



CITTA' DI SPINAZZOLA
prov. di Barletta-Andria-Trani
REGIONE PUGLIA

**IMPIANTO AGROVOLTAICO "ATLANTE" della
 potenza di 53 MW in AC e 60,18 MW inDC**

PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE:



ATLANTE Srl
 P.IVA: 08447050728,
 Sede legale: Via Guido D'Arezzo, 15
 20145, MILANO (MI)
 E-mail: atlante10@pec.it, atlante10srl@gmail.com

PROGETTAZIONE:



TÈKNE srl
 Via Vincenzo Gioberti, 11 - 76123 ANDRIA
 Tel +39 0883 553714 - 552841 - Fax +39 0883 552915
 www.gruppotekne.it e-mail: contatti@gruppotekne.it



PROGETTISTA:
 Ing. Renato Pertuso
 (Direttore Tecnico)

LEGALE RAPPRESENTANTE:
 dott. Renato Mansi

CONSULENTE:
 ATECH SRL



PD

PROGETTO DEFINITIVO

**RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA E
 IDRAULICA**

Tavola: **RE02.1**

Filename:
 TKA696-PD-RE02.1-Relazione compatibilit  idrologica
 idraulica-R0.doc

Data 1°emissione: Gennaio 2022	Redatto: O. TRICARICO	Verificato: G.PERTOSO	Approvato: R.PERTUSO	Scala:	Protocollo Tekne:
n° revisione					
1					
2					
3					
4					

TKA696



INDICE

PREMESSA	2
1. DESCRIZIONE DELLE OPERE DI PROGETTO	7
2. CARATTERISTICHE DEI BACINI IDROGRAFICI	18
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DEL BACINO DI STUDIO	21
4. STUDIO IDROLOGICO DEI BACINI	23
5. ANALISI REGIONALE DELLE PIOGGE IN BASILICATA	24
6. CURVE DI POSSIBILITÀ CLIMATICA	32
7. VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA	39
8. MODELLAZIONE IDRAULICA	43
SCABREZZA DI MANNING	43
CONDIZIONI AL CONTORNO E CONDIZIONI INIZIALI	44
PROFILI DI MOTO PERMANENTE	45
SEZIONI DI CALCOLO E PROFILO LONGITUDINALE	45
RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IN MOTO PERMANENTE	45
CONCLUSIONI	55
ALLEGATI	56



Premessa

La presente Relazione di Compatibilità Idrologica ed Idraulica è stato redatto, nell'ambito di un progetto per la realizzazione di **un impianto agrovoltaiico, denominato "Atlante" di potenza complessiva pari a 60.18 MWp da realizzare nel comune di Spinazzola (BT), Banzi e Genzano di Lucania (PZ).**

Il proponente è la società **ATLANTE S.R.L.**, con sede legale a **Milano, Via Guido D'Arezzo, 15 - CAP 20145, Indirizzo PEC: atlante10@pec.it, Numero REA: MI – 2606133, Codice fiscale / P.IVA: 08447050728.**

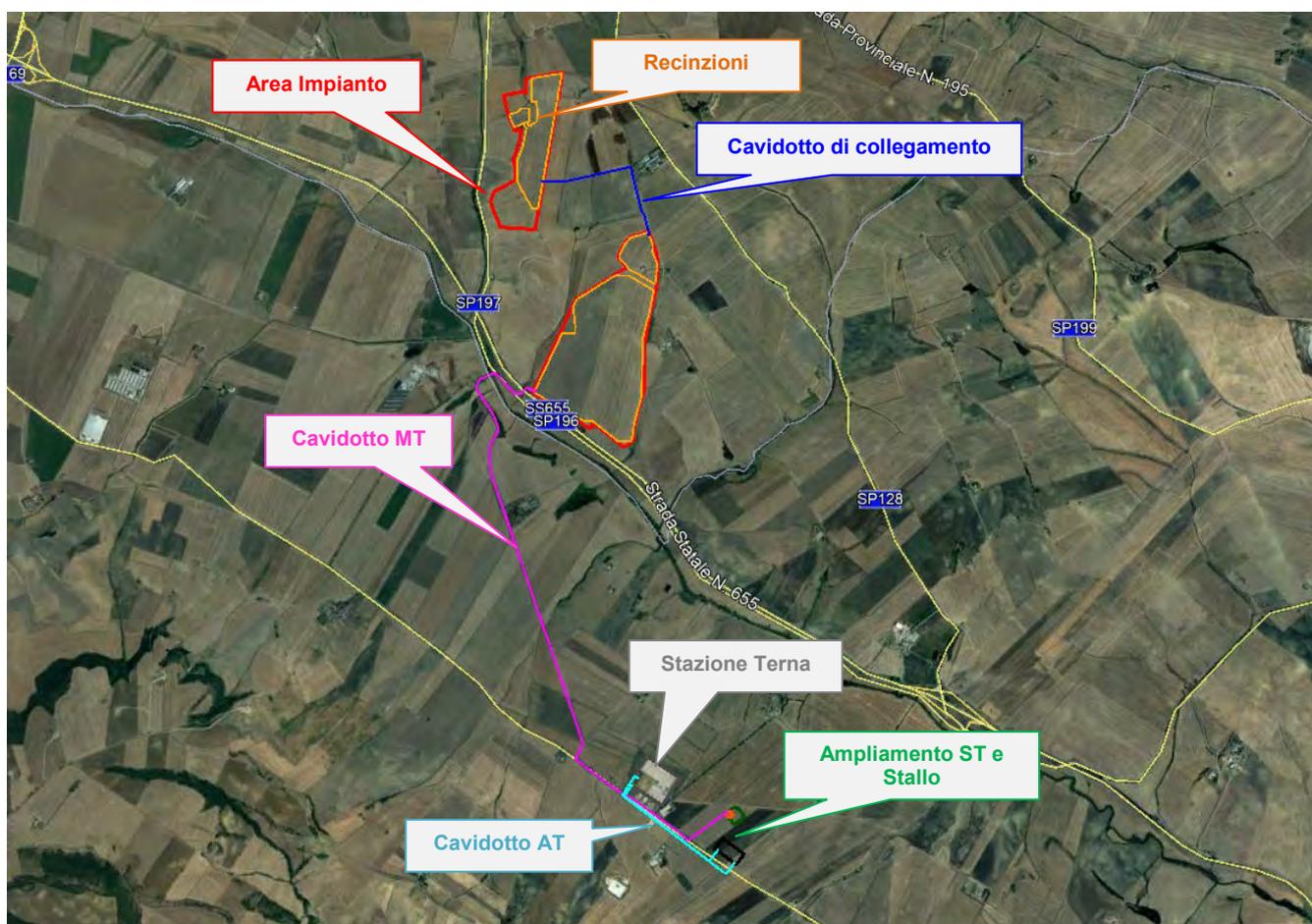


Figura 1: Inquadramento territoriale.

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



L'area di intervento è interamente ubicata nel territorio dell'Autorità di Bacino della Basilicata, non è soggetto a vincolo per pericolosità idraulica, ma alcune porzioni ricadono in "Aree a rischio idrogeologico medio (R2) e moderato (R1)" per rischio frana (ai sensi degli art.18-19 delle NTA), come si è potuto desumere dalla cartografia del Piano di Bacino stralcio Assetto Idrogeologico (PAI), approvato dall'Autorità di Bacino della Regione Basilicata (AdB).



Figura 2: Inquadramento dell'area di intervento su "Carta del PAI" redatta dall'AdB Basilicata.

In relazione agli aspetti di compatibilità idraulica delle opere di progetto, è stato redatto uno studio idraulico per l'area dei campi fotovoltaici con modellazione idraulica per valutare la propagazione delle aree inondabili duecentennali.

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



- le aree contermini all'installazioni dei pannelli fotovoltaici, interessate dalla presenza di numerose aste del reticolo idrografico da Carta Idrogeomorfologica della Regione Basilicata (denominate successivamente A-B-C-C.1-D) e dalle uniche due aste (denominate B.1-B.2) del reticolo proposto dalla Carta IGM 1:25.000, realmente desumibili da sopralluoghi in sito;

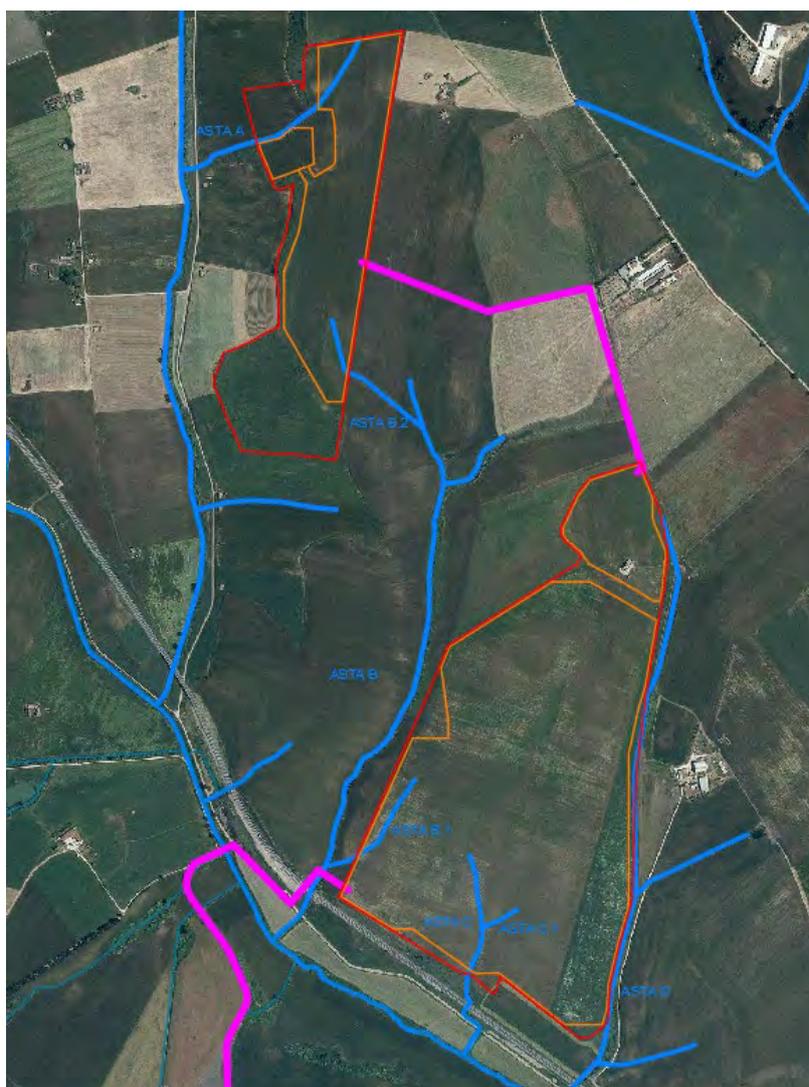


Figura 3:Reticolo idrografico che interessa le aree d'impianto.

- le aree contermini alla Stazione Terna (foglio 17 p.lla 21 comune di Genzano di Lucania), sita a poche decine di metri da un'asta del reticolo idrografico della Regione Basilicata;



Figura 4:Reticolo idrografico a meno di 150 m dalla Stazione Terna.

- le soluzioni progettuali da adottare per gli attraversamenti del cavidotto interrato MT di collegamento con il reticolo idrografico delle Regioni Puglia e Basilicata.

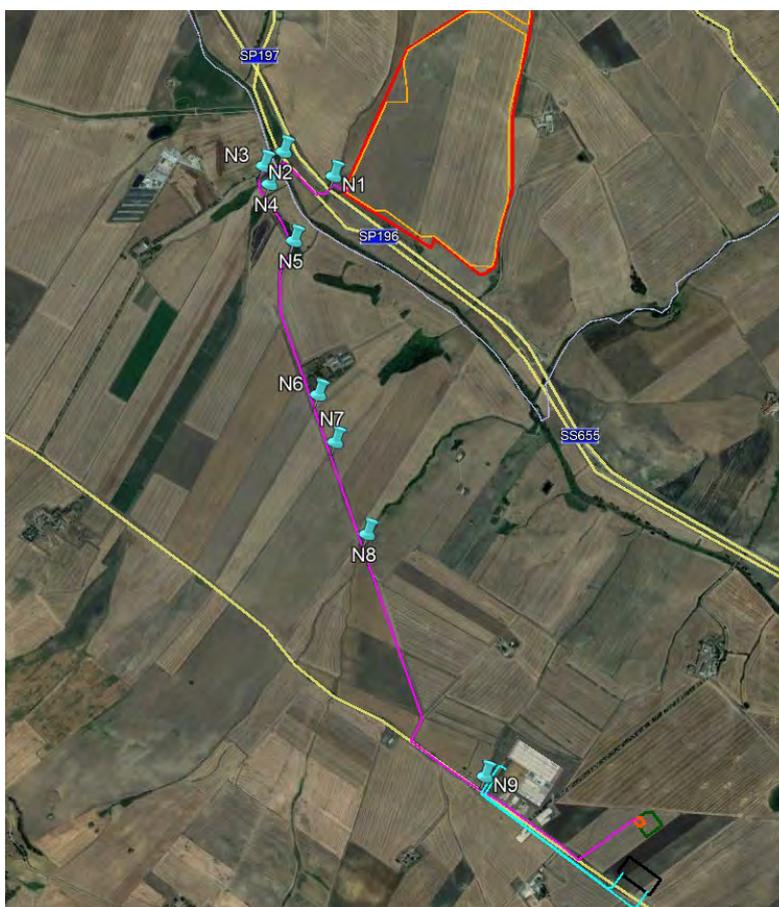


Figura 5:Intersezioni del cavidotto MT (NP) con il reticolo idrografico su strade asfaltate esistenti.



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 dell'opera da realizzare.

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 presente paragrafo è redatto al fine di fornire una descrizione della tecnica di posa del cavidotto, necessario alla realizzazione della connessione elettrica dell'impianto, nei tratti interferenti con il reticolo idrografico presente sul territorio.

Il progetto dell'impianto agrovoltaiico "Atlante" nel comune di Spinazzola (BT) ha come obiettivo la realizzazione di una centrale fotovoltaica per la produzione di energia elettrica per mezzo dell'installazione di un generatore per complessivi **60,18 MWp**, come somma delle potenze in condizioni standard dei moduli fotovoltaici. La potenza attiva massima che verrà immessa nella Rete di Trasmissione elettrica Nazionale sarà pari a **53 MW**.

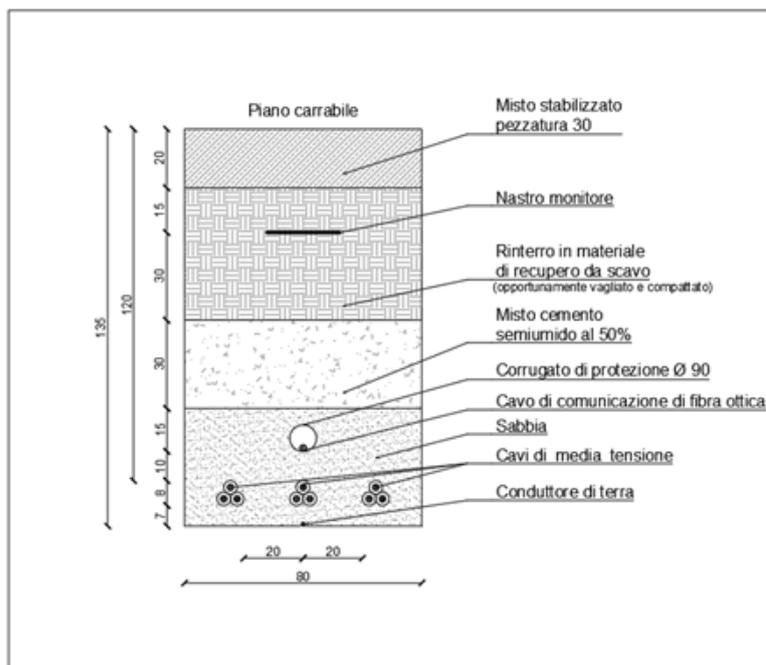
Oltre alla centrale fotovoltaica, sono oggetto della richiesta di Provvedimento Autorizzatorio Unico Regionale anche tutte le opere di connessione alla RTN ovvero:

- Il cavidotto di connessione in Media Tensione tra l'impianto agrovoltaiico e la stazione di utenza MT/AT inserita a ridosso dell'ampliamento della Stazione Elettrica Terna nel Comune di Genzano di Lucania (PZ);
- la stazione di elevazione MT/AT con il raccordo di connessione all'ampliamento della Stazione Elettrica Terna nel Comune di Genzano di Lucania (PZ);
- l'ampliamento della Stazione Elettrica Terna nel Comune di Genzano di Lucania (PZ).

Il cavidotto che convoglierà l'energia elettrica prodotta dall'impianto sino alla stazione elevatrice MT/AT avrà tensione a 30 kV e la sezione tipo di scavo sarà quella rappresentata nella figura successiva.



SEZIONE SU VIABILITA' ESISTENTE NON ASFALTATA



Nella scelta del percorso del cavidotto per il collegamento del parco agrovoltaiico con la cabina di trasformazione, è stata posta particolare attenzione al fine di individuare il tracciato che minimizzasse le interferenze ed i punti d'intersezione con il reticolo idrografico individuato in sito e sulla Carta Idrogeomorfologica. Nel dettaglio, alcuni tratti del cavidotto interrato ricadono in prossimità, costeggiano e attraversano il reticolo idrografico che, nell'area in oggetto, risulta idraulicamente regimato a mezzo di canali sotto stradali e fossi di guardia paralleli alle sedi stradali.

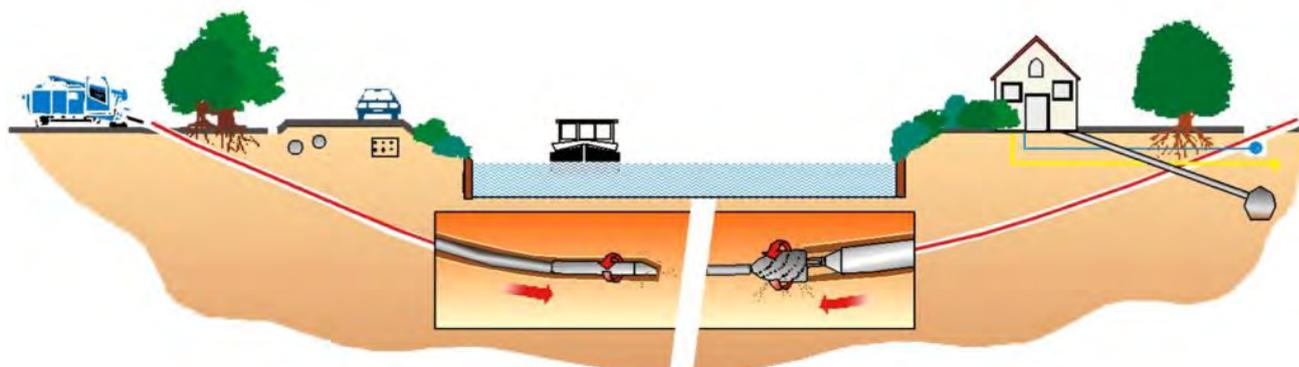
Di fatto, la costruzione del cavidotto non comporterà alcuna modifica delle livellette e delle opere idrauliche presenti sia per la scelta del percorso (prevalentemente all'interno della viabilità esistente) sia per le modeste dimensioni di scavo (circa 135 cm di profondità e circa 80 cm di larghezza) a realizzarsi con escavatore a benna stretta.

A fine lavori, si provvederà al ripristino della situazione ante operam delle carreggiate stradali e della morfologia dei terreni attraversati, per cui gli interventi previsti per il cavidotto non determineranno alcuna modifica territoriale né modifiche dello stato fisico dei luoghi.

Inoltre, laddove il cavidotto attraversa il reticolo idrografico, l'interferenza sarà risolta con l'utilizzo della trivellazione orizzontale controllata (TOC), al di sotto del fondo alveo, in maniera da non interferire in alcun modo con i deflussi superficiali e con gli eventuali scorrimenti in subalvea, ed in maniera tale che il punto di ingresso della perforazione sia ad una distanza di

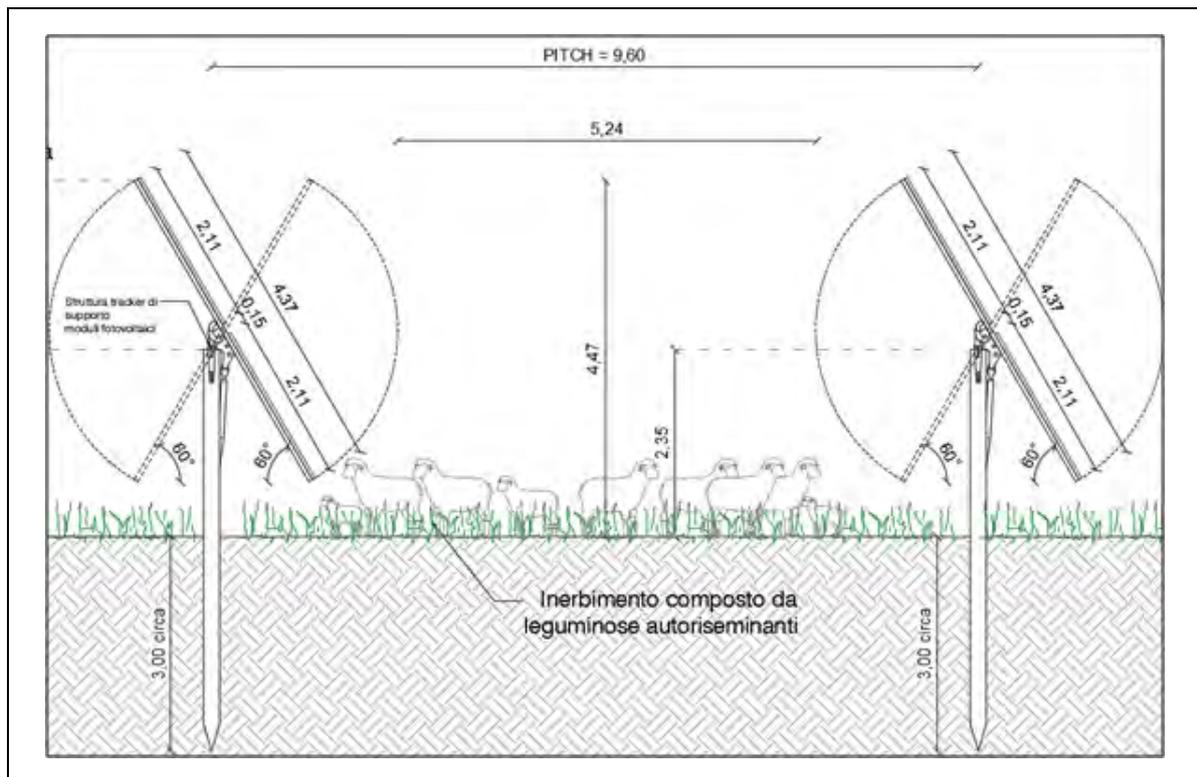


almeno 150 m dall'asse del reticolo laddove non studiato e fuori dall'area inondabile per i reticoli studiati.



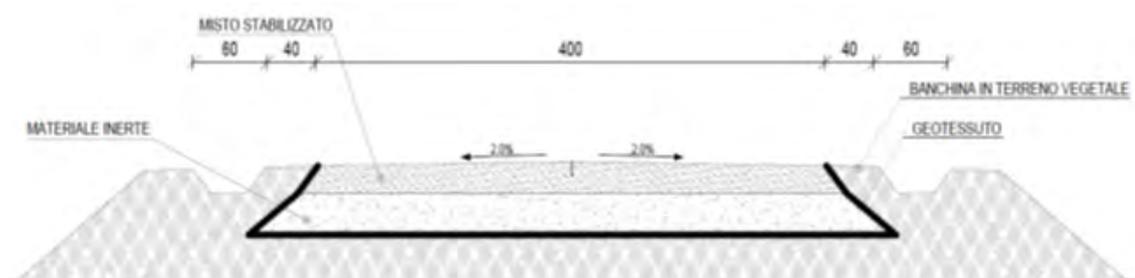
In definitiva, la realizzazione del cavidotto interrato, sia se realizzato su strade esistenti sia se posto in opera in terreni agricoli, consentirà di proteggere il collegamento elettrico da potenziali effetti delle azioni di trascinamento della corrente idraulica e di perseguire gli obiettivi di contenimento, non incremento e di mitigazione del rischio idrologico/idraulico, dato che la sua realizzazione non comporterà alcuna riduzione della sezione utile per il deflusso idrico.

Si riporta di seguito il particolare costruttivo relativo al sistema tracker che sarà utilizzato all'interno dell'impianto "ATLANTE", con particolare risalto delle dimensioni riguardanti la profondità di infissione e le strutture fuori terra.



Per muoversi agevolmente all'interno dell'area, ai fini delle manutenzioni, e per raggiungere le cabine di campo verranno realizzate le strade interne.

Al fine di limitare la realizzazione di opere all'interno dell'area, la viabilità da realizzare sarà quella strettamente necessaria, ovvero, una viabilità perimetrale per raggiungere in maniera agevole tutti i punti dell'impianto e la viabilità per l'accesso alle cabine. La viabilità interna sarà del tipo Macadam e verrà realizzata solo con materiali naturali (pietrisco di cava) che consentono l'infiltrazione e il drenaggio delle acque meteoriche nel sottosuolo, pertanto non sarà ridotta la permeabilità del suolo.



Per fare in modo che il materiale introdotto nel sito per la realizzazione delle strade interne non si mischi al terreno vegetale, laddove dovranno essere realizzati i tratti viari, verrà steso un **geotessuto in tnt** per la separazione degli strati. Per quanto concerne l'andamento plano-

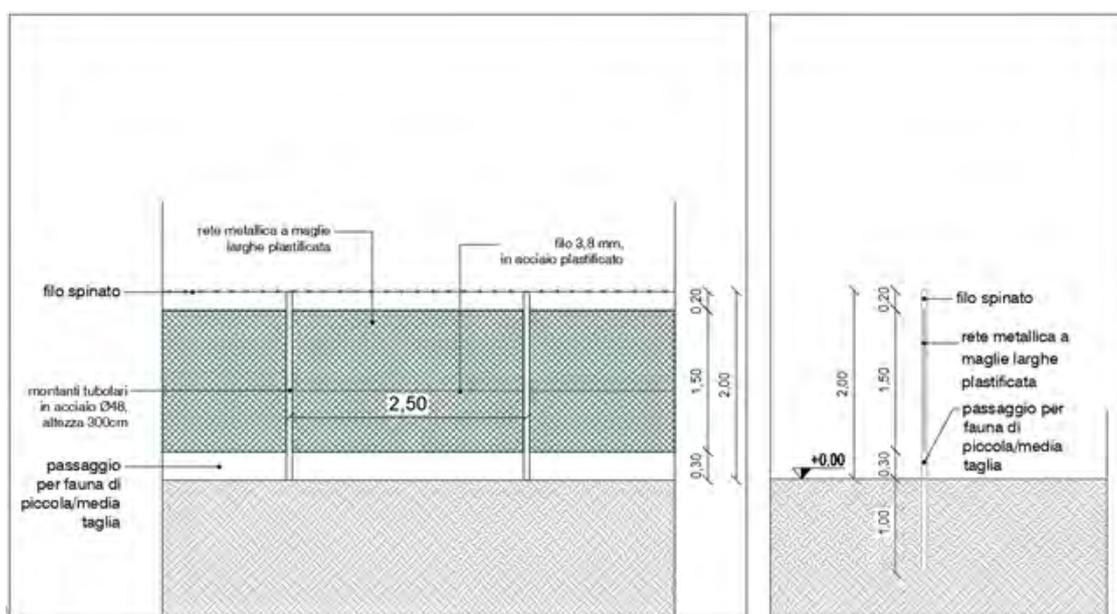


altimetrico dei tratti costituenti la viabilità interna, si sottolinea che quest'ultima verrà realizzata seguendo, come criterio progettuale, quello di limitare le movimentazioni di terra nel rispetto dell'ambiente circostante; questo sarà possibile realizzarlo in quanto le livellette stradali seguiranno l'andamento naturale del terreno stesso. Ad ogni modo, qualora dovessero rendersi necessari interventi per garantire il drenaggio delle acque superficiali, questi verranno realizzati in maniera puntuale lungo il percorso della viabilità interna e/o in prossimità dei locali tecnici.

Per garantire la sicurezza dell'impianto, tutta l'area di intervento sarà recintata mediante rete metallica a maglia sciolta, sostenuta da pali in acciaio zincato infissi nel terreno. L'altezza della recinzione che si realizzerà sarà complessivamente di 2.00 m.

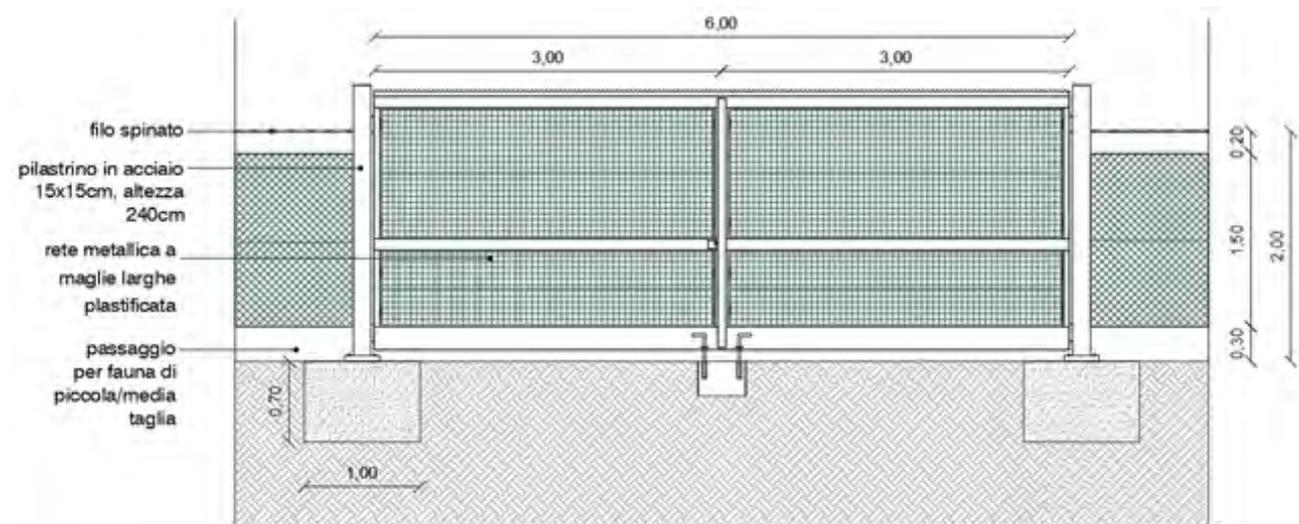
La presenza di una recinzione di apprezzabile lunghezza potrebbe avere ripercussioni negative in termini di deframmentazione degli habitat o di eliminazione di habitat essenziali per lo svolgimento di alcune fasi biologiche della piccola fauna selvatica presente in loco.

Per evitare il verificarsi di situazioni che potrebbero danneggiare l'ecosistema locale, tutta la recinzione verrà posta ad un'altezza di 30 cm dal suolo, per consentire il libero transito delle piccole specie animali selvatiche tipiche del luogo. Così facendo la recinzione non costituirà una barriera al movimento dei piccoli animali sul territorio ma consentirà agli stessi di muoversi liberamente così come facevano prima della realizzazione dell'impianto agrovoltaiico.





A differenza delle recinzioni perimetrali, i cui pali saranno infissi a regola d'arte nel terreno ad una profondità di 100 cm circa, i cancelli di ingresso all'impianto agrovoltaico saranno invece posati mediante tirafondi imbullonati ad appositi plinti di fondazione in calcestruzzo armato prefabbricato in ottemperanza alle prescrizioni in materia di salvaguardia dell'ambiente.



Nella tabella seguente, i vari attraversamenti del cavidotto, con corsi d'acqua principali e secondari, sono numerati da ovest a est:



NP	NOME	PLANIMETRIA	FOTO	TIPOLOGIA ATTRAVERSAMENTO
1	Attraversamento corso d'acqua secondario con strada asfaltata			TRIVELLAZIONE ORIZZONTALE CONTROLLATA
2	Attraversamento corso d'acqua principale con strada asfaltata			TRIVELLAZIONE ORIZZONTALE CONTROLLATA
3	Attraversamento corso d'acqua secondario con strada asfaltata			TRIVELLAZIONE ORIZZONTALE CONTROLLATA
4	Attraversamento corso d'acqua secondario con strada asfaltata			TRIVELLAZIONE ORIZZONTALE CONTROLLATA
5	Attraversamento corso d'acqua secondario con strada asfaltata			TRIVELLAZIONE ORIZZONTALE CONTROLLATA



6	Attraversamento corso d'acqua secondario con strada asfaltata			TRIVELLAZIONE ORIZZONTALE CONTROLLATA
7	Attraversamento corso d'acqua secondario con strada asfaltata			TRIVELLAZIONE ORIZZONTALE CONTROLLATA
8	Attraversamento corso d'acqua secondario con strada asfaltata			TRIVELLAZIONE ORIZZONTALE CONTROLLATA
9	Attraversamento corso d'acqua secondario con strada asfaltata			TRIVELLAZIONE ORIZZONTALE CONTROLLATA

Sulla base delle informazioni rilevate da Google Earth e sopralluogo in sito, è stato possibile classificare le caratteristiche degli attraversamenti, su strade asfaltate, presenti lungo l'alveo dei corsi d'acqua, principali e secondari, interferenti con il cavidotto.

Sono stati individuati n.9 attraversamenti, che sono 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.

In prossimità del reticolo idrografico il cavidotto elettrico, posto alla profondità di circa cm 150 dal piano stradale, verrà spinto oltre il reticolo con la tecnica della trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.), ed i pozzetti di ingresso ed uscita saranno posizionati ad almeno 75 m a cavallo del corso d'acqua, e, comunque, all'esterno delle aree inondabili duecentennali. Qualora non si possa garantire tale distanza, verrà effettuato un tiro unico che comprenda più attraversamenti.

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

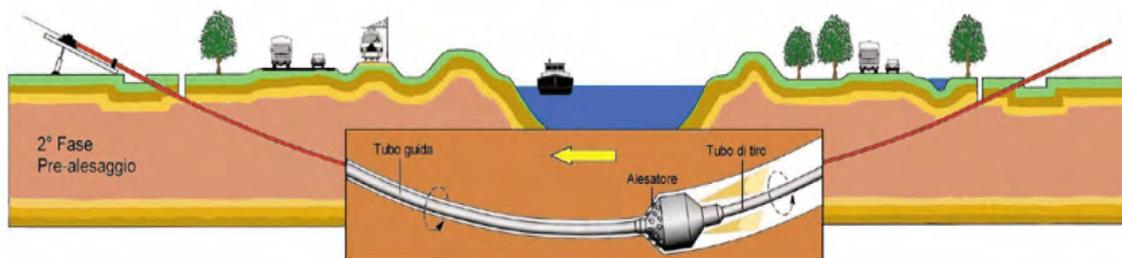


successivamente, vengono posati in opera i tubi camicia che ospiteranno il cavidotto. Infine si effettuerà il riempimento delle tubazioni con bentonite.

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



FASE REALIZZAZIONE FORO PILOTA



FASE TRIVELLAZIONE ED ALLARGAMENTO FORO

Figura 6: Sistema di trivellazione orizzontale controllata (TOC).



2. Caratteristiche dei bacini idrografici

L'intervento in progetto si individua al confine dei territori comunali di Spinazzola (BR), Banzi (PZ) e Genzano di Lucania (PZ).

Sono stati individuati:

- i bacini idrografici in corrispondenza della Stazione Terna e delle aree d'impianto, di cui si sono calcolate le portate duecentennali e modellati i comportamenti idraulici dei corsi d'acqua in caso di piena duecentennale.

I parametri geomorfologici caratteristici dei bacini idrografici dell'area impianto sono indicati nelle tabelle seguenti:

Bacino Asta A		
<i>Lungh. dell'asta princ.</i>	[Km]	0.62
<i>H media del bacino</i>	[m]	405.00
<i>H sezione chiusura</i>	[m]	371.00
<i>H monte dell'asta</i>	[m]	439.00
<i>Superficie del Bacino</i>	[Kmq]	0.18
<i>Pendenza media dell'asta principale</i>	[m/m]	0.11
Bacino Asta B.1		
<i>Lungh. dell'asta princ.</i>	[Km]	0.35
<i>H media del bacino</i>	[m]	342.50
<i>H sezione chiusura</i>	[m]	340.00
<i>H monte dell'asta</i>	[m]	345.00
<i>Superficie del Bacino</i>	[Kmq]	0.07
<i>Pendenza media dell'asta principale</i>	[m/m]	0.01
Bacino Asta B.2		
<i>Lungh. dell'asta princ.</i>	[Km]	0.40
<i>H media del bacino</i>	[m]	407.50
<i>H sezione chiusura</i>	[m]	405.00
<i>H monte dell'asta</i>	[m]	410.00
<i>Superficie del Bacino</i>	[Kmq]	0.08
<i>Pendenza media dell'asta principale</i>	[m/m]	0.01
Bacino Asta B		
<i>Lungh. dell'asta princ.</i>	[Km]	1.45



<i>H media del bacino</i>	[m]	392.00
<i>H sezione chiusura</i>	[m]	344.00
<i>H monte dell'asta</i>	[m]	440.00
<i>Superficie del Bacino</i>	[Kmq]	1.14
<i>Pendenza media dell'asta principale</i>	[m/m]	0.07
Bacino Asta C		
<i>Lungh. dell'asta princ.</i>	[Km]	0.58
<i>H media del bacino</i>	[m]	355.50
<i>H sezione chiusura</i>	[m]	336.00
<i>H monte dell'asta</i>	[m]	37500
<i>Superficie del Bacino</i>	[Kmq]	0.20
<i>Pendenza media dell'asta principale</i>	[m/m]	0.07
Bacino Asta D		
<i>Lungh. dell'asta princ.</i>	[Km]	1.66
<i>H media del bacino</i>	[m]	385.50
<i>H sezione chiusura</i>	[m]	336.00
<i>H monte dell'asta</i>	[m]	435.00
<i>Superficie del Bacino</i>	[Kmq]	1.00
<i>Pendenza media dell'asta principale</i>	[m/m]	0.06

Tabella 1 - Parametri geomorfologici dei bacini idrografici dell'area impianto

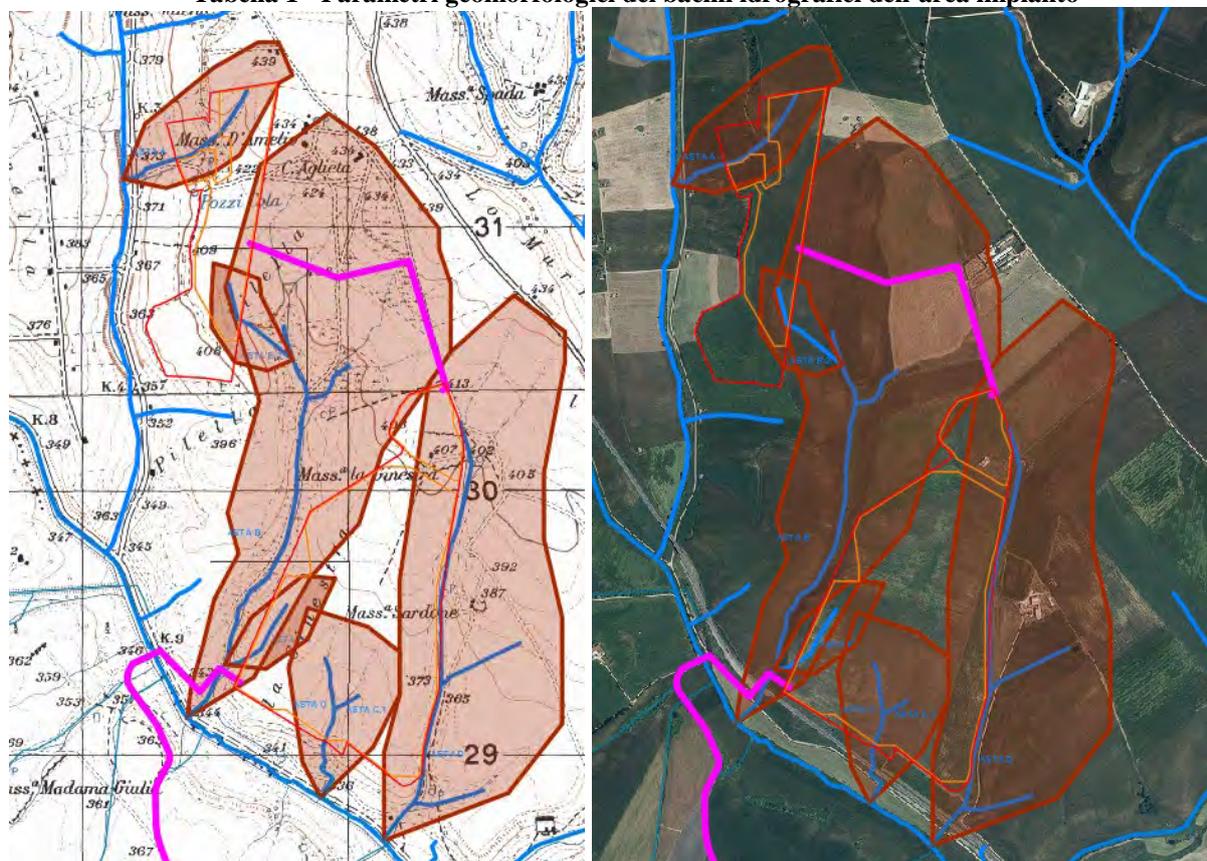


Figura 7: Inquadramento dei bacini idrografici area impianto su IGM e ortofoto.



I parametri geomorfologici caratteristici del bacino idrografico della Stazione Terna sono indicati nella tabella seguente:

Stazione Terna		
<i>Lungh. dell'asta princ.</i>	[Km]	1.80
<i>H media del bacino</i>	[m]	445.50
<i>H sezione chiusura</i>	[m]	375.00
<i>H monte dell'asta</i>	[m]	516.00
<i>Superficie del Bacino</i>	[Kmq]	0.89
<i>Pendenza media dell'asta principale</i>	[m/m]	0.08

Tabella 2 - Parametri geomorfologici del bacino idrografico della Stazione Terna

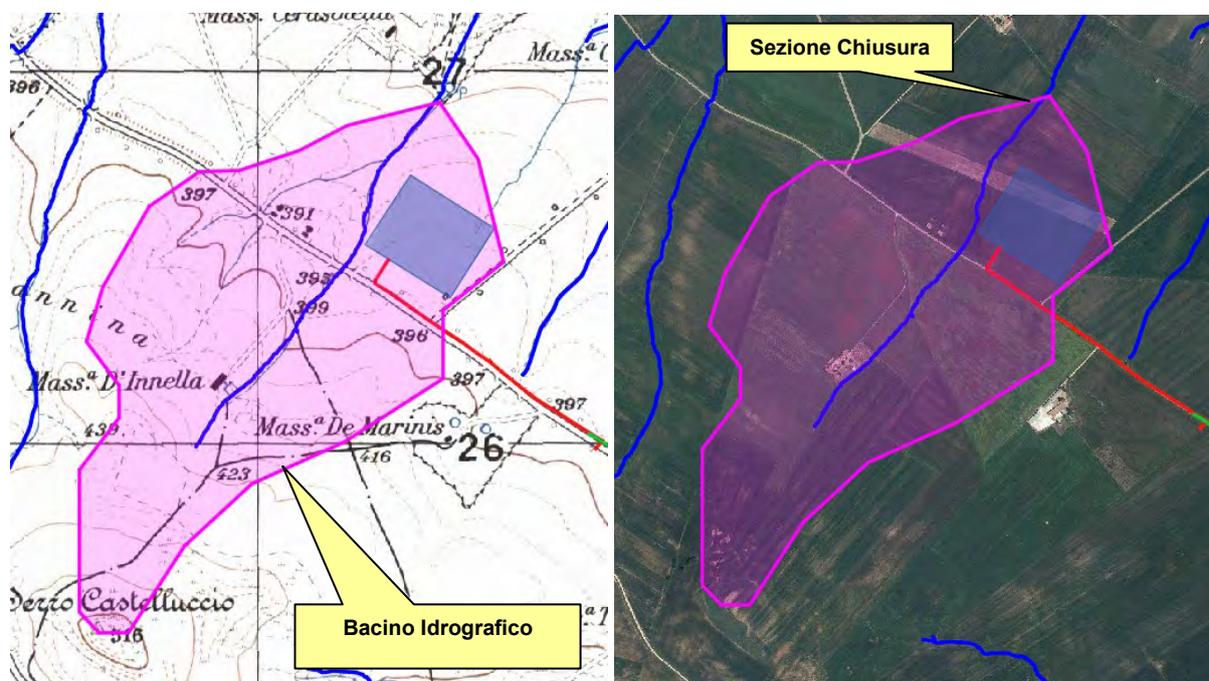


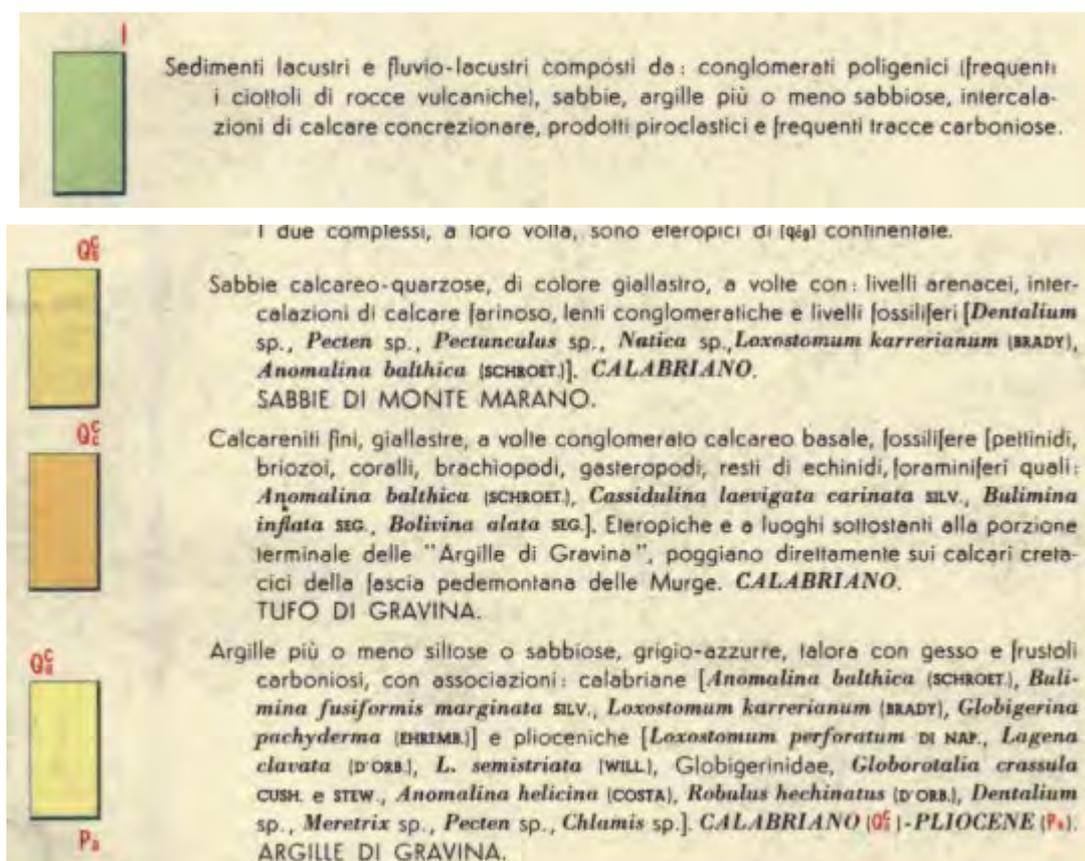
Figura 8: Inquadramento del bacino idrografico della Stazione Terna su IGM e ortofoto.



3. Inquadramento geologico e geomorfologico del bacino di studio

L'area interessata dalla realizzazione delle opere in progetto ricade nel foglio 188 della Carta Geologica d'Italia (Gravina in Puglia), scala 1:100.000.

Dal punto di vista geologico, in relazione a quanto riportato dalla Carta Geologica d'Italia, il territorio in cui si estende il bacino idrografico oggetto del presente studio, è interessato dalle seguenti formazioni geologiche:



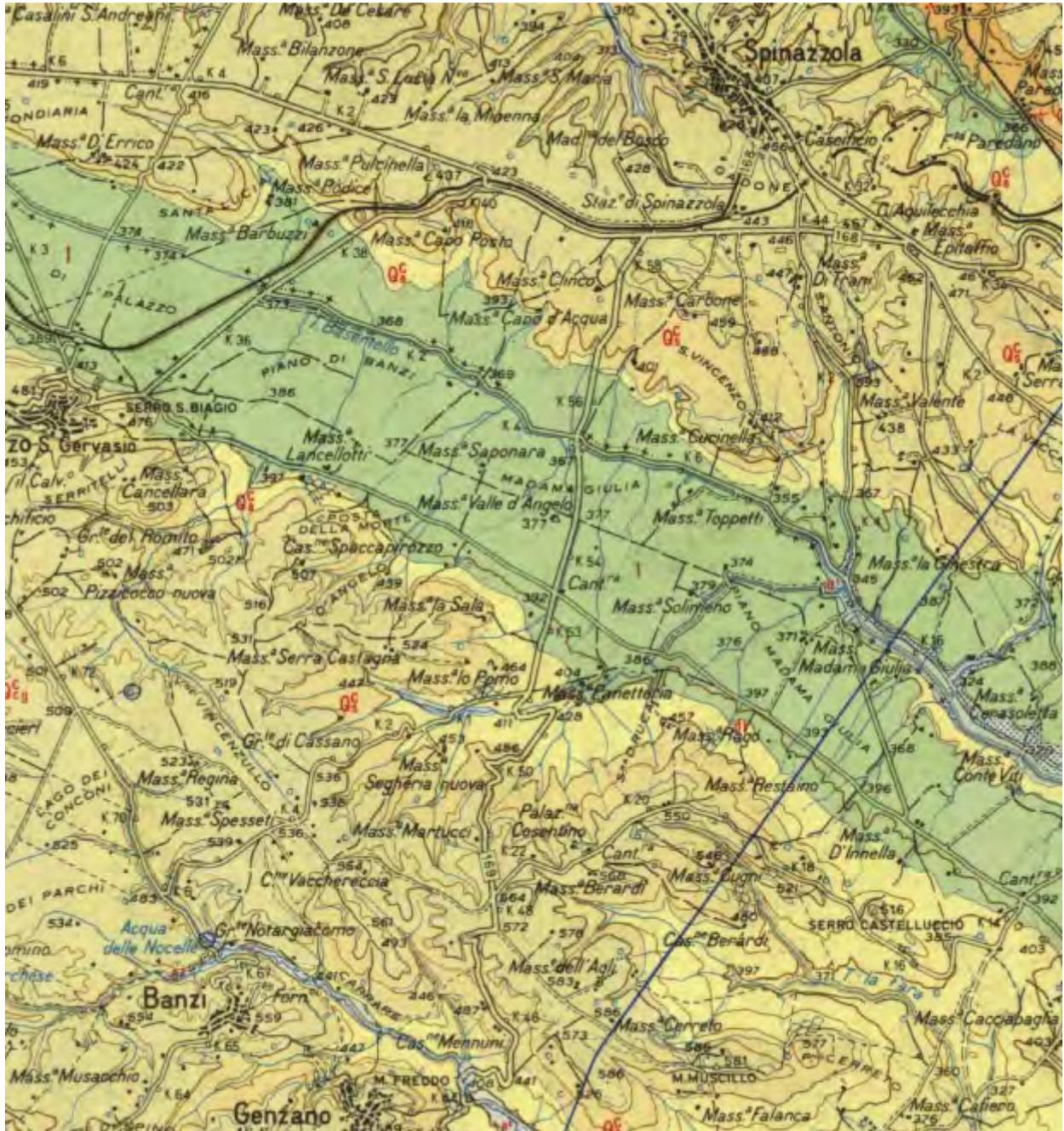


Figura 9: Stralcio della carta geologica d'Italia (F.188, scala 1:100.000).



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:

- | | |
|---|-----------------------|
| 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. |



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 10.



Figura 10: 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 θ^* e Λ^* ad esso legati (primo livello di regionalizzazione), e sottozone di queste, più limitate, in cui sia costante anche il coefficiente di variazione, e quindi il parametro Λ_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 θ^* e Λ^* . 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 θ^* e Λ^* , 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 Λ_1 .

Nella tabella a seguire si riportano i valori numerici dei parametri di interesse per lo studio (cfr Tabella 3), mentre in *figura 11* si riporta la rappresentazione territoriale delle due aree di interesse.

	θ^*	Λ^*	Λ_1	η
Basilicata_ zona A	2.632	0.104	20.64	3.841
Basilicata_ zona B	2.632	0.104	55.23	4.825

Tabella 3: Parametri del primo livello di regionalizzazione.

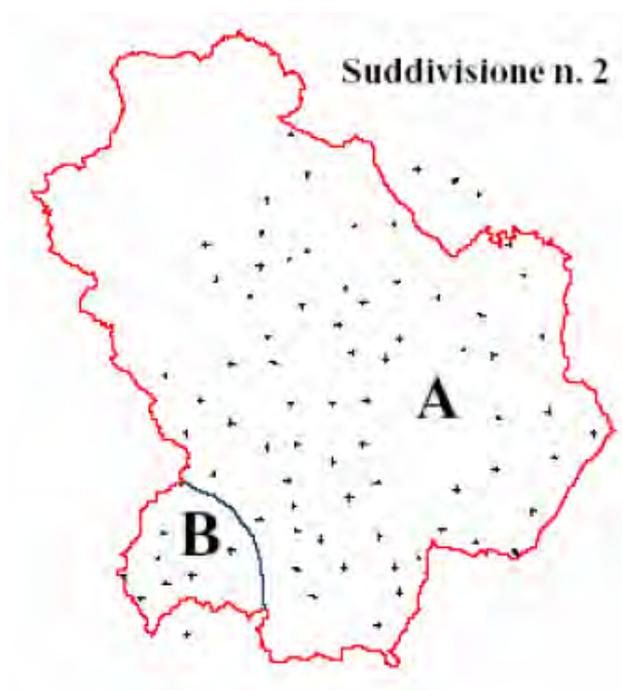


Figura 11: Suddivisione in zone omogenee al II livello di regionalizzazione (VAPI, 1999).

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 θ^* , Λ^* e Λ_1 sono i parametri di forma e di scala della TCEV che assieme al valore del parametro η , 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 4) 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
K(T) Zona A	1.25	1.49	1.83	1.89	2.14	2.49	2.91	3.50
K(T) Zona B	1.10	1.20	1.34	1.36	1.46	1.61	1.78	2.02

Tabella 4: Valori del fattore probabilistico di crescita (K_T).

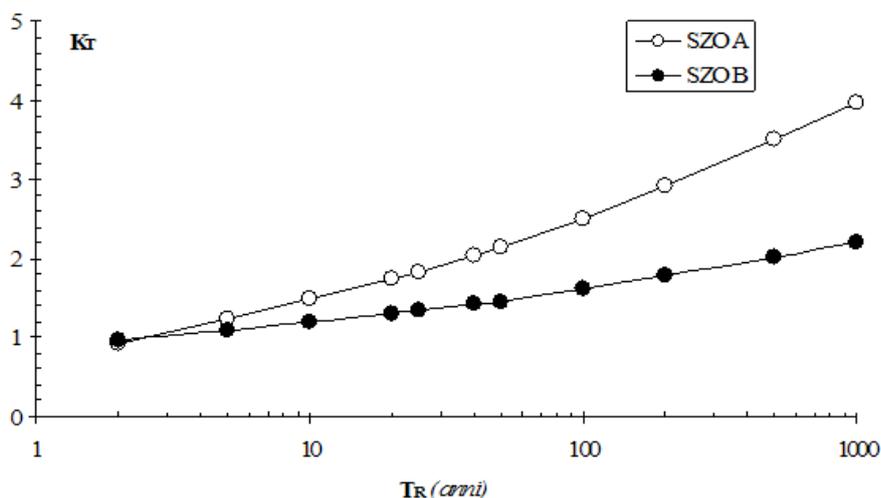


Figura 12: Andamento del fattore probabilistico di crescita (VAPI, 1999).

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 13 e Figura 14.



Figura 13: Isolinee del coefficiente a (da Claps e Straziuso, 1996).



Figura 14: 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 15.

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.

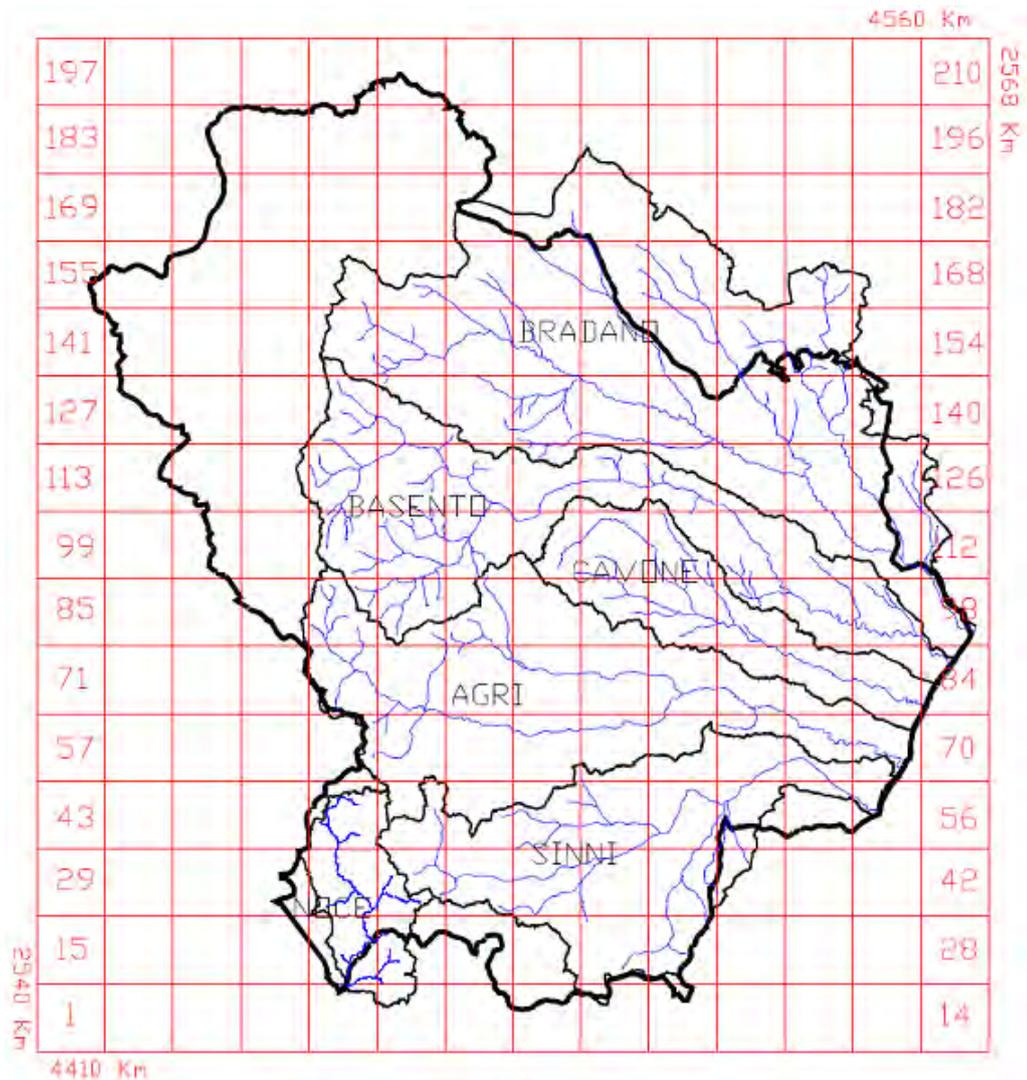


Figura 15: Suddivisione della regione in celle di lato di 10 km (da Claps e Straziuso, 1996).



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 16), 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 16: 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 5) 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 5: 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**:

GUMBEL	h (mm) t = 1 ora	h (mm) t = 3 ore	h (mm) t = 6 ore	h (mm) t = 12 ore	h (mm) t = 24 ore
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 6: Massimi annuali di precipitazione.

VAPI	h (mm) t = 1 ora	h (mm) t = 3 ore	h (mm) t = 6 ore	h (mm) t = 12 ore	h (mm) t = 24 ore
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 7: 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.

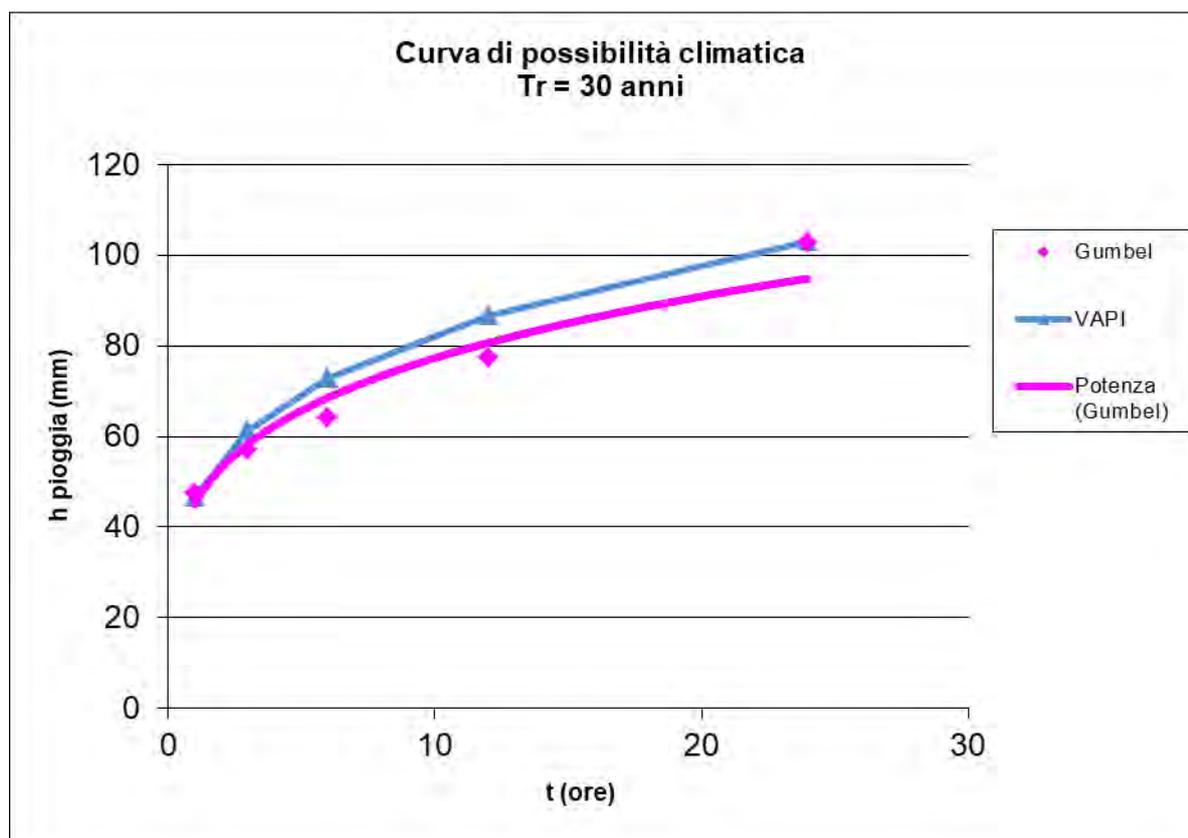


Figura 17: Curva di possibilità climatica con tempo di ritorno pari a 30 anni.

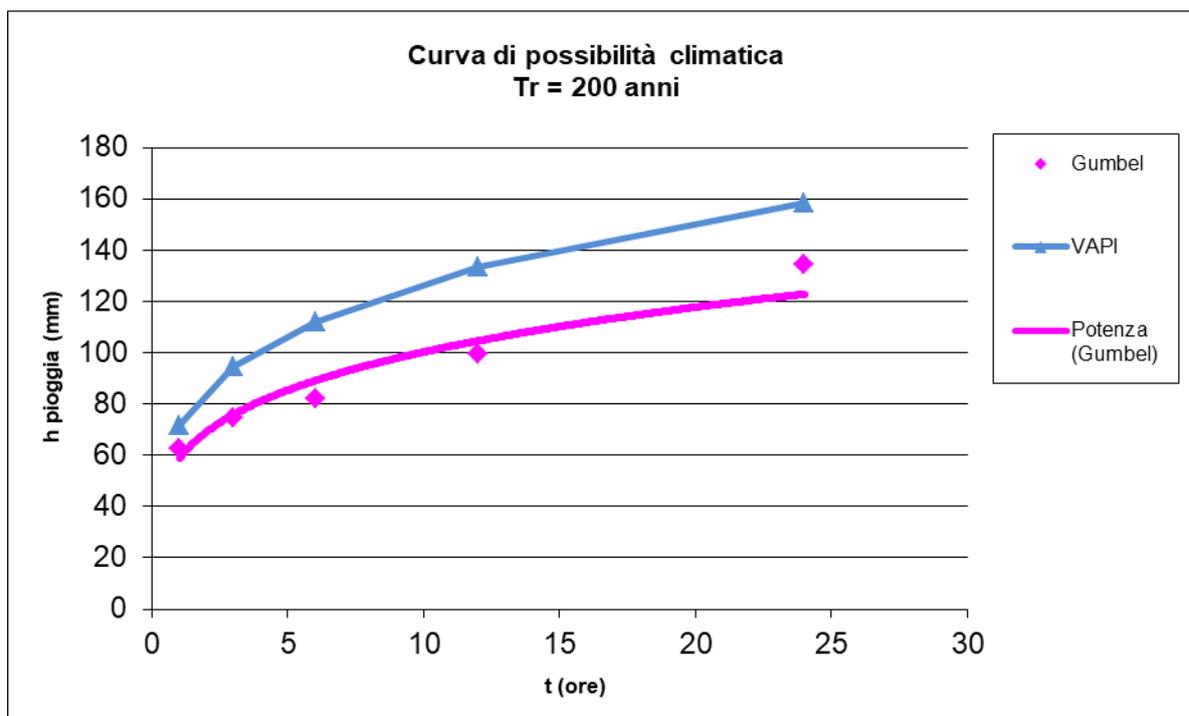


Figura 18: Curva di possibilità climatica con tempo di ritorno pari a 200 anni.

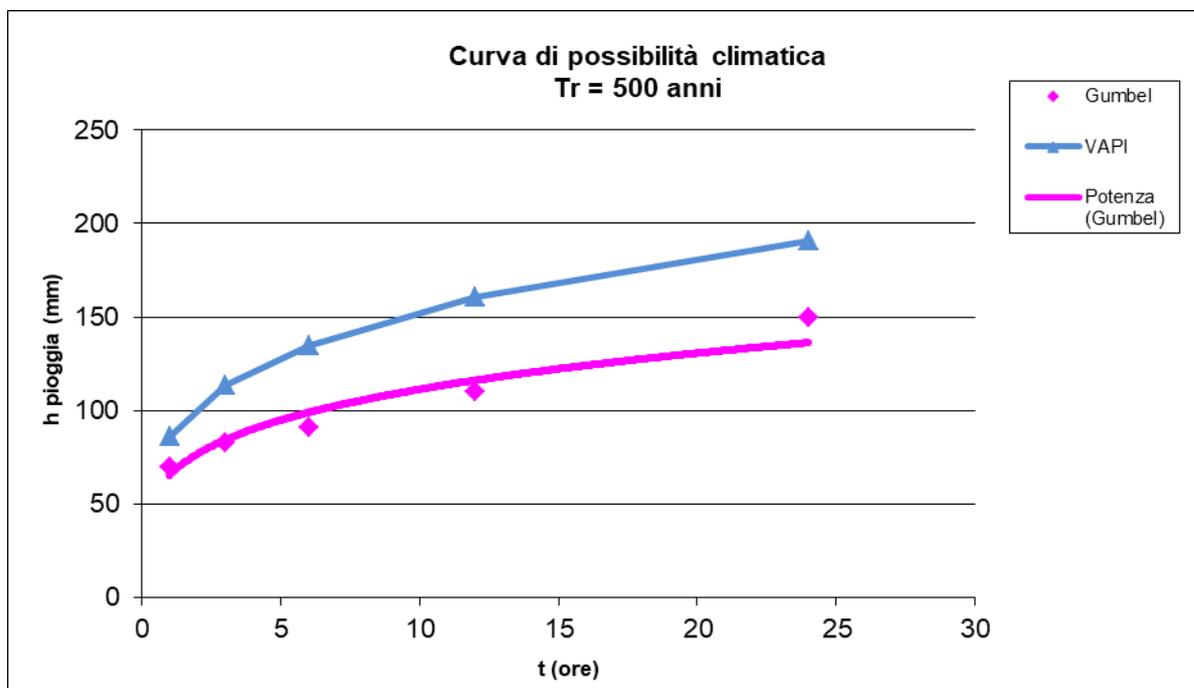


Figura 19: Curva di possibilità climatica con tempo di ritorno pari a 500 anni.

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 STAZIONE TERNA 0,41 h

BACINO A 0,15 h

BACINO B 0,37 h

BACINO B.1 0,22 h

BACINO B.2 0,26 h

BACINO C 0,18 h

BACINO D 0,43 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 θ^* e Λ^* già definiti a scala nazionale fatta eccezione per la Sardegna. I valori assunti sono:

$$\theta^* = 2.564$$

$$\Lambda^* = 0.350$$

Al secondo livello di regionalizzazione, l'analisi condotta facendo riferimento ad ogni singolo sito idrometrografico ha permesso la definizione la stima del parametro regionale Λ_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 θ^* e Λ^* 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 Λ_1 (Tabella 8).

Sottozona	θ^*	Λ^*	Λ_1	η
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 8: 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 Λ_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 20.

II LIVELLO - ZONE OMOGENEE

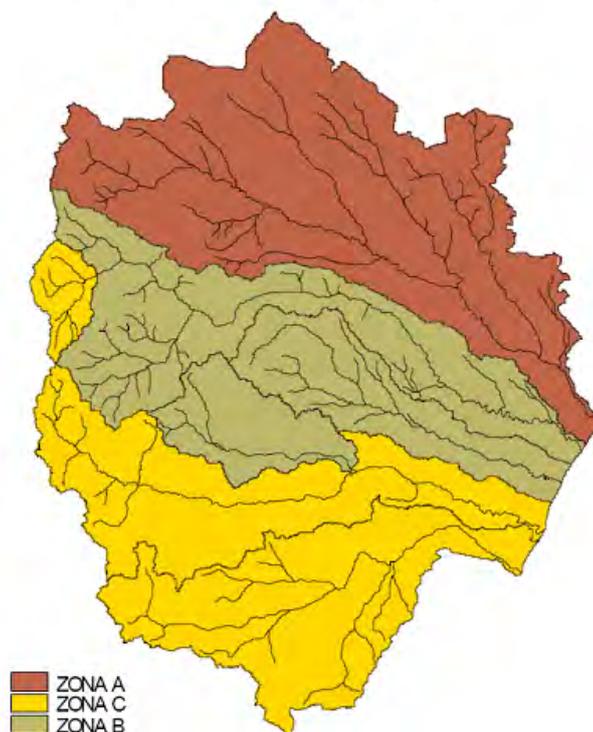


Figura 20: Sottozone omogenee al II livello di regionalizzazione delle piene.

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 9).



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 9: Valori del fattore probabilistico di crescita (K_T).

Nella successiva Figura 21, i valori di K_T su riportati sono rappresentati graficamente in funzione del tempo di ritorno dell'evento considerato.

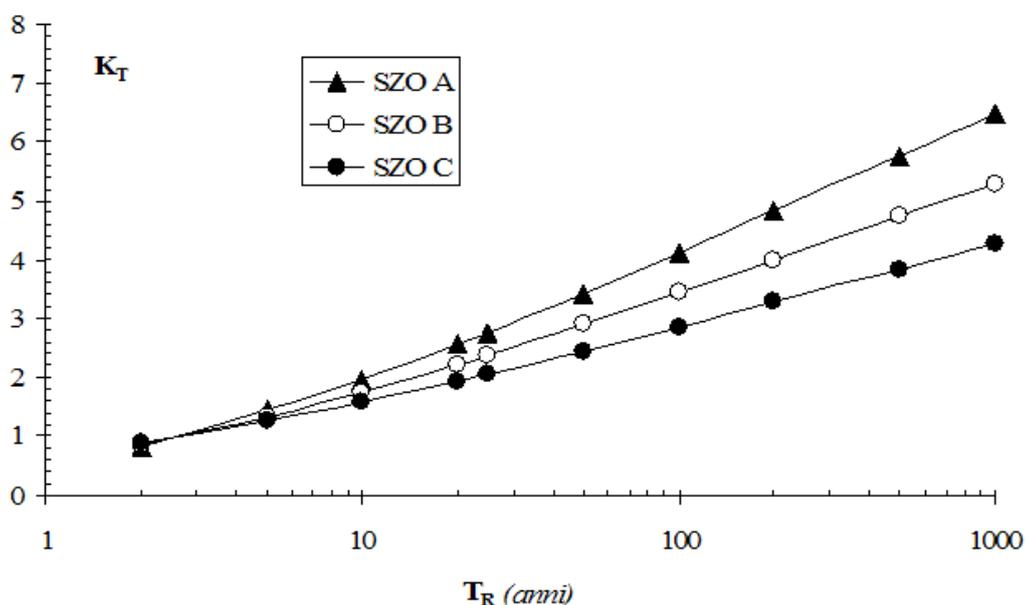


Figura 21: Andamento del fattore probabilistico di crescita delle piene.

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 del bacino della Stazione Terna, utilizzata nella successiva modellazione idraulica, è risultata:

Q(m ³ /sec)	Alta Pericolosità idraulica	Media Pericolosità idraulica	Bassa Pericolosità idraulica
	Tr = 30 anni	Tr= 200 anni	Tr= 500 anni
Bacino Stazione Terna	5.63	9.40	11.21

La **portata** afferente alla sezione di chiusura dei bacini afferenti agli attraversamenti è risultata:

Q(m ³ /sec)	Alta Pericolosità idraulica	Media Pericolosità idraulica	Bassa Pericolosità idraulica
	Tr = 30 anni	Tr= 200 anni	Tr= 500 anni
Bacino A	1.63	2.73	3.25
Bacino B	6.81	11.38	13.57
Bacino B.1	0.82	1.37	1.64
Bacino B.2	0.86	1.44	1.71
Bacino C	1.80	3.00	3.58
Bacino D	6.17	10.32	12.30



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.

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 10: 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 a base di gara nel progetto definitivo 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 numero variabile di sezioni.

In particolare per la stazione Stazione Terna vi sono **9 sezioni (numerate progressivamente da monte verso valle)**, e la **sezione n.8.5 corrisponde all'attraversamento con la Strada Provinciale 79, a monte della stazione**. Tutte le sezioni 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 m³/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 per la Stazione Terna sono riportati nelle tabelle seguenti:

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /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 ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Reach	9	Tr=200 anni	9.40	385.67	387.05	386.69	387.12	0.002649	1.21	8.15	21.36	0.46
Reach	8.5	Bridge										
Reach	8	Tr=200 anni	9.40	384.13	384.95	384.95	385.14	0.014517	1.94	4.84	12.34	0.99
Reach	7	Tr=200 anni	9.40	383.00	383.21	383.21	383.31	0.018566	1.39	6.76	34.62	1.00
Reach	6	Tr=200 anni	9.40	381.32	382.06	382.06	382.14	0.009843	1.25	8.94	62.32	0.77
Reach	5	Tr=200 anni	9.40	379.99	380.30	380.30	380.43	0.017178	1.58	5.96	23.76	1.01
Reach	4	Tr=200 anni	9.40	377.81	378.10	378.10	378.17	0.018427	1.24	8.51	62.48	0.97
Reach	3	Tr=200 anni	9.40	375.05	375.93	375.93	376.07	0.016024	1.65	5.70	20.07	0.99
Reach	2	Tr=200 anni	9.40	373.00	373.42	373.42	373.58	0.016063	1.75	5.36	17.36	1.01
Reach	1	Tr=200 anni	9.40	371.00	371.40	371.40	371.55	0.015556	1.74	5.40	17.23	0.99

Tabella 11: Parametri idraulici relativi al calcolo in moto permanente, Stazione Terna (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 prospettiche d'insieme dell'alveo nonché le sezioni trasversali rilevate.

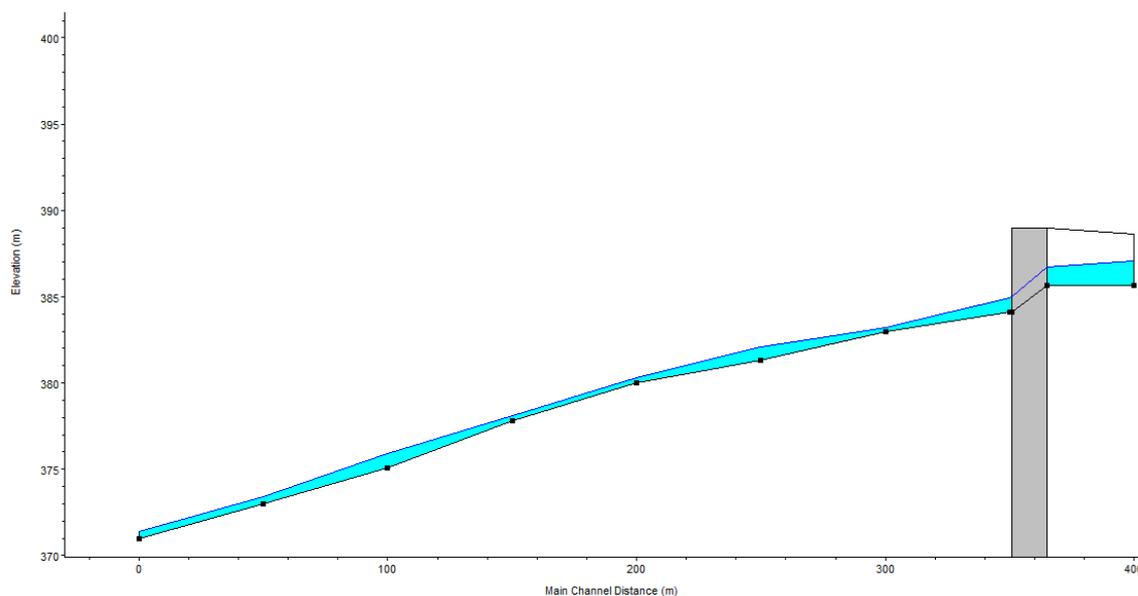


Figura 22: Profilo longitudinale di moto permanente. per la Stazione Terna (è rappresentato graficamente il livello idrico corrispondente alla piena con $Tr=200$ anni)

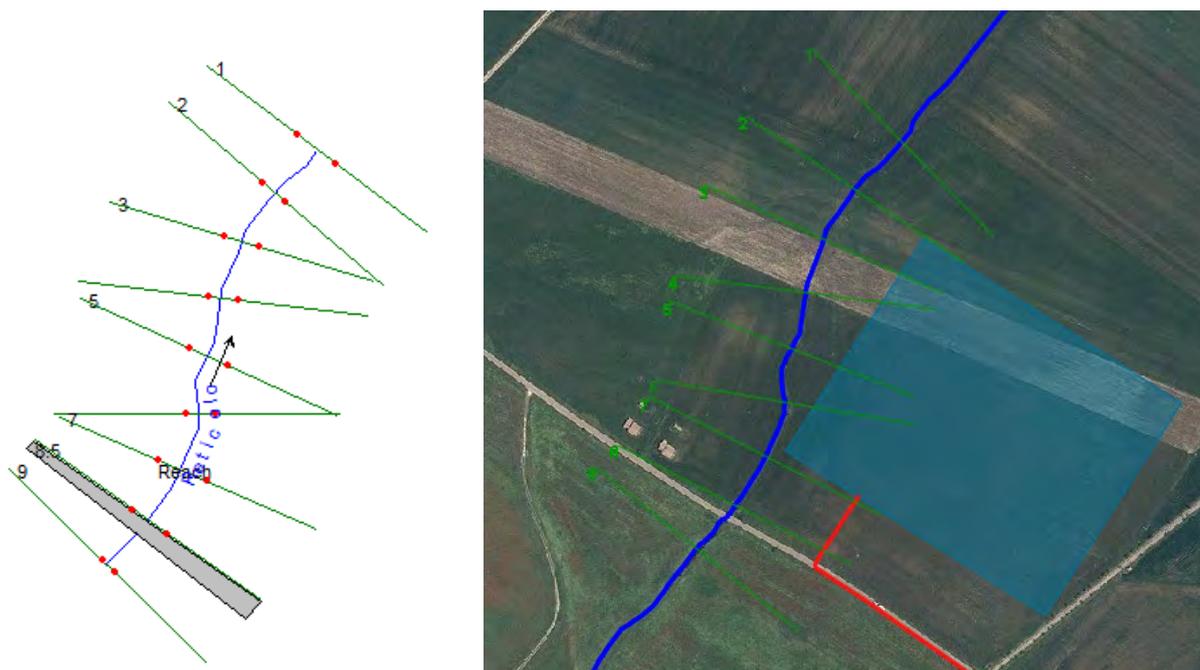


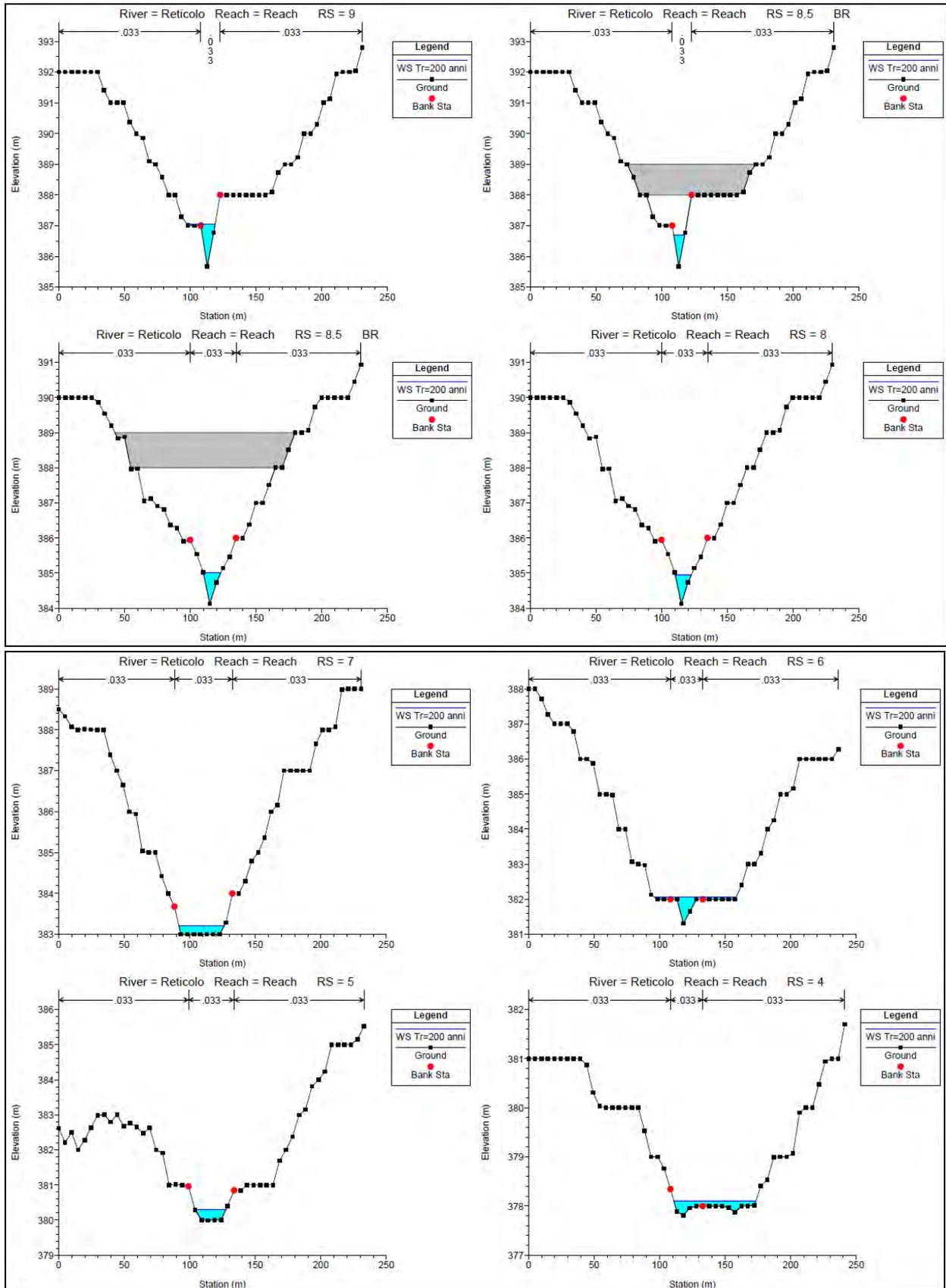
Figura 23: Vista planimetrica d'insieme per la Stazione Terna.

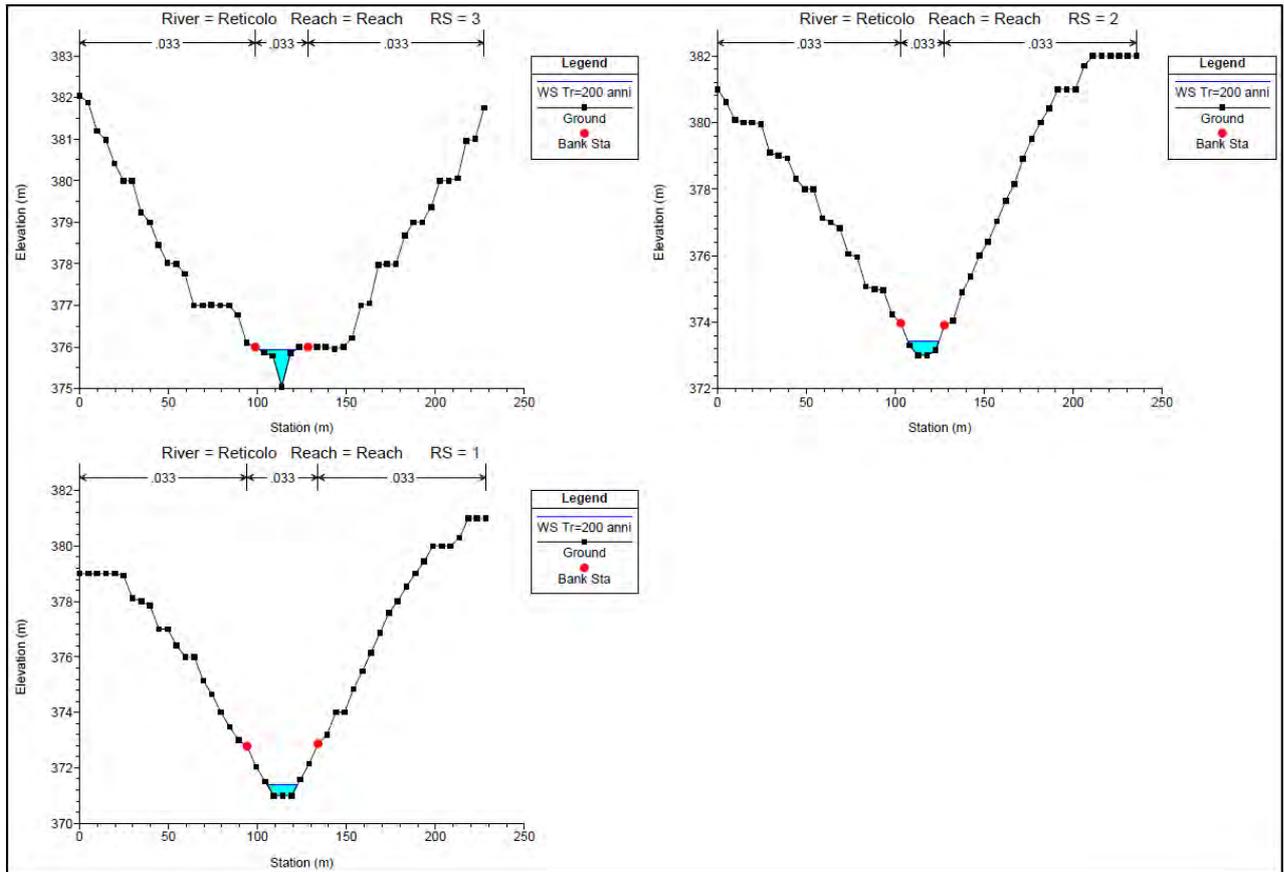
Osservando gli output di HEC-RAS si evince come **il corso d'acqua in esame sia sufficiente a contenere la portata di piena bi-centenaria, sempre contenuta in alveo o nelle sue aree golenali.** L'area di installazione della Stazione Terna non viene interessata dal passaggio della piena duecentenaria.



Figura 24 – Planimetria con indicazione delle aree inondabili due centennali della Stazione Terna.

Tale risultato è possibile desumerlo anche dalla consultazione delle sezioni trasversali seguenti relativi alla Stazione Terna, dalle quali sono evidenti i livelli idrici di piena per ogni sezione





I risultati ottenuti per l'area impianto sono riportati nelle tabelle seguenti:



River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /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 ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
ASTA D	Asta D	15	Tr = 200 anni	10.32	406.00	406.14	406.19	406.32	0.055799	1.87	5.52	41.41	1.63
ASTA D	Asta D	14	Tr = 200 anni	10.32	400.43	400.86	400.95	401.16	0.047601	2.56	4.38	21.67	1.66
ASTA D	Asta D	13	Tr = 200 anni	10.32	395.00	395.15	395.22	395.38	0.070919	2.15	4.80	34.93	1.85
ASTA D	Asta D	12	Tr = 200 anni	10.32	390.00	390.21	390.26	390.40	0.036812	1.94	5.31	27.47	1.41
ASTA D	Asta D	11	Tr = 200 anni	10.32	385.20	385.89	386.10	386.38	0.043375	3.09	3.34	9.64	1.68
ASTA D	Asta D	10	Tr = 200 anni	10.32	382.00	382.20	382.25	382.38	0.035348	1.84	5.59	30.34	1.37
ASTA D	Asta D	9	Tr = 200 anni	10.32	377.84	378.12	378.18	378.32	0.046993	2.33	5.58	39.96	1.62
ASTA D	Asta D	8	Tr = 200 anni	10.32	373.22	373.73	373.83	374.05	0.038786	2.59	4.50	23.16	1.54
ASTA D	Asta D	7	Tr = 200 anni	10.32	369.00	369.22	369.30	369.47	0.054222	2.21	4.66	26.56	1.69
ASTA D	Asta D	6	Tr = 200 anni	10.32	365.04	365.92	366.04	366.16	0.022312	2.16	4.83	16.47	1.19
ASTA D	Asta D	5	Tr = 200 anni	10.32	362.10	362.59	362.71	362.99	0.047948	2.80	3.69	13.46	1.70
ASTA D	Asta D	4	Tr = 200 anni	10.32	358.16	358.74	358.85	359.12	0.031800	2.74	3.77	10.33	1.45
ASTA D	Asta D	3	Tr = 200 anni	10.32	354.55	355.06	355.19	355.48	0.041843	2.87	3.60	11.35	1.63
ASTA D	Asta D	2	Tr = 200 anni	10.32	350.00	350.56	350.73	351.09	0.046045	3.20	3.22	9.22	1.73
ASTA D	Asta D	1	Tr = 200 anni	10.32	345.00	345.20	345.29	345.51	0.067209	2.47	4.19	23.79	1.88
ASTA C.1	Asta C.1	2	Tr = 200 anni	1.50	362.00	362.11	362.15	362.24	0.075062	1.61	0.93	10.95	1.76
ASTA C.1	Asta C.1	1	Tr = 200 anni	1.50	356.00	356.07	356.08	356.13	0.050460	1.09	1.37	21.28	1.38
ASTA C	Asta C	4	Tr = 200 anni	3.00	365.00	365.19	365.24	365.35	0.048718	1.75	1.72	12.85	1.53
ASTA C	Asta C	3	Tr = 200 anni	3.00	360.13	360.56	360.64	360.82	0.042079	2.23	1.34	6.19	1.53
ASTA C	Asta C	2	Tr = 200 anni	3.00	355.00	355.10	355.15	355.27	0.075778	1.77	1.69	17.28	1.81
ASTA C	Asta C	1	Tr = 200 anni	3.00	349.00	349.22	349.26	349.36	0.047239	1.68	1.79	13.86	1.49
ASTA B.2	Asta B.2	4	Tr = 200 anni	1.44	406.96	407.04	407.04	407.06	0.029714	0.61	2.37	59.91	0.97
ASTA B.2	Asta B.2	3	Tr = 200 anni	1.44	403.98	404.04	404.04	404.06	0.030168	0.65	2.23	51.79	1.00
ASTA B.2	Asta B.2	2	Tr = 200 anni	1.44	398.00	398.10	398.17	398.34	0.145493	2.18	0.66	8.07	2.43
ASTA B.2	Asta B.2	1	Tr = 200 anni	1.44	393.85	394.04	394.04	394.06	0.019715	0.83	2.18	44.34	0.90
ASTA B.1	Asta B.1	4	Tr = 200 anni	1.37	368.00	368.05	368.06	368.09	0.050007	0.87	1.58	34.35	1.29
ASTA B.1	Asta B.1	3	Tr = 200 anni	1.37	363.00	363.22	363.22	363.29	0.019882	1.19	1.15	7.87	0.99
ASTA B.1	Asta B.1	2	Tr = 200 anni	1.37	357.00	357.14	357.14	357.19	0.023089	1.00	1.37	13.49	1.00
ASTA B.1	Asta B.1	1	Tr = 200 anni	1.37	346.18	346.31	346.50	349.24	2.448820	7.57	0.18	2.82	9.55
ASTA B	Asta B	9	Tr = 200 anni	11.38	373.75	374.18	374.24	374.41	0.033417	2.15	5.46	25.15	1.39
ASTA B	Asta B	8	Tr = 200 anni	11.38	370.36	371.06	371.17	371.39	0.027176	2.65	5.22	30.75	1.36
ASTA B	Asta B	7	Tr = 200 anni	11.38	367.00	367.21	367.30	367.51	0.059543	2.40	4.74	25.55	1.78
ASTA B	Asta B	6	Tr = 200 anni	11.38	362.69	363.39	363.48	363.75	0.025735	2.66	4.27	10.40	1.33
ASTA B	Asta B	5	Tr = 200 anni	11.38	359.40	359.99	360.16	360.46	0.043304	3.11	3.93	14.61	1.68
ASTA B	Asta B	4	Tr = 200 anni	11.38	354.72	355.57	355.77	356.18	0.041994	3.46	3.29	7.73	1.69
ASTA B	Asta B	3	Tr = 200 anni	11.38	353.00	353.41	353.42	353.59	0.016201	1.85	6.17	18.58	1.02
ASTA B	Asta B	2	Tr = 200 anni	11.38	347.86	348.53	348.87	349.91	0.132089	5.21	2.18	6.57	2.89
ASTA B	Asta B	1	Tr = 200 anni	11.38	341.43	342.27	342.46	342.86	0.041432	3.41	3.34	7.95	1.68
ASTA A	Asta A	7	Tr = 200 anni	2.73	431.00	431.08	431.12	431.20	0.083972	1.51	1.80	25.22	1.81
ASTA A	Asta A	6	Tr = 200 anni	2.73	422.60	422.90	422.99	423.16	0.076642	2.27	1.20	8.53	1.93
ASTA A	Asta A	5	Tr = 200 anni	2.73	414.00	414.25	414.25	414.34	0.018854	1.33	2.05	11.33	1.00
ASTA A	Asta A	4	Tr = 200 anni	2.73	397.69	397.77	398.01	408.76	19.109770	14.69	0.19	5.02	24.38
ASTA A	Asta A	3	Tr = 200 anni	2.73	384.17	384.36	384.41	384.52	0.050198	1.75	1.56	11.89	1.54
ASTA A	Asta A	2	Tr = 200 anni	2.73	372.96	373.05	373.14	373.55	0.398539	3.13	0.87	13.19	3.88
ASTA A	Asta A	1	Tr = 200 anni	2.73	367.01	367.30	367.32	367.40	0.023213	1.39	1.97	11.92	1.09

Tabella 12: Parametri idraulici relativi al calcolo in moto permanente – area impianto (Tr=200 anni).

La geometria degli attraversamenti è stata riprodotta nel software Hec-Ras:

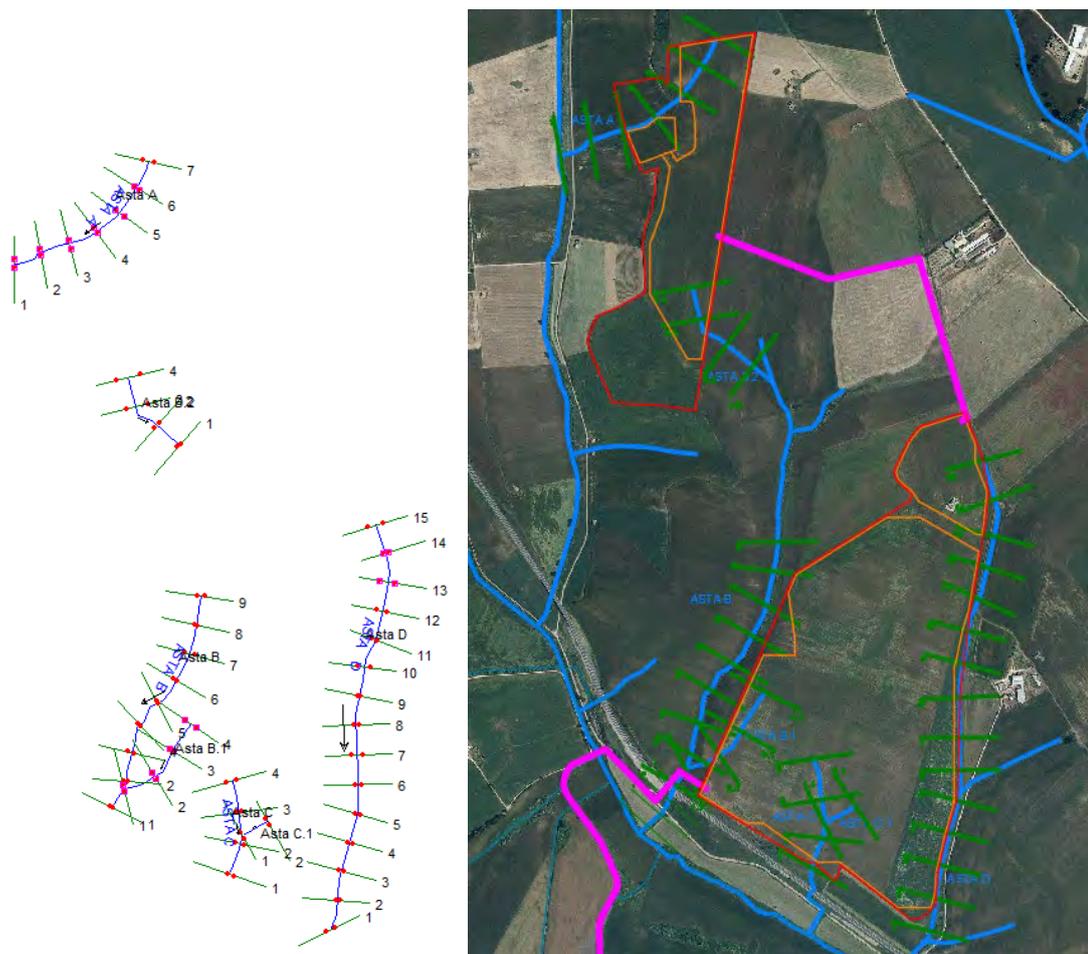


Figura 25 – Vista planimetrica d’insieme per gli attraversamenti del cavidotto

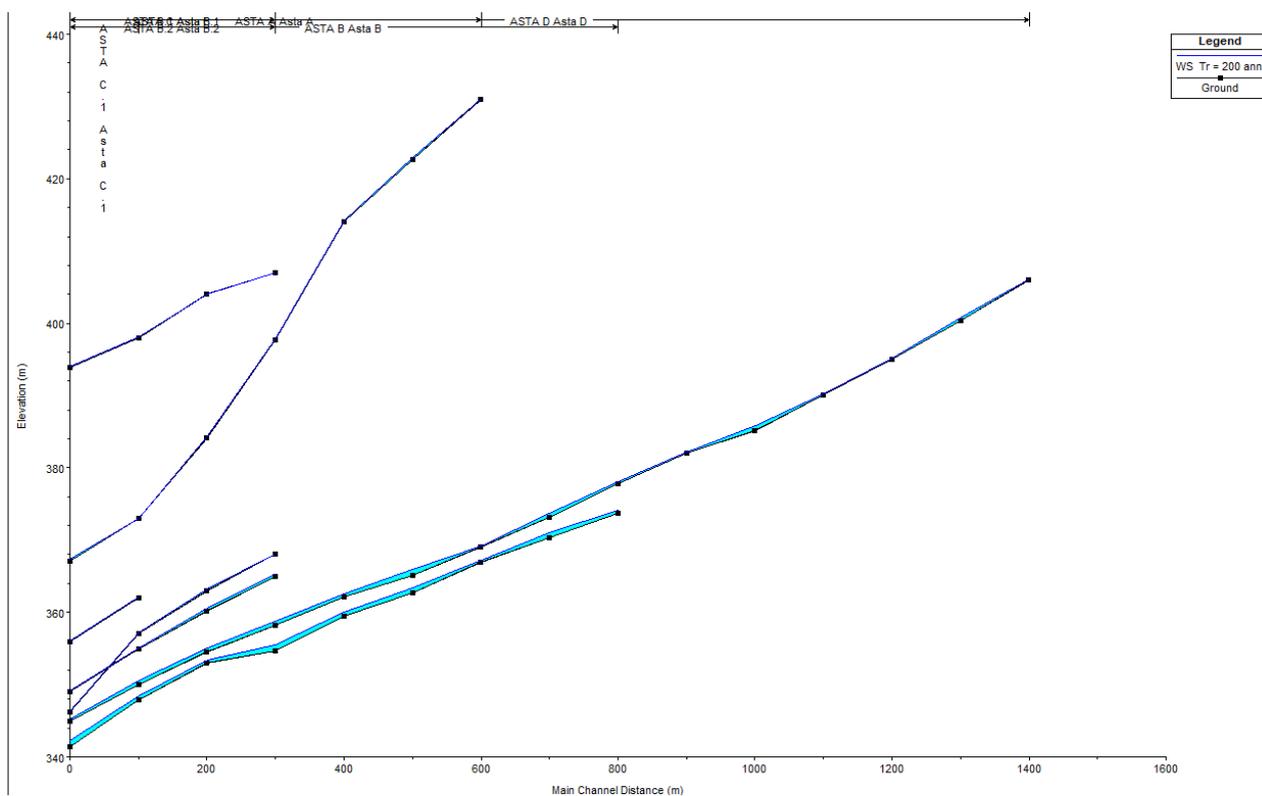


Figura 26: Profilo longitudinale di moto permanente. per l'area impianto (è rappresentato graficamente il livello idrico corrispondente alla piena con Tr=200 anni)



Figura 27 – Vista planimetrica delle aree inondabili di ciascun attraversamento

Il quaderno delle sezioni dei reticoli dell'area impianto, sono allegati alla presente relazione.



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 tutti gli attraversamenti del reticolo ufficiale della Regione Puglia e Regione Basilicata con l'area d'impianto, ed il bacino idrografico in corrispondenza della Stazione Terna.

Si sono inoltre individuati n.9 attraversamenti tra il cavidotto MT e il reticolo idrografico che verranno risolti con metodologia TOC.

Considerata l'entità delle portate ricavate in precedenza per le aste fluviali di interesse e la destinazione d'uso del terreno, si può certamente affermare che il passaggio delle portate di piena non determina situazioni di pericolo per l'area dei pannelli e per le opere a farsi.

Stessa cosa è possibile affermare per la sicurezza idraulica della Stazione Terna, esterna alle aree inondabili duecentennali, e per gli attraversamenti in TOC.

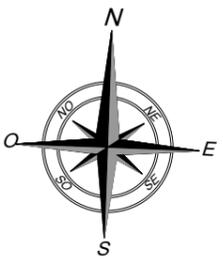
Quindi la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare, denominato "Atlante", di potenza complessiva pari a 60.18 MWp da realizzare nel comune di Spinazzola (BT) e Genzano di Lucania (PZ), oltre a non essere interessata dagli eventi di piena, non comporterà alcuna modifica 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.



ALLEGATI

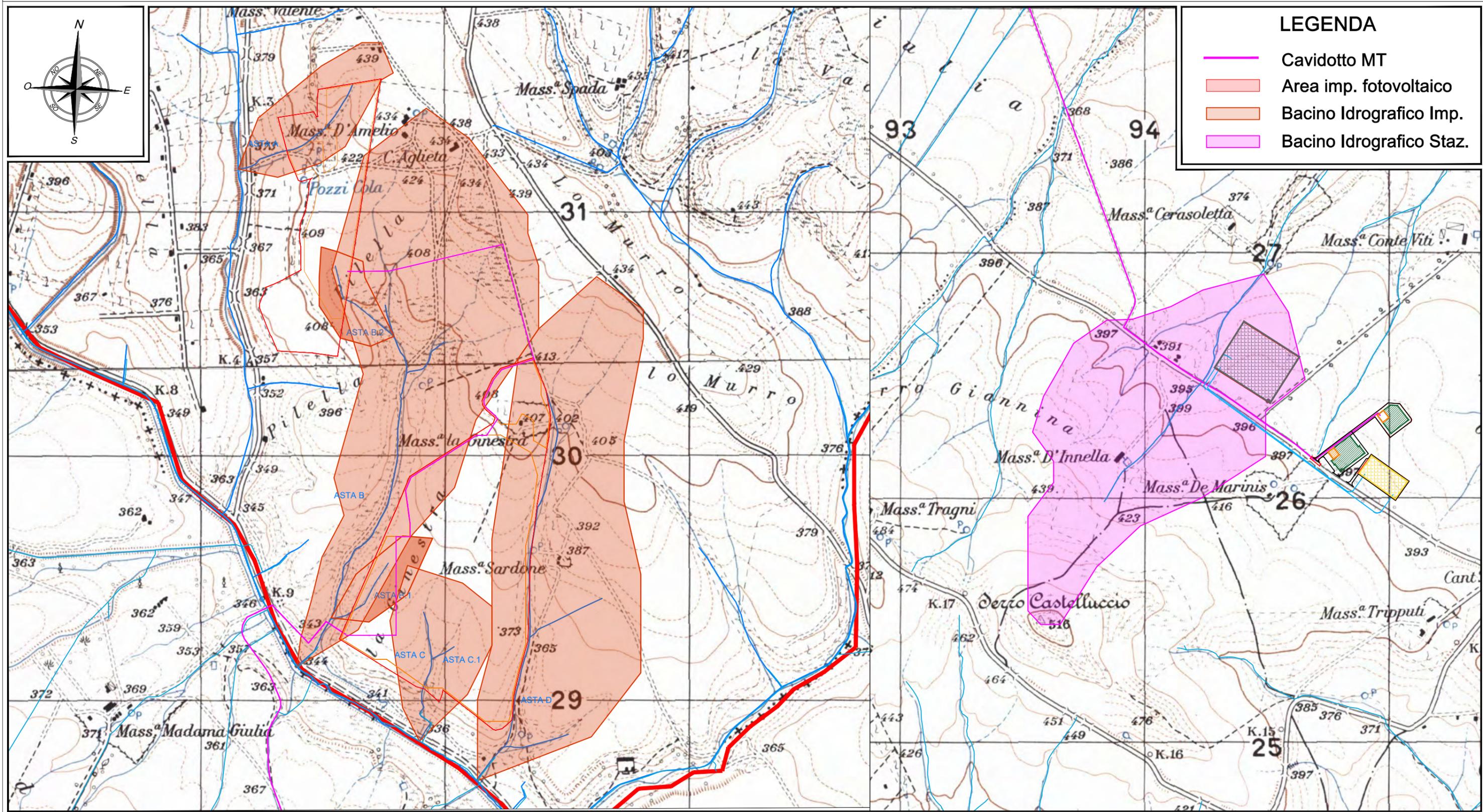
- TAV B.1 – Inquadramento dei Bacini Idrografici su Carta IGM 1:25.000
- TAV B.2 – Inquadramento dei Bacini Idrografici su Ortofoto
- TAV B.3 – Individuazione aree inondabili duecentennali
- TAV B.4 – Individuazione attraversamenti cavidotto con reticolo idrografico
- Quaderno delle sezioni di Hec-Ras – Area Impianto

STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA RELATIVO ALLA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO
NEL COMUNE DI SPINAZZOLA (BR) , DENOMINATO "ATLANTE"



LEGENDA

- Cavidotto MT
- Area imp. fotovoltaico
- Bacino Idrografico Imp.
- Bacino Idrografico Staz.



Committente:



Progettista:



Via della Resistenza, 48 - 70125 Bari tel. 080 3219948 fax. 080 2020986

Titolo Allegato:

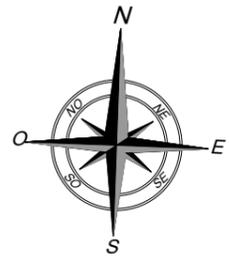
**INDIVIDUAZIONE BACINO
IDROGRAFICO SU IGM 1:25.000**

Data: **MARZO 2021**

Scala: **1:15.000**

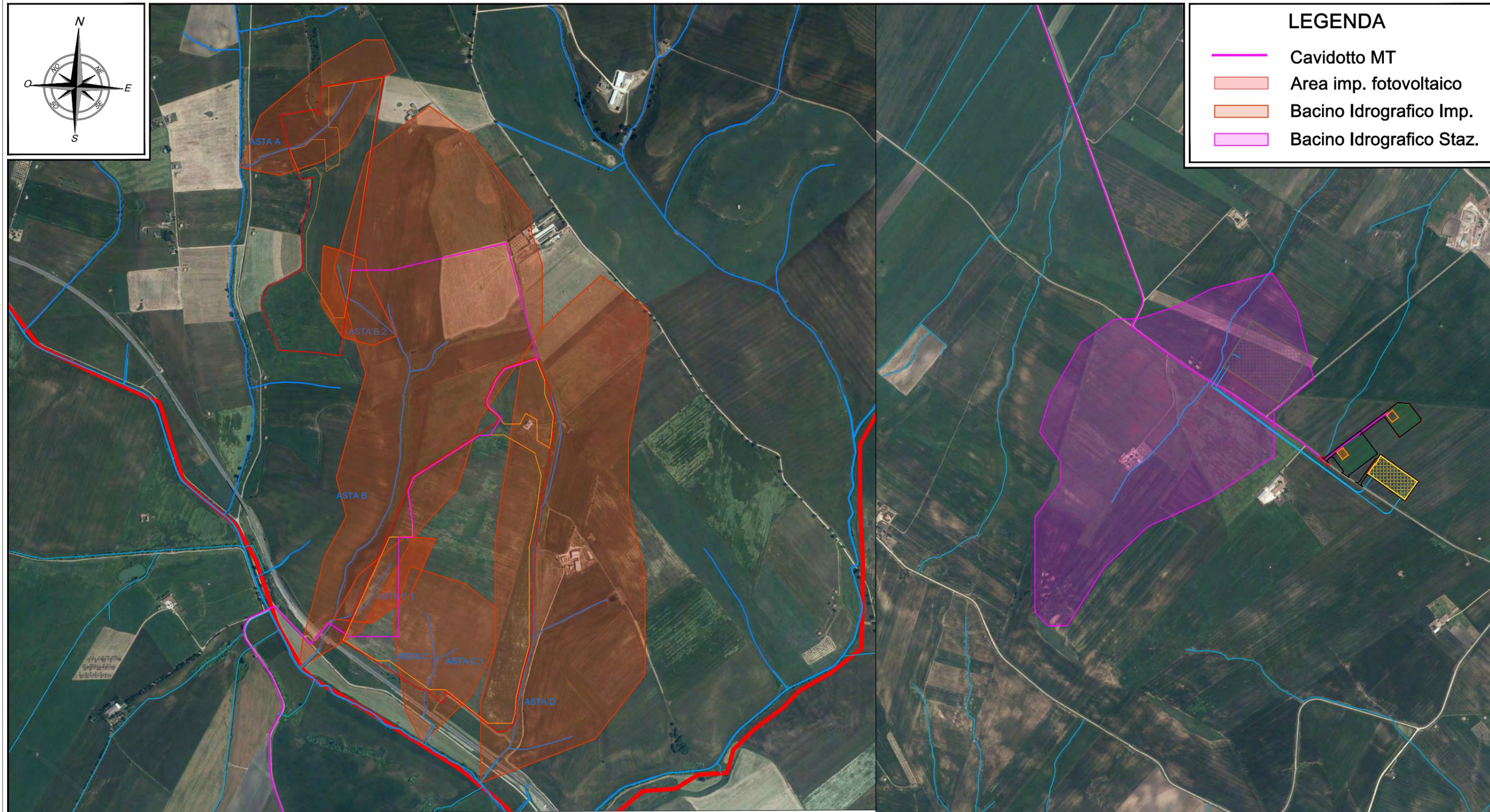
Elaborato: **B.1**

STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA RELATIVO ALLA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO
NEL COMUNE DI SPINAZZOLA (BR) , DENOMINATO "ATLANTE"



LEGENDA

- Cavidotto MT
- Area imp. fotovoltaico
- Bacino Idrografico Imp.
- Bacino Idrografico Staz.



Committente:



Progettista:



Titolo Allegato:

*INDIVIDUAZIONE BACINO
IDROGRAFICO SU ORTOFOTO*

Data:

MARZO 2021

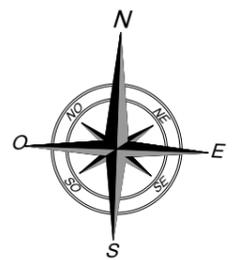
Scala:

1:15.000

Elaborato:

B.2

STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA RELATIVO ALLA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO
NEL COMUNE DI SPINAZZOLA (BR) , DENOMINATO "ATLANTE"



LEGENDA

- Cavidotto MT
- Area imp. fotovoltaico
- Cross section
- Aree inondabili duecent.



Committente:



Progettista:



Via della Resistenza, 48 - 70125 Bari tel. 080 3219948 fax. 080 2020986

Titolo Allegato:

**INDIVIDUAZIONE AREE INONDABILI
DUECENTENNALI**

Data: **MARZO 2021**

Scala: **1:15.000**

Elaborato: **B.3**

STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA RELATIVO ALLA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO
NEL COMUNE DI SPINAZZOLA (BR) , DENOMINATO "ATLANTE"

LEGENDA



Attraversamenti con
tecnica TOC



Committente:



Progettista:



Titolo Allegato:

**INDIVIDUAZIONE INTERSEZIONI
CAVIDOTTO CON RETICOLO
IDROGRAFICO**

Data:

MARZO 2021

Scala:

1:10.000

Elaborato:

B.4

