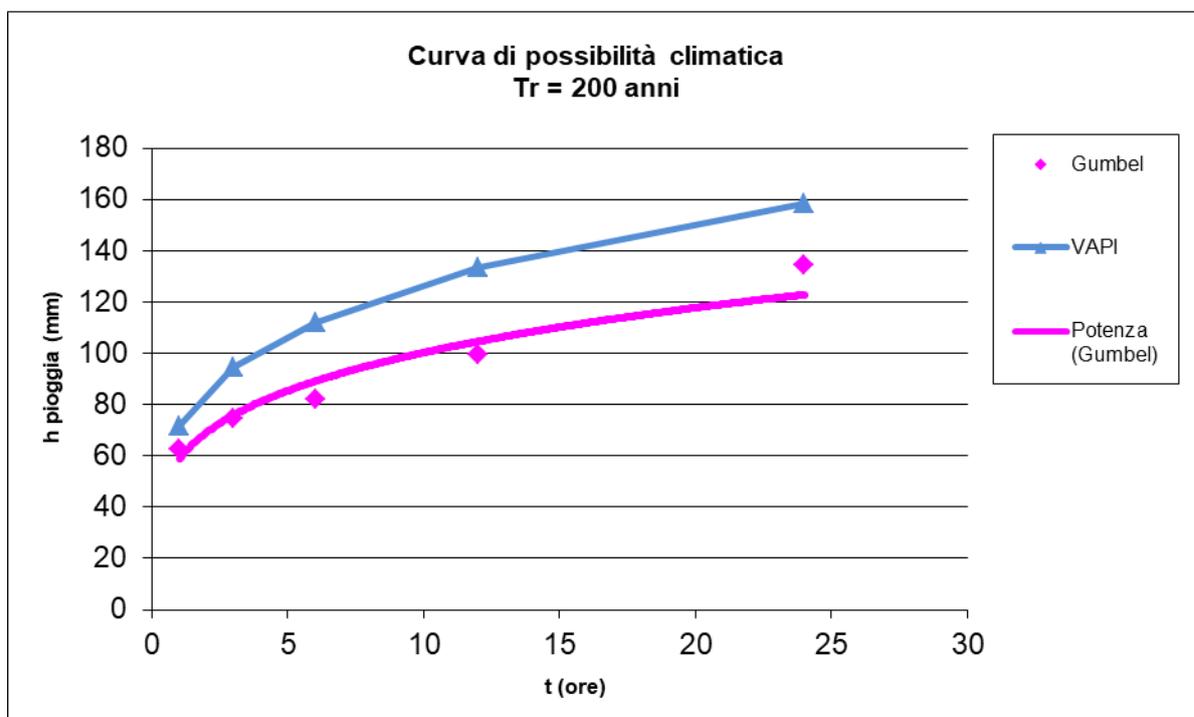


Figura 16: Curva di possibilità climatica con tempo di ritorno pari a 200 anni.



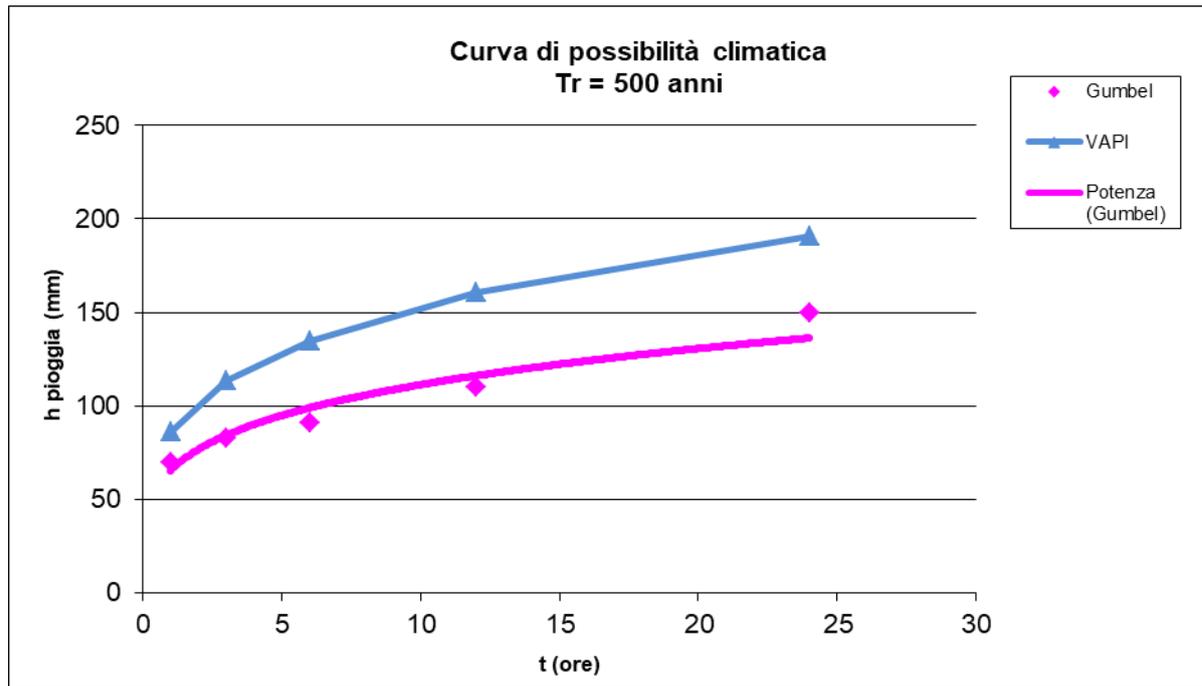


Figura 17: Curva di possibilità climatica con tempo di ritorno pari a 500 anni.

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 WGT 03 0,09 h

BACINO WGT 04 0,11 h

BACINO WGT 06 0,04 h

BACINO WGT 06 BIS 0,06 h

BACINO WGT 07 0,16 h

BACINO WGT 09/10 0,15 h



## 7. 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  $\Lambda_1$  (Tabella 7).

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

**Tabella 7: Valori dei parametri della distribuzione TCEV.**

In particolare:

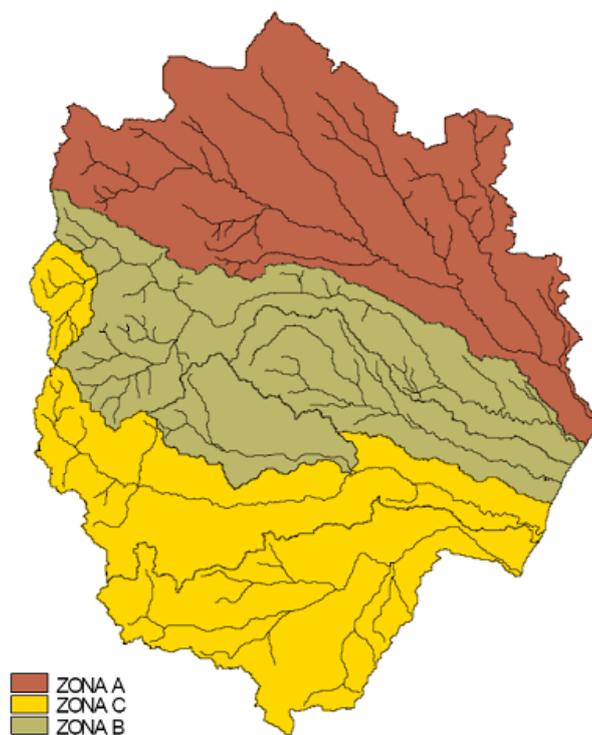
- la zona A si identifica con l'intero bacino del Bradano. L'area è caratterizzata da un alto valore di aridità se comparata con gli altri bacini regionali e questa peculiarità induce i bassi valori di  $\Lambda_1$ . Il più delle volte, il suolo che caratterizza tale bacino si presenta pressoché asciutto 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 in Figura 18.

#### II LIVELLO - ZONE OMOGENEE



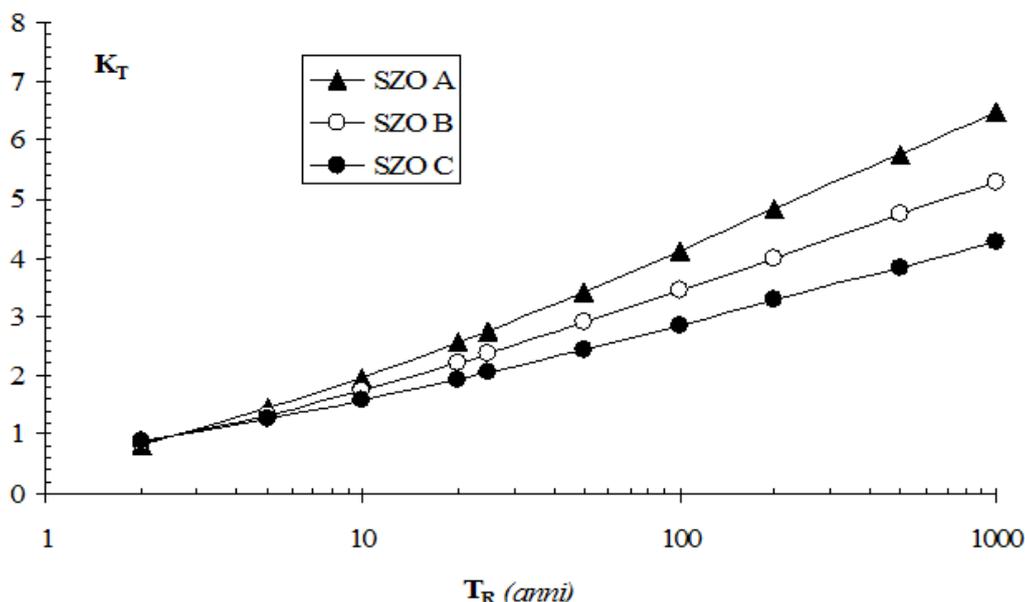
**Figura 18: Sottozone omogenee al II livello di regionalizzazione delle piene.**

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  $TR$  (Tabella 8).

$T_R$ (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

**Tabella 8: Valori del fattore probabilistico di crescita (KT).**

Nella successiva Figura 19, i valori di  $K_T$  su riportati sono rappresentati graficamente in funzione del tempo di ritorno dell'evento considerato.



**Figura 19: 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 leghi 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 WGT 03</b>	1.29	2.16	2.58
<b>Bacino WGT 04</b>	1.71	2.87	3.42
<b>Bacino WGT 06</b>	0.71	1.18	1.41
<b>Bacino WGT 06 BIS</b>	0.94	1.58	1.88
<b>Bacino WGT 07</b>	2.16	3.60	4.30
<b>Bacino WGT 09/10</b>	3.30	5.52	6.58



## 8. 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.



<b>1. Main Channels</b>			
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 9: 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 piano 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 (numerate 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, ecc..

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  $m^3/s$ ;
- 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:

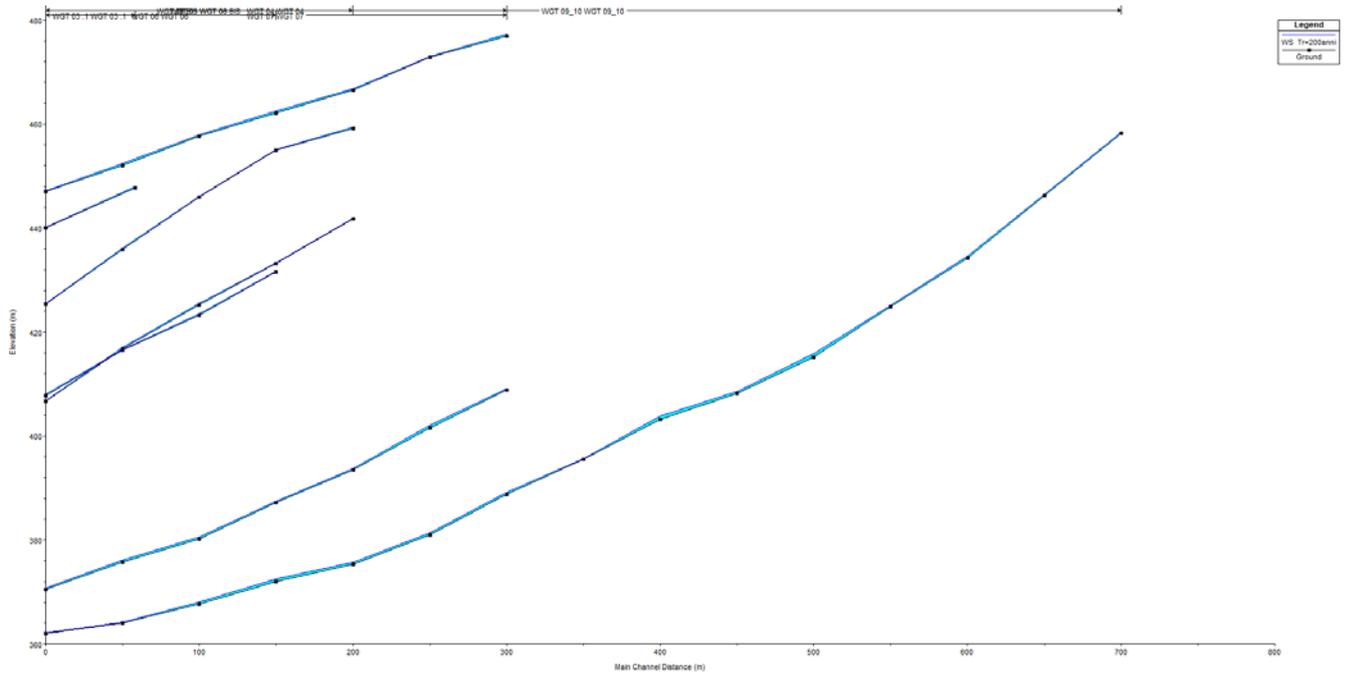
River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
WGT 09_10	WGT 09_10	15	Tr=200anni	5.52	458.14	458.48	458.70	459.54	0.240326	4.55	1.21	7.12	3.52
WGT 09_10	WGT 09_10	14	Tr=200anni	5.52	446.21	446.51	446.68	447.43	0.242308	4.24	1.30	8.58	3.47
WGT 09_10	WGT 09_10	13	Tr=200anni	5.52	434.29	434.72	434.99	435.98	0.215351	4.98	1.11	5.19	3.44
WGT 09_10	WGT 09_10	12	Tr=200anni	5.52	424.82	425.12	425.30	425.89	0.184055	3.89	1.42	8.64	3.06
WGT 09_10	WGT 09_10	11	Tr=200anni	5.52	415.16	415.77	416.11	417.20	0.161939	5.31	1.04	3.41	3.07
WGT 09_10	WGT 09_10	10	Tr=200anni	5.52	408.18	408.62	408.83	409.47	0.141458	4.10	1.35	6.19	2.80
WGT 09_10	WGT 09_10	9	Tr=200anni	5.52	403.24	403.81	404.02	404.45	0.073295	3.53	1.56	5.41	2.10
WGT 09_10	WGT 09_10	8	Tr=200anni	5.52	395.54	395.66	395.76	396.51	0.561556	4.10	1.35	17.58	4.72
WGT 09_10	WGT 09_10	7	Tr=200anni	5.52	388.75	389.15	389.28	389.54	0.060185	2.78	1.98	8.60	1.85
WGT 09_10	WGT 09_10	6	Tr=200anni	5.52	381.04	381.38	381.57	383.12	0.409670	5.85	0.94	5.65	4.57
WGT 09_10	WGT 09_10	5	Tr=200anni	5.52	375.28	375.70	375.84	376.15	0.064089	2.98	1.92	9.48	1.93
WGT 09_10	WGT 09_10	4	Tr=200anni	5.52	371.99	372.44	372.59	372.88	0.066673	2.92	1.89	8.22	1.95
WGT 09_10	WGT 09_10	3	Tr=200anni	5.52	367.70	368.05	368.19	368.60	0.112937	3.41	1.85	16.73	2.47
WGT 09_10	WGT 09_10	2	Tr=200anni	5.52	364.00	364.22	364.31	364.51	0.060105	2.39	2.31	12.58	1.78
WGT 09_10	WGT 09_10	1	Tr=200anni	5.52	362.00	362.10	362.12	362.18	0.035380	1.22	4.54	46.02	1.24
WGT 07	WGT 07	7	Tr=200anni	3.60	408.84	409.12	409.24	409.59	0.140124	3.03	1.19	8.62	2.60
WGT 07	WGT 07	6	Tr=200anni	3.60	401.62	402.08	402.29	402.88	0.127423	3.96	0.91	3.99	2.65
WGT 07	WGT 07	5	Tr=200anni	3.60	393.54	393.72	393.91	394.58	0.224792	4.11	0.88	5.65	3.33
WGT 07	WGT 07	4	Tr=200anni	3.60	387.12	387.48	387.62	387.88	0.085951	2.80	1.29	7.23	2.12
WGT 07	WGT 07	3	Tr=200anni	3.60	380.24	380.64	380.86	381.64	0.192677	4.44	0.81	4.13	3.20
WGT 07	WGT 07	2	Tr=200anni	3.60	375.78	376.11	376.18	376.34	0.062380	2.15	1.68	11.09	1.76
WGT 07	WGT 07	1	Tr=200anni	3.60	370.45	370.81	371.00	371.56	0.159833	3.85	0.93	5.17	2.89
WGT 06 BIS	WGT 06 BIS	5	Tr=200anni	1.58	441.79	441.90	441.97	442.14	0.170146	2.14	0.74	10.44	2.57
WGT 06 BIS	WGT 06 BIS	4	Tr=200anni	1.58	433.15	433.38	433.50	433.81	0.162131	2.90	0.54	4.66	2.71
WGT 06 BIS	WGT 06 BIS	3	Tr=200anni	1.58	425.26	425.46	425.55	425.80	0.157545	2.56	0.62	6.24	2.61
WGT 06 BIS	WGT 06 BIS	2	Tr=200anni	1.58	416.74	417.01	417.14	417.55	0.172162	3.25	0.49	3.67	2.85
WGT 06 BIS	WGT 06 BIS	1	Tr=200anni	1.58	406.70	406.86	406.96	407.29	0.246875	2.89	0.55	6.50	3.18
WGT 06	WGT 06	4	Tr=200anni	1.18	431.52	431.67	431.74	431.91	0.160025	2.18	0.54	7.11	2.52
WGT 06	WGT 06	3	Tr=200anni	1.18	423.23	423.44	423.55	423.83	0.162650	2.77	0.43	3.94	2.68
WGT 06	WGT 06	2	Tr=200anni	1.18	416.55	416.68	416.74	416.89	0.118183	2.04	0.58	6.70	2.21
WGT 06	WGT 06	1	Tr=200anni	1.18	407.72	407.96	408.11	408.63	0.243968	3.62	0.33	2.68	3.31
WGT 04	WGT 04	7	Tr=200anni	2.87	476.84	477.24	477.38	477.68	0.080035	2.91	0.99	4.91	2.07
WGT 04	WGT 04	6	Tr=200anni	2.87	472.88	473.02	473.07	473.21	0.096966	1.96	1.52	20.24	2.03
WGT 04	WGT 04	5	Tr=200anni	2.87	466.59	466.87	467.00	467.36	0.142355	3.09	0.93	6.58	2.63
WGT 04	WGT 04	4	Tr=200anni	2.87	462.11	462.46	462.55	462.74	0.063247	2.37	1.21	6.92	1.81
WGT 04	WGT 04	3	Tr=200anni	2.87	457.73	457.95	458.06	458.34	0.130405	2.78	1.03	8.05	2.48
WGT 04	WGT 04	2	Tr=200anni	2.87	452.02	452.47	452.64	453.02	0.087964	3.28	0.87	3.85	2.20
WGT 04	WGT 04	1	Tr=200anni	2.87	446.97	447.20	447.31	447.60	0.134372	2.81	1.02	8.02	2.51
WGT 03 .1	WGT 03 .1	2.1	Tr=200anni	1.00	447.71	447.96	448.07	448.33	0.130046	2.71	0.37	2.95	2.44
WGT 03 .1	WGT 03 .1	1.1	Tr=200anni	1.00	440.02	440.15	440.21	440.37	0.143404	2.08	0.48	6.19	2.39
WGT 03	WGT 03	5	Tr=200anni	2.16	459.14	459.41	459.50	459.70	0.080070	2.38	0.91	6.14	1.98
WGT 03	WGT 03	4	Tr=200anni	2.16	455.00	455.10	455.10	455.10	0.000087	0.05	10.64	33.14	0.06
WGT 03	WGT 03	3	Tr=200anni	2.16	445.95	446.08	446.34	454.27	6.855598	12.68	0.17	2.65	15.97
WGT 03	WGT 03	2	Tr=200anni	2.16	435.93	436.18	436.24	436.37	0.096971	1.95	1.11	11.78	2.03
WGT 03	WGT 03	1	Tr=200anni	2.16	425.33	425.49	425.64	426.49	0.586666	4.43	0.49	5.83	4.89

**Tabella 10: Parametri idraulici relativi al calcolo in moto permanente (Tr=200 anni).**

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 20: Profilo longitudinale di moto permanente. (è rappresentato graficamente il livello idrico corrispondente alla piena con  $Tr=200$  anni)**

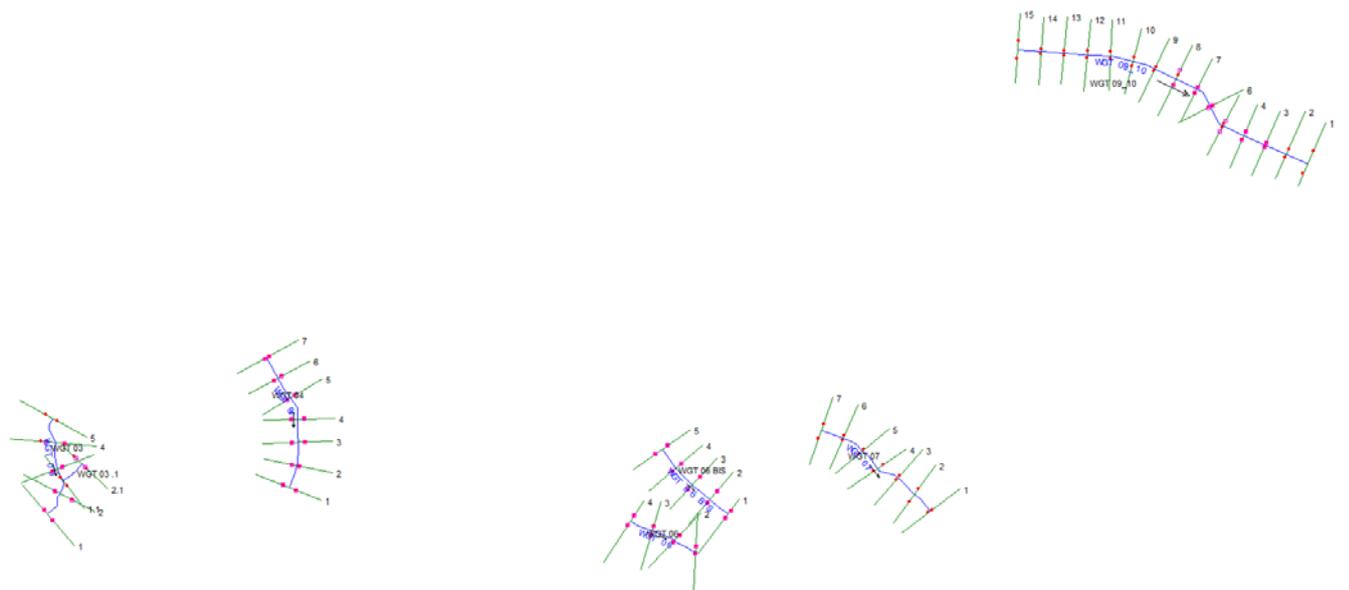




Figura 21: Viste planimetriche d'insieme.

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 delle WGT e relative piazzole non vengono interessate dal passaggio della piena duecentenaria.

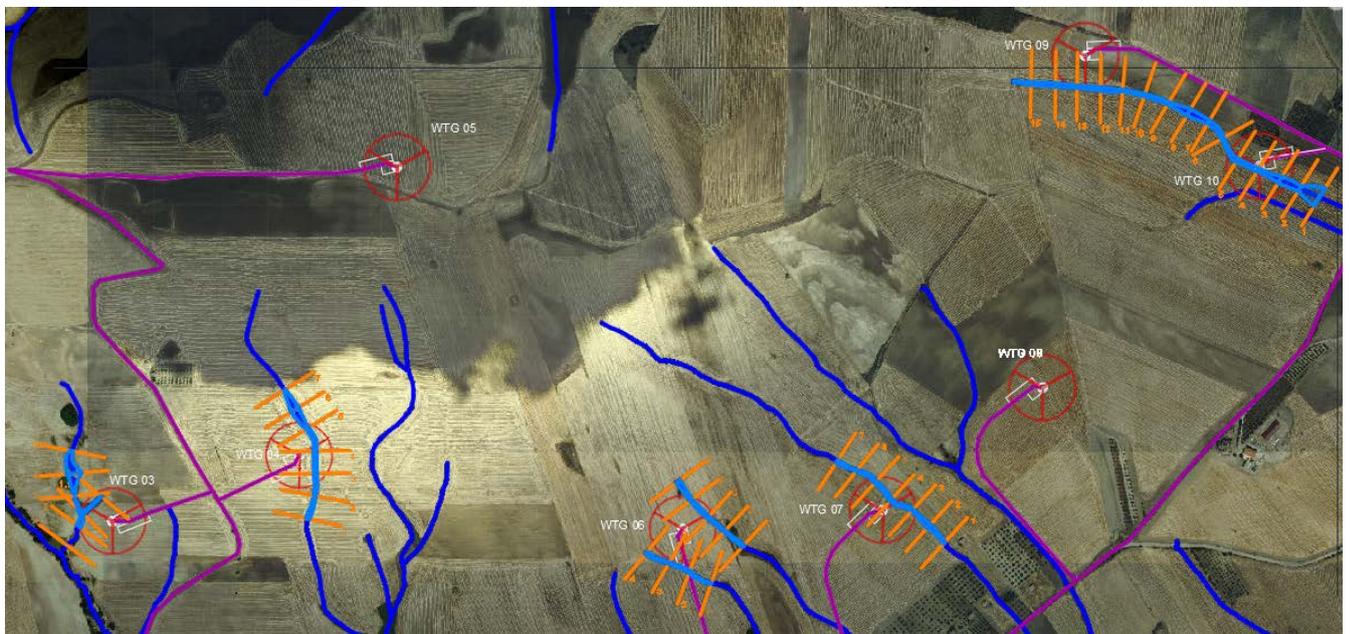


Figura 22 – Planimetria con indicazione delle aree inondabili duecentennali.

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.



## CONCLUSIONI

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, corrispondenti a tutte le WGT site a meno di 150 m dal reticolo ufficiale della Regione Basilicata.

Considerata l'entità delle portate ricavate in precedenza per le aste fluviali di interesse e la destinazione d'uso del terreno posto nelle vicinanze dell'area in cui verranno realizzati gli attraversamenti in TOC del nuovo cavidotto, si può certamente affermare che il passaggio delle portate di piena non determina situazioni di pericolo per l'area e per le opere a farsi.

Stessa cosa è possibile affermare per la sicurezza idraulica delle WGT e relative piazzole, esterne alle aree inondabili duecentennali.

Quindi la **realizzazione del parco eolico di potenza complessiva pari a 45 MW e relative opere di connessione alla RTN da realizzare in località Cerreto nel comune di Genzano di Lucania (Provincia di Potenza, in Regione Basilicata), oltre a non essere interessata dagli eventi di piena, non comporterà alcuna modifica al perimetro delle aree ad alta probabilità di inondazione (AP), media probabilità di inondazione (MP) e bassa probabilità di inondazione (BP)** (corrispondenti rispettivamente al passaggio nella lama delle portate di piena aventi tempo di ritorno pari a 30, 200 e 500 anni) e **nessuna variazione del livello di sicurezza delle aree adiacenti.**



