



Edison Rinnovabili Spa
Foro Buonaparte, 31 - 20121 Milano

**PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO
AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 53,48 MWp E
RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA R.T.N. DA REALIZZARE
NEL COMUNE DI GRAVINA (BA)**

Studio di compatibilità Idraulica e Idrologica

ELABORATO

PR_06

PROPONENTE:



EDISON RINNOVABILI S.P.A.
Sede legale: Milano (MI),
Foro Buonaparte n. 31 - CAP 20121
P.IVA 12921540154
rinnovabili@pec.edison.it

PROGETTISTI:



Via Caduti di Nassiriya 55
70124- Bari (BA)
pec: atechsrfl@legalmail.it



DIRETTORE TECNICO
Dott. Ing. Orazio TRICARICO

Dott. Ing. Alessandro ANTEZZA

Consulenti:

Dott. Agr. Mario STOMACI

Dott. ssa Paola Iannuzziello

Dott. Geol. Michele VALERIO



COORDINATORE DEL PROGETTO:

ecomec s.r.l.

p.iva/c.f. 07539280722
via f. filzi n. 25
70024 gravina in p.(ba)
mail: ecomecsr1@gmail.com

EM./REV.	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DESCRIZIONE
1	FEB 2024	I.C.	A.A.	O.T.	Progetto definitivo
0	DIC 2023	M.C.	A.A.	O.T.	Progetto definitivo

1. PREMESSA	2
2. INQUADRAMENTO PROGETTO AGROVOLTAICO	3
3. AREE SOGGETTE A TUTELA DA PARTE DELL'AUTORITA' DI BACINO DELL'APPENNINO MERIDIONALE – SEDE.....	7
4. DESCRIZIONE DELLE INTERFERENZE	13
4.1. INTERSEZIONI CAVIDOTTO-RETICOLI IDROGRAFICI	16
5. DESCRIZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI	21
6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DEL BACINO DI STUDIO	25
7. USO DEL SUOLO.....	26
8. ANALISI REGIONALE DELLE PIOGGE IN PUGLIA.....	28
8.1. CURVE DI POSSIBILITÀ CLIMATICA	33
9. ANALISI IDRAULICA	55
9.1. VALUTAZIONE PORTATE DI PIENA	55
9.2. CONSIDERAZIONI FINALI SULLA PORTATA DI PIENA	66
10. MODELLAZIONE IDRAULICA	68
10.1. ASTA 1	71
10.2. ASTA 2	77
10.3. ASTA 3	83
10.4. ASTE 4 – 5 – 6 – 7 - 8 – 9	90
CONCLUSIONI.....	99
ALLEGATI.....	100



1. PREMESSA

Il presente documento costituisce la Relazione tecnico-descrittiva relativa al progetto per la realizzazione di un **impianto agrivoltaico della potenza massima installata di 53,48 MWp e potenza di immissione pari a 59,99 MW, con le relative opere di connessione alla RTN da realizzare nel comune di Gravina in Puglia (BA).**

La società proponente è la **Edison Rinnovabili S.P.A.** con sede legale in Milano (MI) in Foro Buonaparte, 31, 20121, P. IVA 12921540154.

In particolare il progetto si estende su una superficie territoriale di circa 75.22 ettari occupati dall'impianto fotovoltaico integrato ad un progetto di valorizzazione agricola caratterizzato dalla presenza di aree coltivabili tra le strutture di sostegno (interfile) e una fascia arborea perimetrale per la mitigazione visiva dell'impianto.

La produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, ed in particolare dal fotovoltaico, rappresenta una modalità tecnologica tra le più sostenibili e importanti ai fini della realizzazione di un rinnovato equilibrio sostenibile tra sviluppo e benessere della biosfera. In quest'ottica l'agrivoltaico ha caratteristiche innovative:

- a)** supporta la produzione agricola;
- b)** contribuisce, anche attraverso un ombreggiamento variabile, alla regolazione del clima locale;
- c)** adiuva la conservazione e il risparmio delle risorse idriche;
- d)** migliora e incrementa la produzione di energia rinnovabile.

L'agrivoltaico e le sue applicazioni, oggi possibili, nascono proprio dall'intenzione di applicare il progresso tecnologico all'ambiente, per salvaguardarne le prerogative, sia riutilizzando suoli agricoli abbandonati migliorandone le caratteristiche, sia producendo l'energia da fonte rinnovabile, tutta l'energia pulita di cui avremo bisogno.

Per questo motivo, al fine di incentivare la transizione green l'ENEA prospetta e promuove esplicitamente il modello del "Parco Agrivoltaico", sostenuto e promosso anche da altri attori ambientali come Greenpeace, Italia Solare, Legambiente e WWF.



2. INQUADRAMENTO PROGETTO AGROVOLTAICO

Il presente progetto si estende su una superficie territoriale di circa 73,51 ettari occupati dall'impianto fotovoltaico integrato con un progetto di valorizzazione agricola caratterizzato dalla presenza di aree coltivabili tra le strutture di sostegno (interfile) e una fascia arborea perimetrale per la mitigazione visiva dell'impianto.

Si riporta di seguito su base cartografica IGM 1:25.000 e su ortofoto l'ubicazione dei lotti catastali all'interno dei quali verranno posizionati i pannelli fotovoltaici.

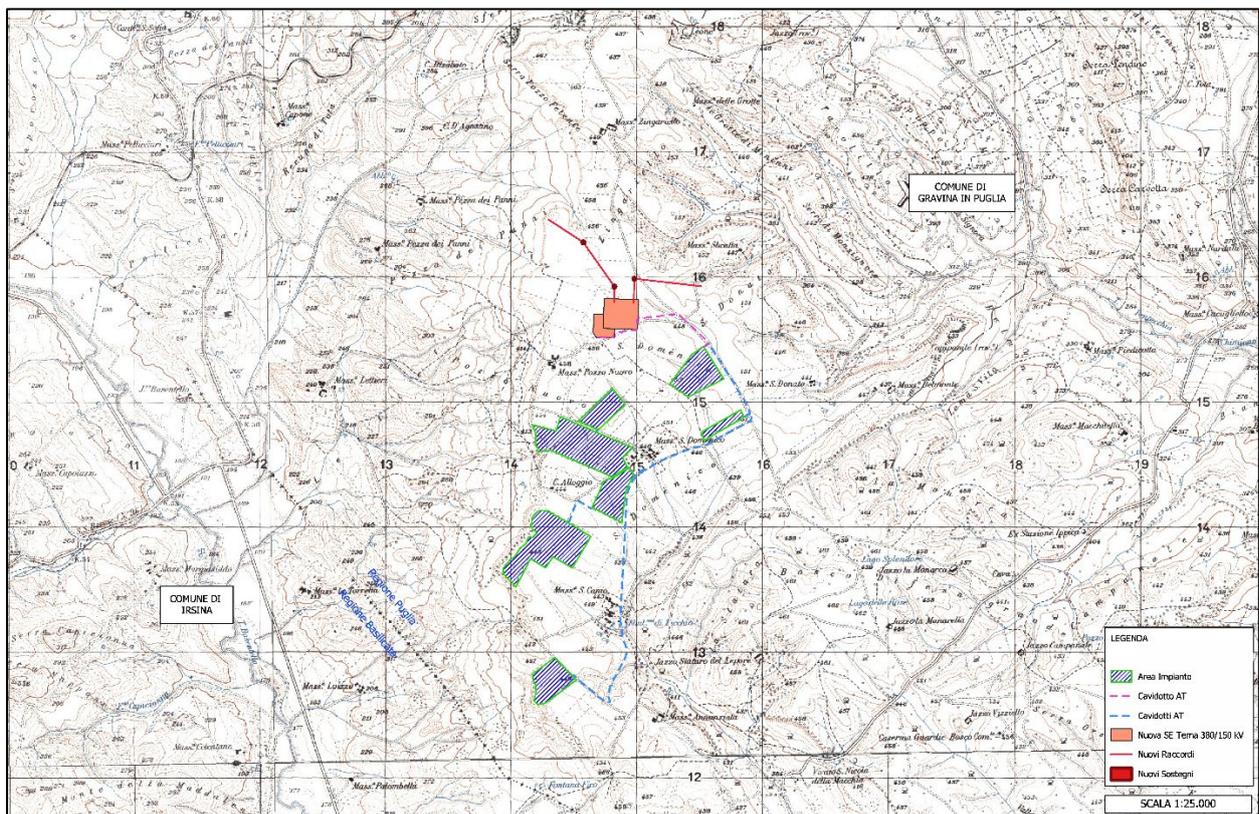


FIG 1 Stralcio planimetrico con individuazione dei lotti di intervento su base cartografica IGM 1:25.000



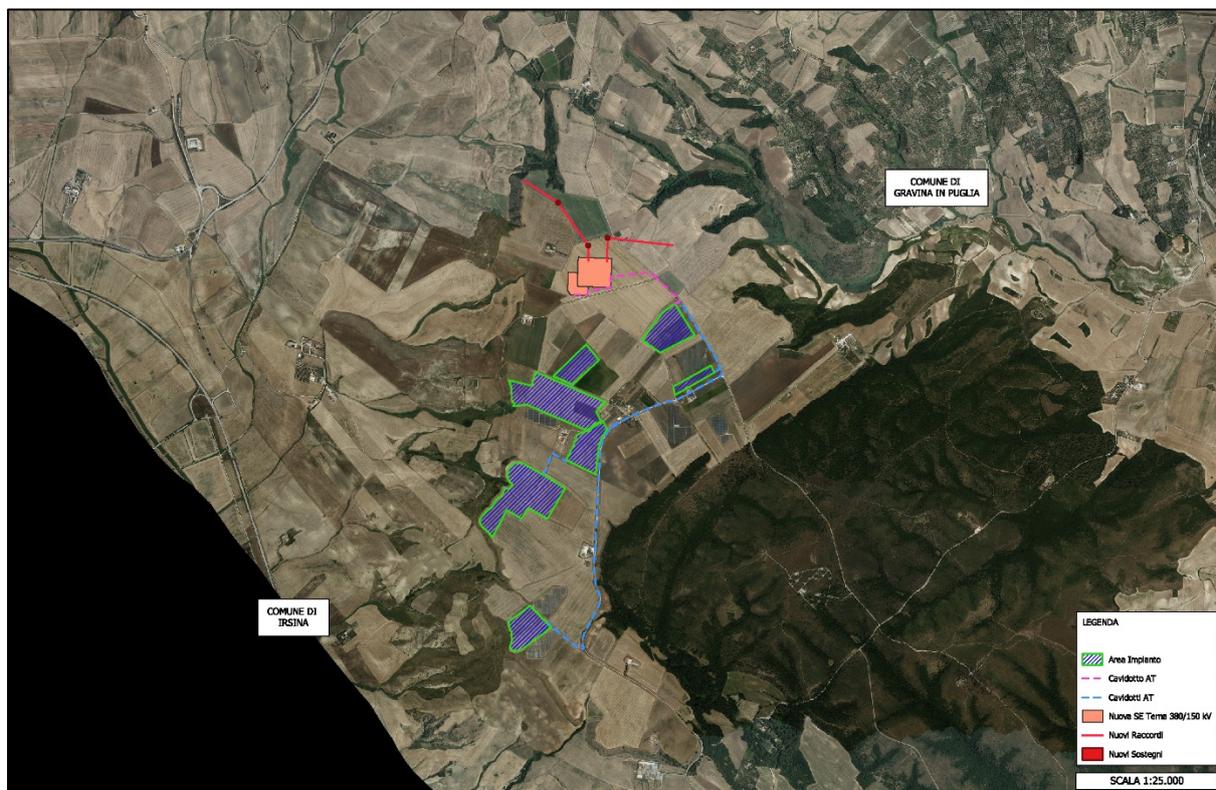


FIG 2 Stralcio planimetrico con individuazione dei lotti di intervento su ortofoto

L'installazione è prevista su 7 lotti di complessivi 53,48 MW di pannelli fotovoltaici. All'interno delle superfici agricole interessate dall'installazione del parco fotovoltaico sono state individuate le seguenti aree:

LOTTO 1

🕒 l'area esterna al perimetro è di circa 6.035 mq interamente coltivata ad oliveto con una densità di circa 666 piante ad ettaro per un totale di 402;

🕒 l'area tra le file dei tracker sviluppa 53.625 mq di area coltivabile;

quindi complessivamente abbiamo 59.660 mq circa di area coltivata..

LOTTO 2

🕒 l'area esterna al perimetro è di circa 4.300 mq interamente coltivata ad oliveto con una densità di circa 666 piante ad ettaro per un totale di 286; 28

⌚ l'area tra le file dei tracker sviluppa 14.705 mq di area coltivabile; quindi complessivamente abbiamo 19.005 mq circa di area coltivata. _

LOTTO 3

⌚ l'area esterna al perimetro è di circa 5.035 mq interamente coltivata ad oliveto con una densità di circa 666 piante ad ettaro per un totale di 335;

⌚ l'area tra le file dei tracker sviluppa 42.341 mq di area coltivabile; quindi complessivamente abbiamo 47.376 mq circa di area coltivata. _

LOTTO 4

⌚ l'area esterna al perimetro è di circa 10.735 mq interamente coltivata ad oliveto con una densità di circa 666 piante ad ettaro per un totale di 715;

⌚ l'area tra le file dei tracker sviluppa 142.945 mq di area coltivabile; quindi complessivamente abbiamo 153.680 mq circa di area coltivata. _

LOTTO 5

⌚ l'area esterna al perimetro è di circa 6.000 mq interamente coltivata ad oliveto con una densità di circa 666 piante ad ettaro per un totale di 400;

⌚ l'area tra le file dei tracker sviluppa 52.994 mq di area coltivabile; quindi complessivamente abbiamo 58.994 mq circa di area coltivata. _

LOTTO 6

⌚ l'area esterna al perimetro è di circa 11.275 mq interamente coltivata ad oliveto con una densità di circa 666 piante ad ettaro per un totale di 751;

⌚ l'area tra le file dei tracker sviluppa 145.591 mq di area coltivabile; quindi complessivamente abbiamo 156.866 mq circa di area coltivata. _

LOTTO 7

⌚ l'area esterna al perimetro è di circa 5.535 mq interamente coltivata ad oliveto con una densità di circa 666 piante ad ettaro per un totale di 369;

⌚ l'area tra le file dei tracker sviluppa 45.775 mq di area coltivabile; quindi complessivamente abbiamo 51.310 mq circa di area coltivata.

L'area in oggetto si trova ad un'altitudine media di m 446 s.l.m. e le coordinate geografiche sono le seguenti:

40°46'09.23"N

16°21'34.10"E

Il preventivo di connessione Cod. Pratica 202201365, prevede che l'impianto debba essere collegato in antenna a 36 kV su una futura Stazione Elettrica (SE) a 380/150/36 kV della RTN da inserire in entrata alla linea 150 kV "Genzano 380- Matera 380".

Il collegamento alla RTN necessita della realizzazione di una stazione MT/AT di utenza che serve ad elevare la tensione dell'impianto al livello di 36 kV, per il successivo collegamento alla futura stazione di rete, pertanto il progetto prevede la realizzazione della stazione MT/AT di utenza interna all'impianto.



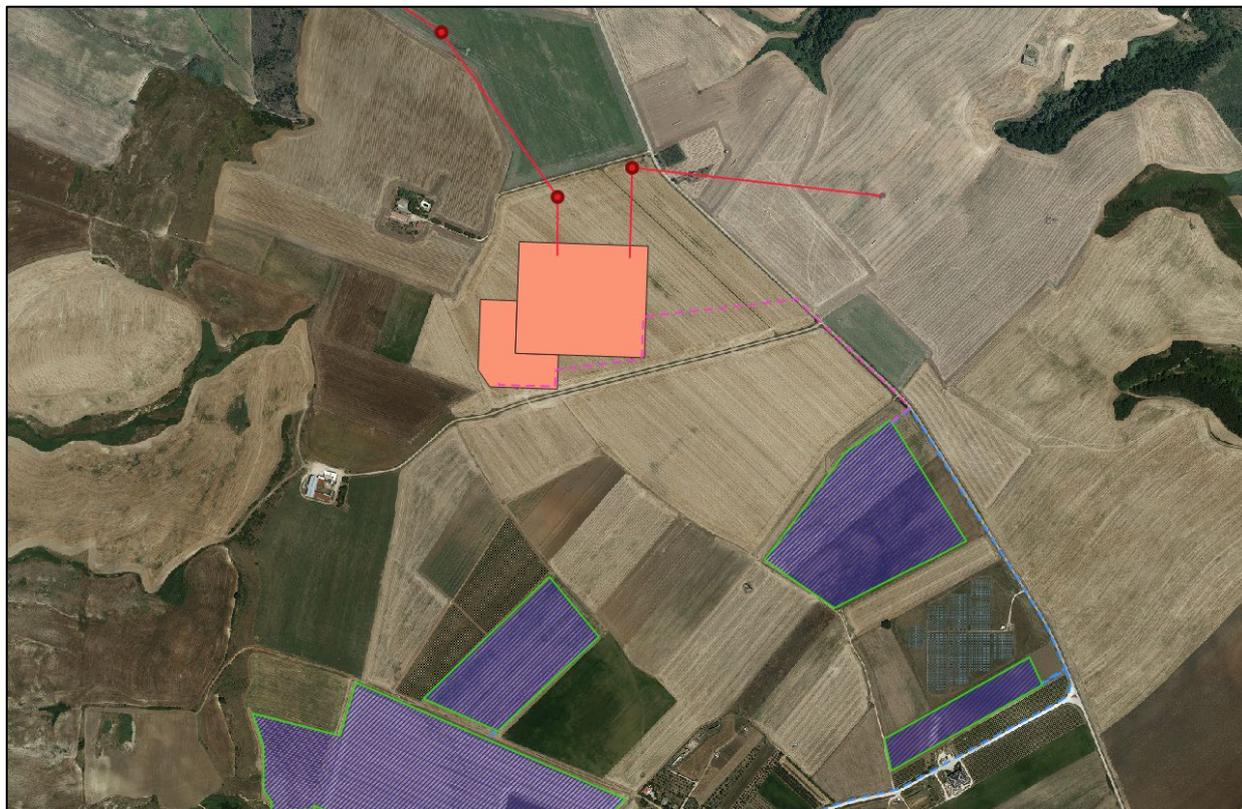


FIG 3 Inquadramento delle opere di connessione su ortofoto

3. AREE SOGGETTE A TUTELA DA PARTE DELL'AUTORITA' DI BACINO DELL'APPENNINO MERIDIONALE – SEDE

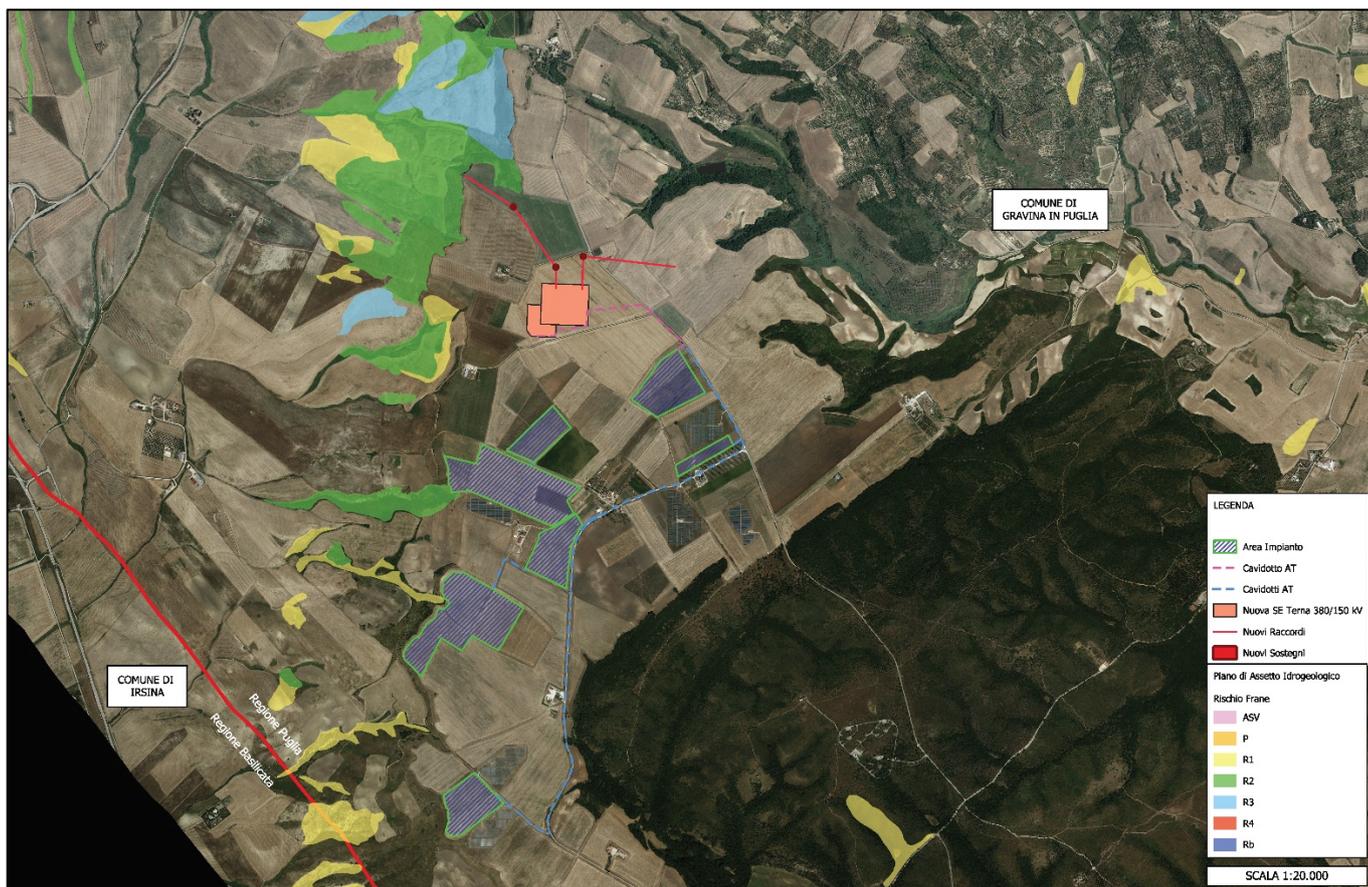
Come evidenziato nell'immagine FIG 1 il Comune di Gravina in Puglia ricade all'interno dei limiti amministrativi di competenza dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale sede Basilicata e rientra nel bacino idrografico del fiume Bradano.



FIG 4 Bacini idrografici e limiti amministrativi della Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata

Nello studio sono stati individuati i corsi d'acqua e le interferenze determinate dalle opere di progetto a farsi; sono stati illustrati i metodi ed i risultati delle analisi idrologiche effettuate sui bacini di interesse e della modellazione idraulica di moto permanente del flusso idrico, condotte in assoluta conformità al dettato normativo definito dalla competente Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale

sede Basilicata attraverso le Norme Tecniche di Attuazione in allegato al Piano di Assetto Idrogeomorfologico (PAI) vigente.



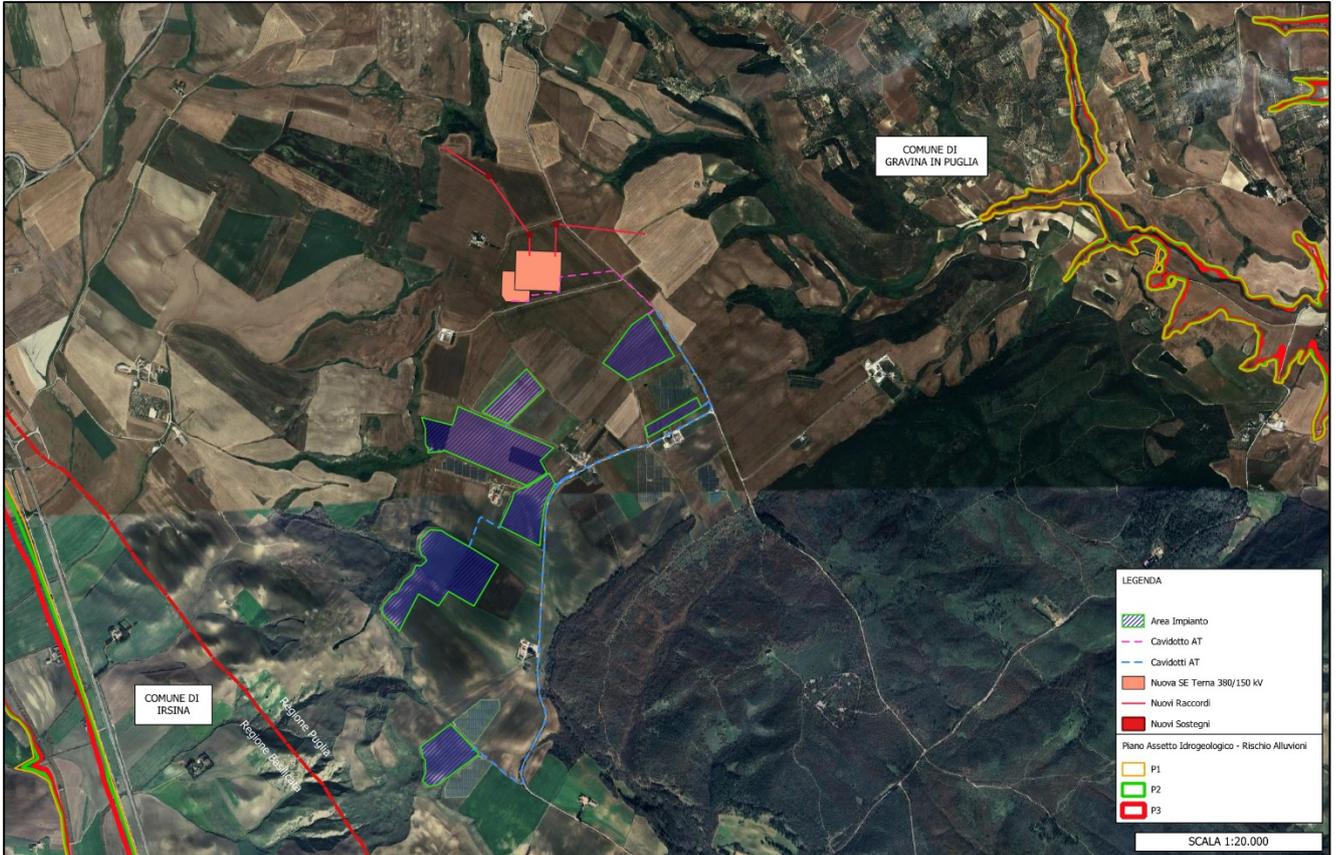


FIG 6 Estratto del Piano stralcio per la difesa dal rischio idrogeologico-Rischio alluvioni nell'area di intervento e layout di progetto

Come si evince dalle immagini precedente e dagli elaborati grafici in allegato, ricavati dalla carta del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico redatta dall'AdB Basilicata, l'area di impianto non rientra in aree a rischio frane ed alluvioni.

Dalla sovrapposizione dell'area di interesse sulla Carta idrogeomorfologica si rilevano interferenze con le aste idrografiche; l'area di intervento è infatti interessata dal tracciato di numerosi reticoli idrografici presenti sia sulla carta IGM 1:25.000 che sulla carta idrogeomorfologica redatta dalla AdB Basilicata (cfr.immagine seguente).

Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza massima installata pari a 53,48 MWp e potenza di immissione pari a 59,99 MW e relative opere di connessione alla RTN da realizzarsi in "Contrada Pezze di Panni" nel Comune di Gravina in Puglia (BA)

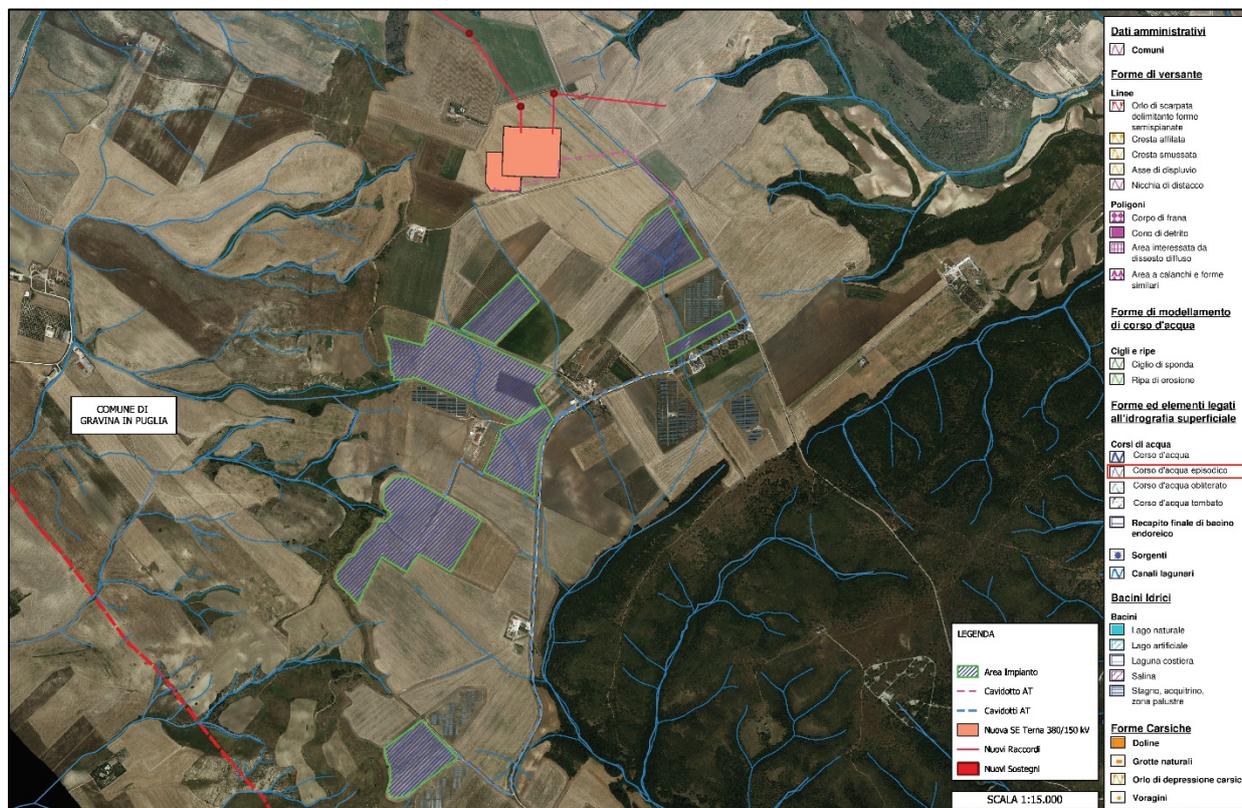


FIG 7 Estratto carta idrogeomorfologica e layout di progetto

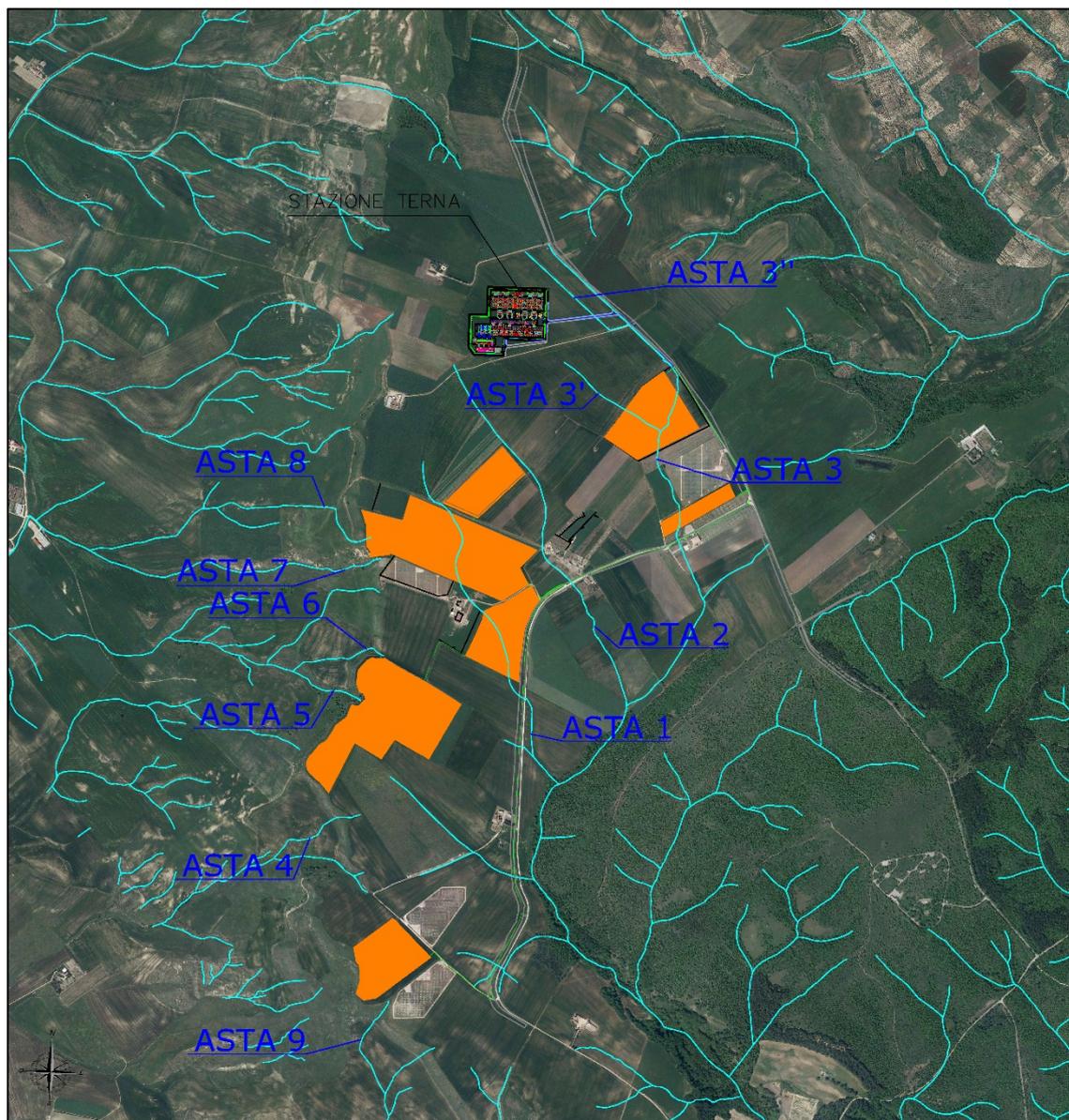


FIG 8 Area di intervento e layout di progetto con individuazione delle aste del reticolo superficiale oggetto di modellazioni idrauliche

Le 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 previa

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, conformemente al dettato normativo delle NTA del PAI, finalizzato alla determinazione delle aree inondabili, con tempo di ritorno di 200 anni, per i bacini idrografici con sezioni di chiusura situate a valle delle aree di interesse individuate.

C'è da rilevare, comunque, che gli impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, tra i quali sono compresi i parchi fotovoltaici, sono opere di pubblica utilità ai sensi del Decreto Legislativo 29 dicembre 2003, n. 387 (Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità) e, pertanto, sono consentiti anche in aree classificate come Alvei fluviali in modellamento attivo ed aree golenali, ai sensi dell'art. 6 delle NTA del PAI, purché coerenti con gli obiettivi del Piano stesso.

Pertanto, in ogni caso, l'impianto in oggetto nella sua totalità è compatibile con le prescrizioni e le finalità del PAI.

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 stati reperiti i dati di pioggia della stazione pluviometrica di Altamura 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.



4. DESCRIZIONE DELLE INTERFERENZE

Con la sovrapposizione dei lotti di intervento, all'interno dei quali verranno collocati i pannelli fotovoltaici, con il reticolo idrografico sono stati individuati nove bacini idrografici di interesse, indicati nella figura che segue con la dicitura "BACINO n", con n che va da 1 a 9, ricadenti tutti all'interno del comune di Gravina in Puglia. Per il BACINO 3 sono stati individuati e studiati i rispettivi sottobacini BACINO 3 monte, BACINO 3' e BACINO 3'', come meglio si evidenzierà nel seguito.

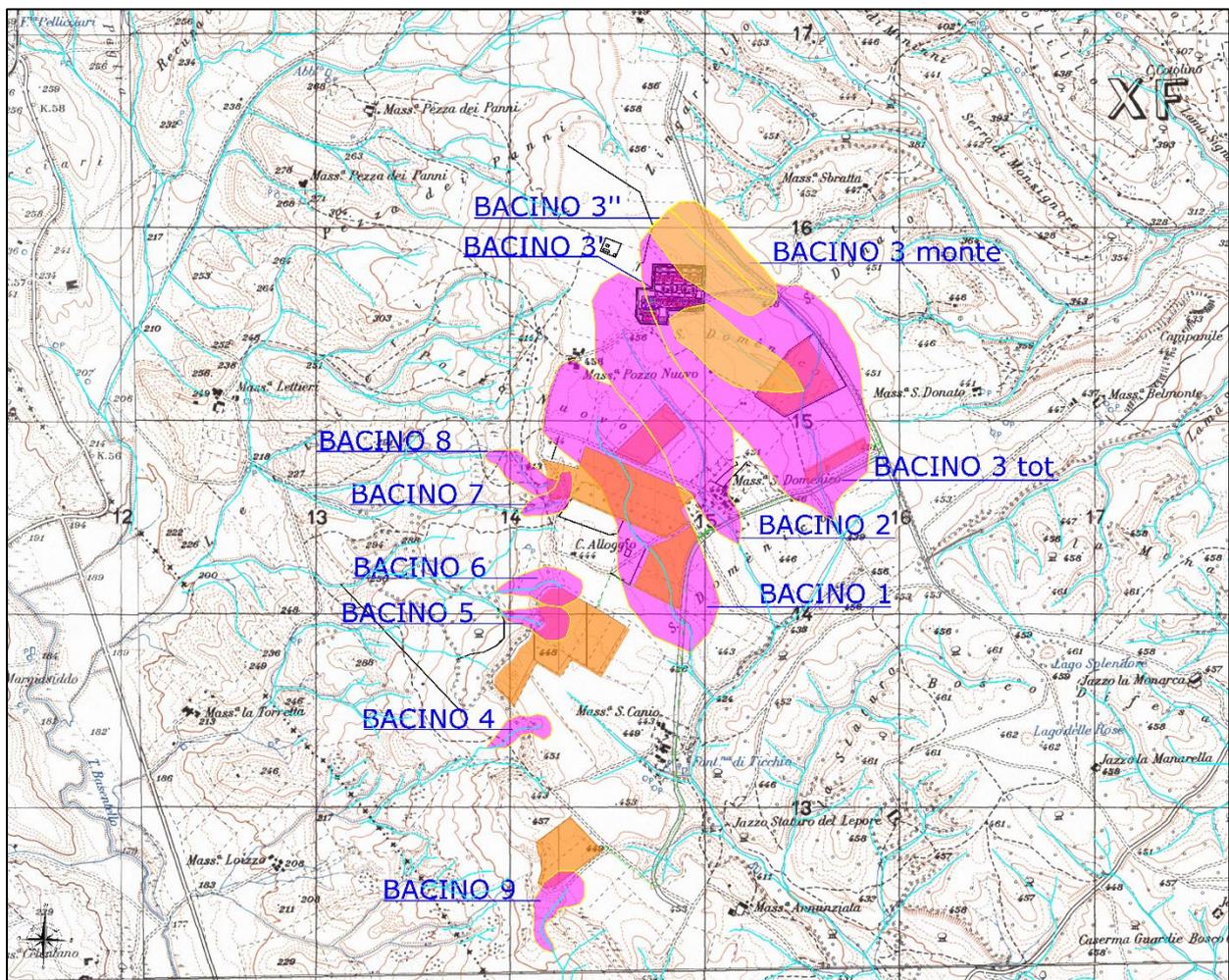


FIG 9 Inquadramento dei bacini idrografici dei reticoli idrografici ricadenti nei lotti sui quali si realizzerà l'impianto fotovoltaico - su IGM 1: 25.000



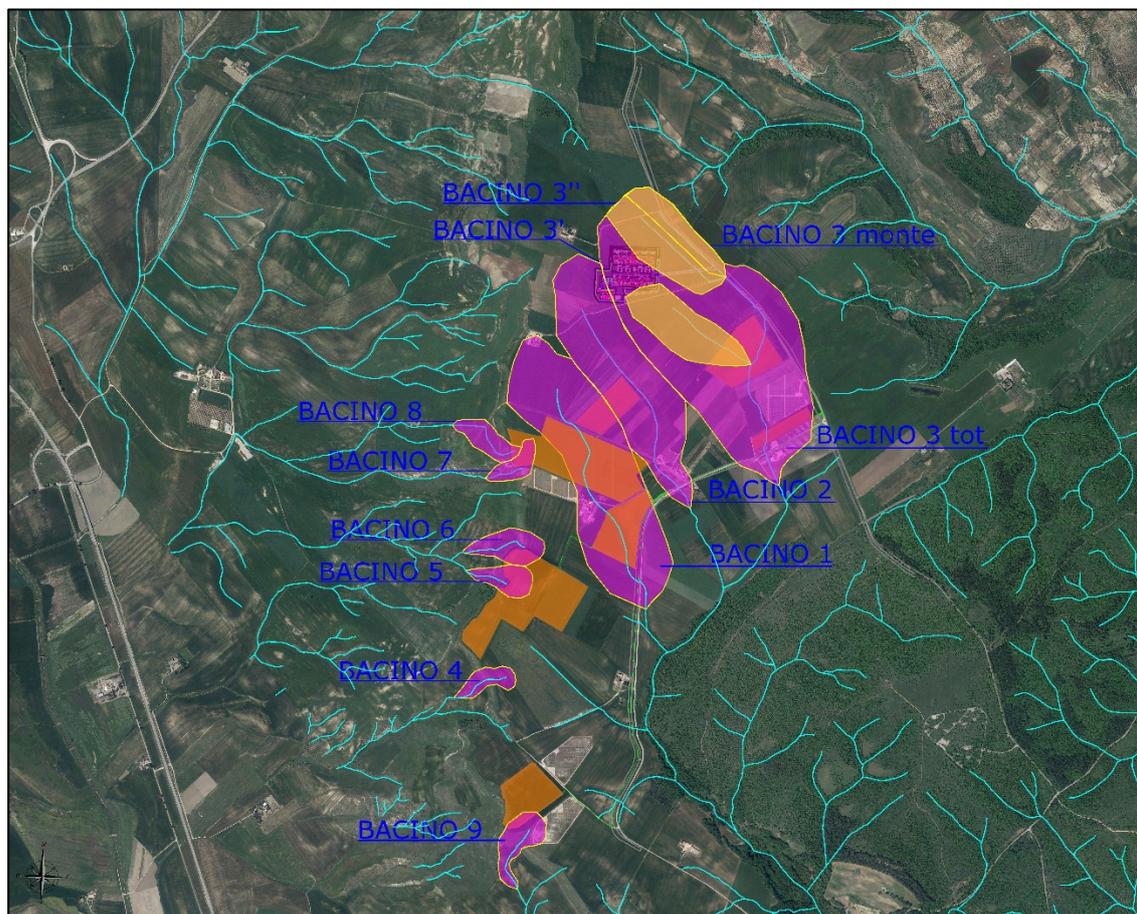


FIG 10 Inquadramento dei bacini idrografici dei reticoli idrografici ricadenti nei lotti sui quali si realizzerà l'impianto fotovoltaico - su ORTOFOTO

Con la sovrapposizione del cavidotto con il reticolo idrografico sono state individuate complessivamente otto intersezioni e due parallelismi ricadenti nei bacini idrografici studiati per i lotti che ospiteranno i pannelli fotovoltaici, riportati nelle figure precedenti.

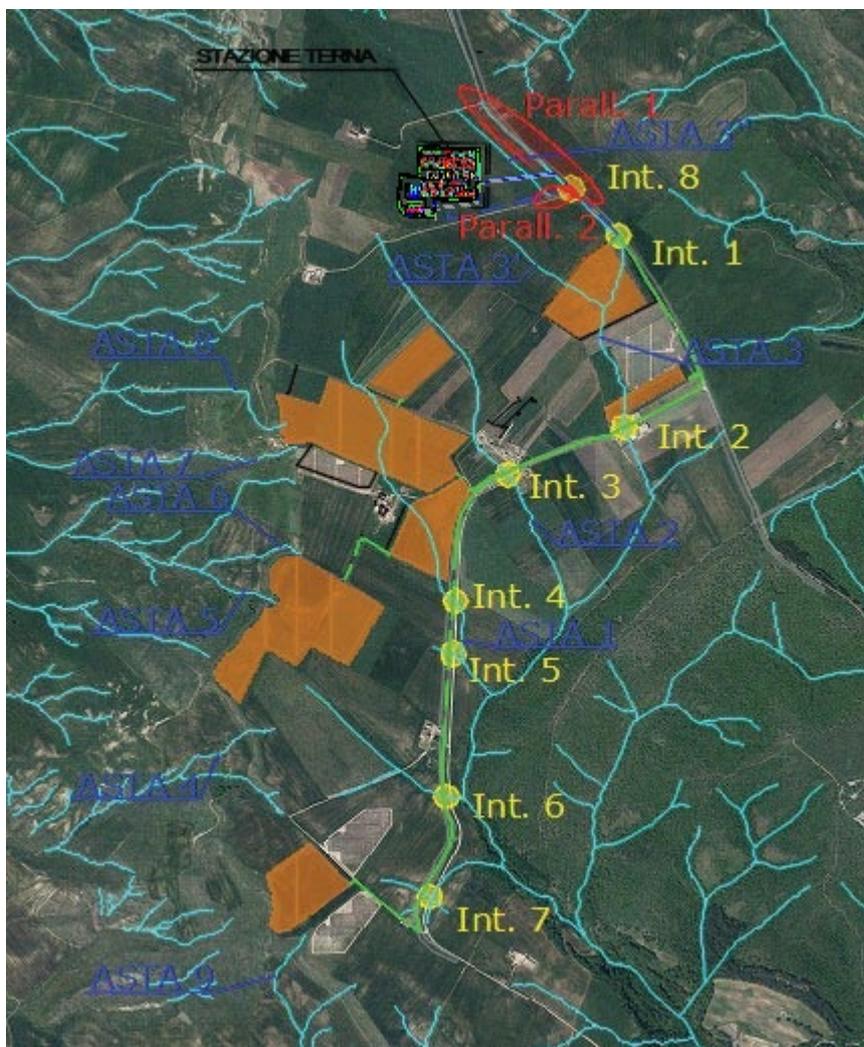
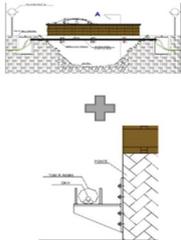
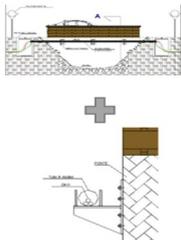
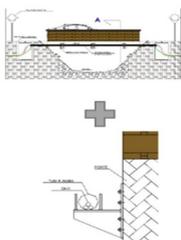
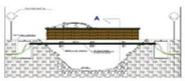
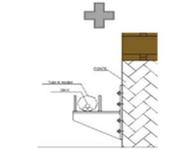
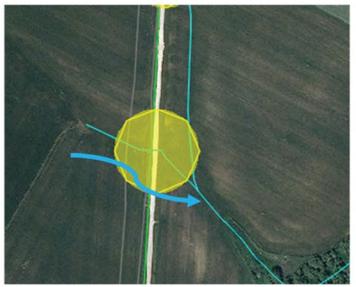
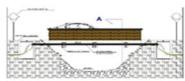
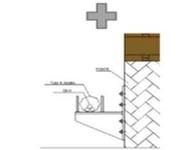
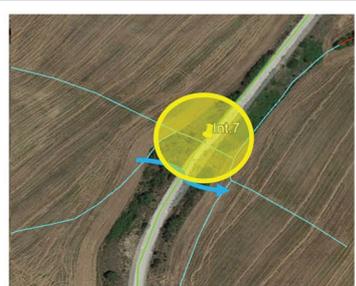
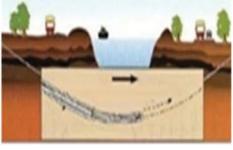
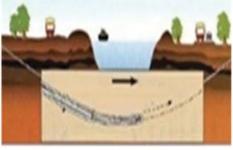


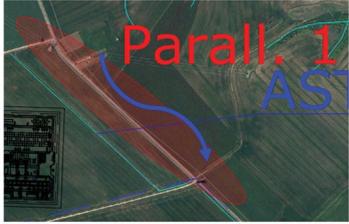
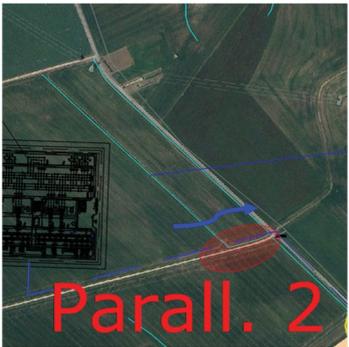
FIG 11 Individuazione delle interferenze e dei parallelismi dei cavidotti con il reticolo idrografico

4.1. Intersezioni cavidotto-reticoli idrografici

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.

N°	NOME	PLANIMETRIA	FOTO	TIPOLOGIA ATTRAV.
1	Interferenza con corso d'acqua da SP 193 verso impianto su strada di progetto			STAFFAGGIOLATO VALLE 
2	Contrada San Domenico - interferenza con corso d'acqua su opera di attraversamento			STAFFAGGIOLATO VALLE 
3	Contrada San Domenico - interferenza con corso d'acqua con opera di attraversamento			STAFFAGGIOLATO VALLE 

4	Contrada San Domenico - interferenza con corso d'acqua su opera di attraversamento			STAFFAGGIO LATO VALLE  
5	Contrada San Domenico - interferenza con corso d'acqua su opera di attraversamento			STAFFAGGIO LATO VALLE  
6	Contrada San Domenico - interferenza con corso d'acqua su opera di attraversamento			TOC 
7	Contrada San Domenico - interferenza con corso d'acqua su opera di attraversamento			TOC 
8	Interferenza con corso d'acqua su strada privata esistente			TOC 

N°	NOME	PLANIMETRIA	FOTO	TIPOLOGIA ATTRAV.
1	PARALLELISMO canale con SP 193			SCAVO SU STRADA ESISTENTE
2	PARALLELISMO canale con contrada Zingariello			SCAVO SU STRADA ESISTENTE

Le intersezioni saranno risolte nel modo seguente:

- per i parallelismi 1 e 2 si procederà con il posizionamento del cavidotto previo scavo e successivo rinterro su strada esistente;
- per le intersezioni 1, 2, 3, 4 e 5 e 2 si procederà staffaggio lato valle su opera di attraversamento esistente;
- per le intersezioni n.6, 7 e 8 si procederà con la trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.), ad una profondità minima di 2 m rispetto al fondo alveo, in maniera da non interferire minimamente sia con il deflusso superficiale che con gli eventuali scorrimenti in subalvea. In fase esecutiva si procederà con indagini in loco al fine di verificare la presenza di eventuali sotto-servizi per evitare possibili interferenze.



La scelta della tecnica della trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.) permette di evitare interferenze sul regime idraulico e di limitare l'impatto ambientale.

In prossimità del reticolo idrografico il cavidotto elettrico, posto alla profondità di minimo cm 150 dal piano stradale, verrà spinto oltre il reticolo con la tecnica della trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.).



FIG 12 Sistema di trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.).

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 (cp = 200 ÷ 500mm). 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.



FIG 13 Schema della fase di realizzazione del foro pilota.

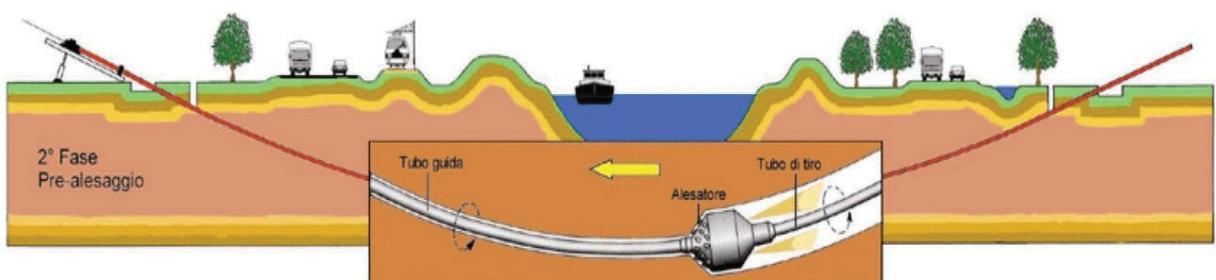


FIG 14 Schema della fase di trivellazione di allargamento del perforo.

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

5. DESCRIZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI

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

Bacino 1		
Lungh. dell'asta princ.	[Km]	1.42
H massima del bacino	[m]	458.00
H media del bacino	[m]	441.50
H sezione chiusura	[m]	425.00
H monte dell'asta	[m]	453.00
Superficie del Bacino	[Kmq]	0.60
Pendenza media dell'asta principale	[m/m]	0.02

Bacino 2		
Lungh. dell'asta princ.	[Km]	1.31
H massima del bacino	[m]	460.00
H media del bacino	[m]	449.00
H sezione chiusura	[m]	438.00
H monte dell'asta	[m]	456.00
Superficie del Bacino	[Kmq]	0.44
Pendenza media dell'asta principale	[m/m]	0.01

Bacino 3 tot		
Lungh. dell'asta princ.	[Km]	1.82
H massima del bacino	[m]	473.00
H media del bacino	[m]	455.50
H sezione chiusura	[m]	438.00
H monte dell'asta	[m]	453.00
Superficie del Bacino	[Kmq]	1.06
Pendenza media dell'asta principale	[m/m]	0.01



Bacino 3 monte		
Lungh. dell'asta princ.	[Km]	0.52
H massima del bacino	[m]	457.00
H media del bacino	[m]	452.50
H sezione chiusura	[m]	448.00
H monte dell'asta	[m]	453.00
Superficie del Bacino	[Kmq]	0.08
Pendenza media dell'asta principale	[m/m]	0.01

Bacino 3'		
Lungh. dell'asta princ.	[Km]	0.54
H massima del bacino	[m]	456.00
H media del bacino	[m]	450.00
H sezione chiusura	[m]	444.00
H monte dell'asta	[m]	454.00
Superficie del Bacino	[Kmq]	0.15
Pendenza media dell'asta principale	[m/m]	0.02

Bacino 3''		
Lungh. dell'asta princ.	[Km]	0.60
H massima del bacino	[m]	456.00
H media del bacino	[m]	452.00
H sezione chiusura	[m]	448.00
H monte dell'asta	[m]	451.00
Superficie del Bacino	[Kmq]	0.12
Pendenza media dell'asta principale	[m/m]	0.005



Bacino 4		
Lungh. dell'asta princ.	[Km]	0.33
H massima del bacino	[m]	545.00
H media del bacino	[m]	469.50
H sezione chiusura	[m]	394.00
H monte dell'asta	[m]	450.00
Superficie del Bacino	[Kmq]	0.03
Pendenza media dell'asta principale	[m/m]	0.17

Bacino 5		
Lungh. dell'asta princ.	[Km]	0.24
H massima del bacino	[m]	445.00
H media del bacino	[m]	410.00
H sezione chiusura	[m]	375.00
H monte dell'asta	[m]	438.00
Superficie del Bacino	[Kmq]	0.04
Pendenza media dell'asta principale	[m/m]	0.26

Bacino 6		
Lungh. dell'asta princ.	[Km]	0.37
H massima del bacino	[m]	445.00
H media del bacino	[m]	410.00
H sezione chiusura	[m]	375.00
H monte dell'asta	[m]	438.00
Superficie del Bacino	[Kmq]	0.06
Pendenza media dell'asta principale	[m/m]	0.17



Bacino 7		
Lungh. dell'asta princ.	[Km]	0.22
H massima del bacino	[m]	454.00
H media del bacino	[m]	429.50
H sezione chiusura	[m]	405.00
H monte dell'asta	[m]	440.00
Superficie del Bacino	[Kmq]	0.03
Pendenza media dell'asta principale	[m/m]	0.16

Bacino 8		
Lungh. dell'asta princ.	[Km]	0.44
H massima del bacino	[m]	450.00
H media del bacino	[m]	412.50
H sezione chiusura	[m]	375.00
H monte dell'asta	[m]	440.00
Superficie del Bacino	[Kmq]	0.04
Pendenza media dell'asta principale	[m/m]	0.15

Bacino 9		
Lungh. dell'asta princ.	[Km]	0.20
H massima del bacino	[m]	457.00
H media del bacino	[m]	430.00
H sezione chiusura	[m]	403.00
H monte dell'asta	[m]	450.00
Superficie del Bacino	[Kmq]	0.06
Pendenza media dell'asta principale	[m/m]	0.24



6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DEL BACINO DI STUDIO

L'area interessata dai bacini analizzati, compreso quelli scelti per le successive modellazioni idrauliche, ricade nel foglio 188 della Carta Geologica d'Italia (Gravina in Puglia), scala 1:100.000. (https://sgi.isprambiente.it/geologia100k/mostra_foglio.aspx?numero_foglio=188)

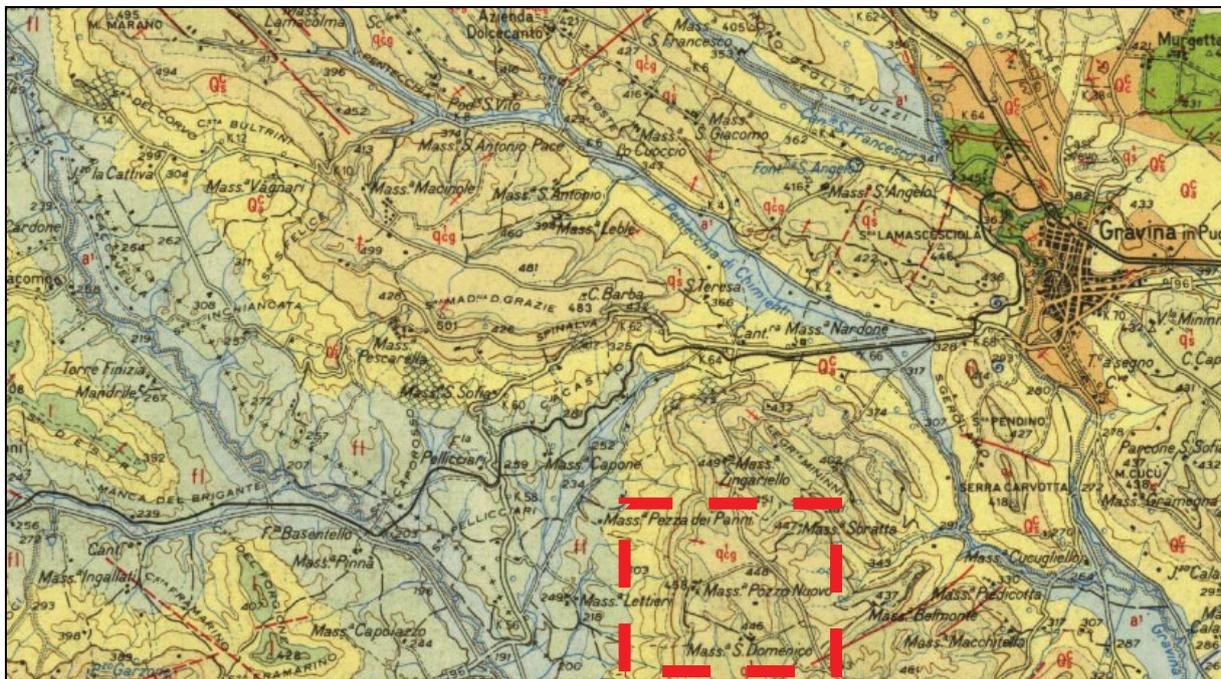


FIG 15 Stralcio della carta geologica d'Italia (F.188, scala 1:100.000).

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

Conglomerato di chiusura del ciclo sedimentario plio-pleistocenico, poligenico, con ciottoli anche di rocce cristalline, con intercalazioni, in prevalenza alla base, di lenti sabbiose ed argillose. Macrofauna a: gasteropodi (Turritellidae), lomalibranchi (Pectinidae), brachiopodi, briozoi, coralli, litolamni. Microfauna a foraminiferi: *Elphidium advenum* cust., *Bulimina inflata* sic., *Cassidulina laevigata carinata* sub., *Rotalia* sp., SICILIANO (?) - CALABRIANO (Q_{6g}). Nella metà orientale del foglio la formazione acquista caratteri di continentalità: conglomerati alluvionali poligenici con evidente stratificazione incrociata e lenti sabbiose ocracee o rossastre. VILLAFRANCHIANO (Q_{6g}). CONGLOMERATO DI IRSINA.

Alluvioni terrazzate, di ambiente fluvio-lacustre, costituite in prevalenza da sedimenti silicei, con lenti di sabbie e ciottoli.

7. USO DEL SUOLO

Per lo studio dell'uso del suolo del territorio sono stati reperiti i dati disponibili sul sito del SIT Puglia

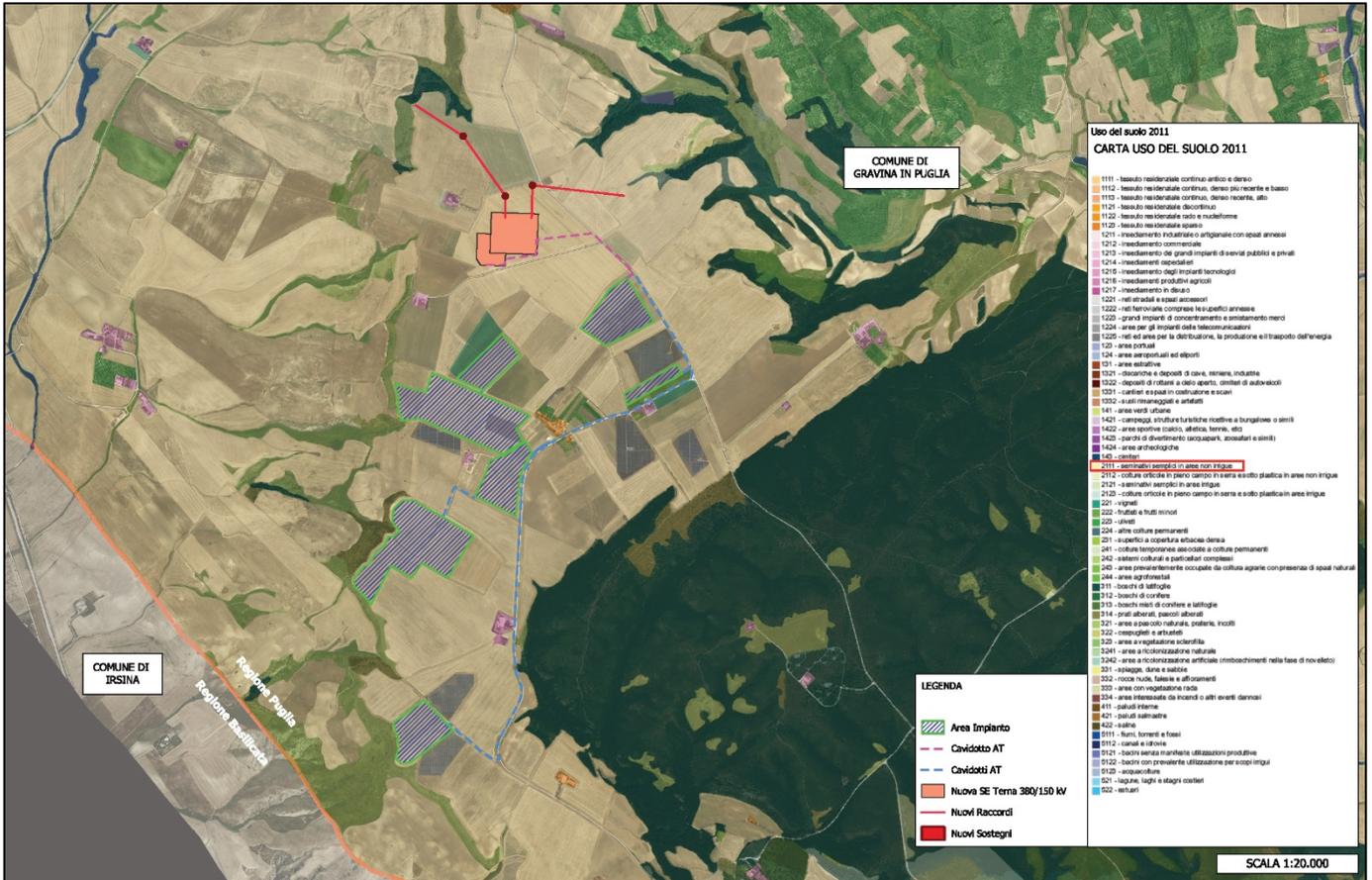


FIG 16 Stralcio Carta Uso del suolo con individuazione delle aree di studio

L'area di interesse si evince che risulta principalmente utilizzata per seminativi in aree non irrigue (2111).

8. ANALISI REGIONALE DELLE PIOGGE IN PUGLIA

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, 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 del territorio pugliese centro-meridionale, territorio nel quale ricade il bacino oggetto di studio.

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



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 e 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 δ^* e A^* 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 $A1$ 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 δ^* e A^* . Questi parametri non possono essere stimati da un numero ristretto di serie di dati, per cui l'analisi parte dalla possibilità di considerare le 66 stazioni come appartenenti ad un'unica zona al primo livello. I risultati ottenuti dall'analisi del I° livello e II° livello di regionalizzazione sono stati ricavati con riferimento ad un'ipotesi di invarianza dei parametri δ^* e A^* .

L'analisi del primo livello suggerisce la presenza di un'unica zona omogenea comprensiva di tutte le stazioni della regione.

Analogamente alla procedura operata al primo livello di regionalizzazione, la successiva verifica dell'ipotesi di un'unica zona omogenea è stata effettuata attraverso il confronto delle distribuzioni di frequenza cumulata dei valori osservati del coefficiente di variazione CV e di quelli generati, ottenendo



un ottimo risultato che convalida ulteriormente l'ipotesi di intera regione omogenea con un valore costante di A1. Alla luce di tali risultati, è stato possibile assumere realistica l'ipotesi di un'unica zona omogenea al primo e al secondo livello di regionalizzazione.

Nel riquadro a seguire si riportano i valori numerici dei parametri di interesse per lo studio.

	δ^*	A^*	A_1
Puglia centro meridionale	2.121	0.353	17.55

Tabella 1- Parametri d'interesse.

La distribuzione regionale della probabilità cumulata del massimo annuale di precipitazione di assegnata durata $X_{d,TR}$ viene espressa in funzione di una quantità K_{TR} , detta fattore probabilistico di crescita, funzione del periodo di ritorno TR e indipendente dalla durata.

Tale fattore è, in generale, funzione del tempo di ritorno TR ed è definito dal rapporto seguente:

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

essendo $X_{d,TR}$ il massimo annuale di precipitazione per assegnata durata e tempo di ritorno.

La curva di distribuzione di probabilità di tale rapporto ha caratteristiche regionali in quanto è unica nell'ambito della regione nella quale sono costanti i parametri della distribuzione di probabilità della $X_{d,TR}$. 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 TR ed il fattore di crescita K_{TR} , potendo ritenere trascurabile la variabilità del fattore di crescita con la durata. Infatti, calcolando, nelle stazioni disponibili, le medie pesate dei coefficienti di asimmetria e dei coefficienti di variazione alle diverse durate, si osserva una variabilità inferiore a quella campionaria.

L'indipendenza dalla durata di K_{TR} autorizza ad estendere anche alle piogge orarie, i risultati ottenuti con riferimento alle piogge giornaliere ai primi due livelli di regionalizzazione.



Sulla scorta dei valori regionali dei parametri 8^* , A^* e $A1$, è possibile calcolare la curva di crescita per la Puglia centro – meridionale, anche se tale fattore può essere calcolata in funzione di TR attraverso una approssimazione asintotica della curva di crescita, che ha la seguente forma:

$$K_{TR} = a + b * \ln(T_R)$$

in cui i parametri a e b sono esprimibili in funzione dei valori regionali di 8^* , A^* e $A1$.

Per la Puglia settentrionale, l'espressione della curva di crescita approssimata attraverso la relazione precedente è, quindi, la seguente:

$$K_T = 0.5648 + 0.415 * \ln T_R \quad (1)$$

Per la Puglia centro-meridionale, l'espressione della curva di crescita approssimata attraverso la relazione precedente è, invece, la seguente:

$$K_T = 0.1599 + 0.5166 * \ln T_R \quad (2)$$

anche se va rimarcato come l'utilizzo di questa approssimazione comporta una sottostima del fattore di crescita, con valori superiori al 10% per $T < 50$ anni e superiori al 5% per $T < 100$ anni.

Nel terzo livello di analisi regionale viene analizzata la variabilità spaziale del parametro di posizione (media, moda, mediana) delle serie storiche in relazione a fattori locali. Nell'analisi delle piogge orarie, in analogia ai risultati classici della statistica idrologica, per ogni sito è possibile legare il valore medio $\mu(X_t)$ dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata alle durate stesse, attraverso la relazione:

$$\mu(X_d) = ad^n$$

essendo a ed n due parametri variabili da sito a sito. Ad essa si dà il nome di curva di probabilità pluviometrica.

Per l'intera regione pugliese si hanno le seguenti zone omogenee di 3° livello:

- nell'area della Puglia settentrionale, il VAPI Puglia fornisce l'individuazione di 4 aree omogenee dal punto di vista del legame fra altezza di precipitazione giornaliera $\mu(X_g)$ e quota. Ognuna di esse è caratterizzata da una correlazione lineare con elevati valori dell'indice di determinazione tra i valori $\mu(X_g)$ e le quote sul mare h:



ZONA 1-3	$\mu(h,t) = at^{(ch+D+lna-lna)/ln24}$
ZONA 2-4	$\mu(h,t) = at^n$

Tabella 2- Correlazione tra μ (Xg) e la durata di precipitazione.

in cui C e D sono parametri che dipendono dall'area omogenea;

- nell'area centro-meridionale della Puglia, il VAPI fornisce l'individuazione di una analoga dipendenza della precipitazione giornaliera dalla quota sul livello medio mare per le 66 stazioni pluviometriche esaminate nella regione.

Il territorio è suddivisibile in due sottozone omogenee individuate dal Nord-Barese - Murgia Centrale e dalla Penisola Salentina, contrassegnate rispettivamente come zona 5 e zona 6, in continuità con quanto visto in Puglia Settentrionale.

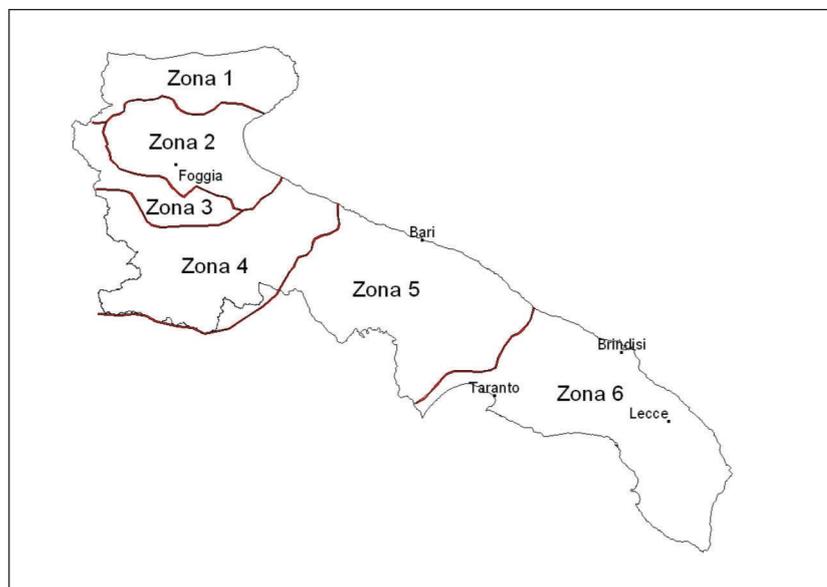


FIG 17 Regione Puglia: zone omogenee al 3° livello.

Alla luce di quanto fin qui esposto, la relazione che lega l'altezza media di precipitazione alla durata ed alla quota del sito, per le due aree in esame, è generalizzata nella forma:

$$\mu(X_d) = a d^{(C h + D + \ln \alpha - \ln a) / \ln 24} \quad (3)$$

in cui a è il valor medio, pesato sugli anni di funzionamento, dei valori di $\mu(X_d)$ relativi alle serie con $N > 10$ anni ricadenti in ciascuna zona omogenea e $\alpha = x_g/x_{24}$ è il rapporto fra le medie delle piogge giornaliere e quelle di durata 24 ore per serie storiche di pari numerosità.

Per la Puglia il valore del coefficiente α è risultato praticamente costante sull'intera regione e pari a 0.89; C e D rappresentano invece i coefficienti della regressione lineare fra il valor medio dei massimi annuali delle piogge giornaliere e la quota sul livello del mare. Per le zone individuate, i valori dei parametri sono riportati nel riquadro a seguire (cfr. Tabella 3).

Zona	α	a	C	D	N
1	0,89	28,66	0,00503	3,959	-
2	0,89	22,23	-	-	0,247
3	0,89	25,325	0,000531	3,811	-
4	0,89	24,7	-	-	0,256
5	0,89	28,2	0,0002	4,0837	-
6	0,89	33,7	0,0022	4,1223	-

Tabella 3 - Coefficienti del 3° livello di regionalizzazione.

Quindi, per ottenere l'altezza di precipitazione della zona di interesse si deve moltiplicare il fattore di crescita (K_T) per la precipitazione media:

$$h = K_T \cdot \mu(X_d) \quad (4)$$

8.1. Curve di possibilità climatica

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

Per la determinazione delle curve di possibilità climatiche con il metodo di Gumbel si è fatto riferimento alla stazione pluviometrica che interessa il bacino idrografico di interesse, la stazione pluviometrica di **Altamura**, che interessa interamente il bacino idrografico di interesse e di cui si riporta l'annale idrologico.



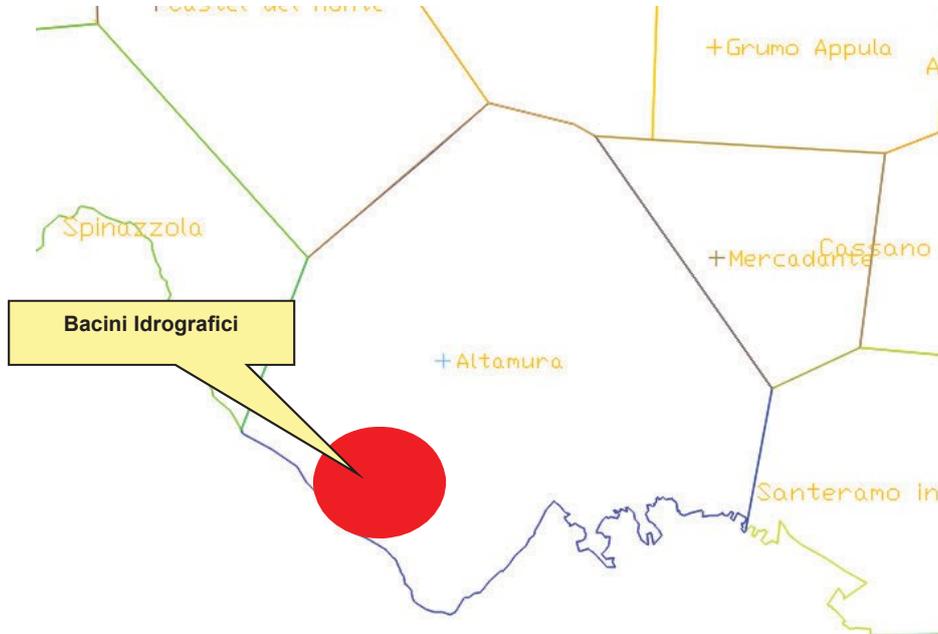


FIG 18 – Inquadramento del bacino idrografico nel poligono di Thiessen di Altamura.

Stazione di:	ALTAMURA				
anni	durate [ore]				
	1	3	6	12	24
1952	23.8	28.0	28.0	28.0	44.2
1954	22.2	30.0	38.6	60.6	91.2
1956	20.0	25.6	27.2	27.2	29.8
1957	34.8	53.4	58.2	63.2	81.8
1958	21.0	30.0	35.4	39.6	45.0
1959	23.6	40.0	51.0	78.4	138.6
1960	22.0	24.2	30.0	32.0	44.6
1961	31.8	32.8	39.2	54.0	61.4
1962	30.2	30.2	30.4	34.4	43.2
1963	54.6	66.6	71.2	88.6	96.6
1964	38.4	38.4	43.0	44.4	74.2
1965	29.0	29.0	29.2	29.4	33.2
1966	11.0	19.2	25.0	29.8	31.0
1967	27.0	27.0	27.0	27.0	40.8
1968	16.6	24.2	25.4	25.4	30.6
1970	30.0	36.0	36.6	37.6	45.8
1971	31.0	46.4	46.4	46.4	50.6
1972	51.6	58.0	67.0	76.4	76.8

1973	22.2	27.2	28.2	29.6	42.4
1974	18.2	25.2	30.0	42.6	43.8
1975	30.4	42.6	54.2	57.4	57.8
1976	17.2	25.0	27.8	33.6	39.8
1977	11.8	13.2	19.2	28.8	40.0
1978	18.0	19.2	22.0	28.8	34.2
1979	26.4	26.8	30.6	41.6	57.0
1980	31.0	37.8	38.0	42.0	62.2
1981	23.4	25.8	26.8	26.8	43.8
1982	25.6	37.6	39.8	52.4	69.4
1983	20.4	29.0	29.8	35.4	42.0
1984	13.8	19.0	28.0	46.2	62.2
1985	11.2	15.2	23.0	23.0	39.0
1986	>>	>>	>>	>>	35.2
1987	30.4	30.4	30.4	30.4	41.4
1988	26.0	47.6	57.6	60.4	66.6
1989	>>	>>	>>	>>	34.6
1990	13.6	32.2	55.8	90.0	112.4
1991	38.2	41.6	41.6	41.6	41.6
1992	20.0	22.2	27.6	27.8	33.0
1993	31.6	43.8	43.8	43.8	43.8
1994	39.8	46.4	46.4	56.2	66.4
1995	24.4	26.6	27.2	27.6	33.0
1996	28.2	28.2	28.2	29.0	29.2
1998	30.8	33.8	33.8	33.8	45.6
1999	70.4	77.8	78.0	78.0	90.8
2000	29.6	35.8	44.2	65.4	109.0
2001	11.0	18.4	22.8	36.8	43.2
2002	16.4	31.2	37.6	48.4	50.2
2003	48.6	49.6	49.6	49.6	49.6
2004	27.2	30.0	36.4	39.0	44.4
2005	30.2	32.4	32.6	32.6	32.6
2006	16.8	21.4	24.6	35.8	42.4
2007	39.4	51.4	63.8	79.4	86.2
2008	25.0	37.4	51.0	61.8	92.2
2009	52.6	59.6	59.6	59.6	59.6
2010	35.0	63.0	79.8	83.8	84.0
2011	49.4	51.6	62.2	89.0	107.2
2012	38.8	39	39.0	52.0	63.8

Per la determinazione delle curve di possibilità pluviometriche con il metodo VAPI si è verificato che l'area d'intervento si trova per la maggior parte nella **zona 5** (cfr. immagine seguente). Pertanto, si è applicata la relazione (3) e utilizzando i valori della Tabella 3 relativi alla zona 5.



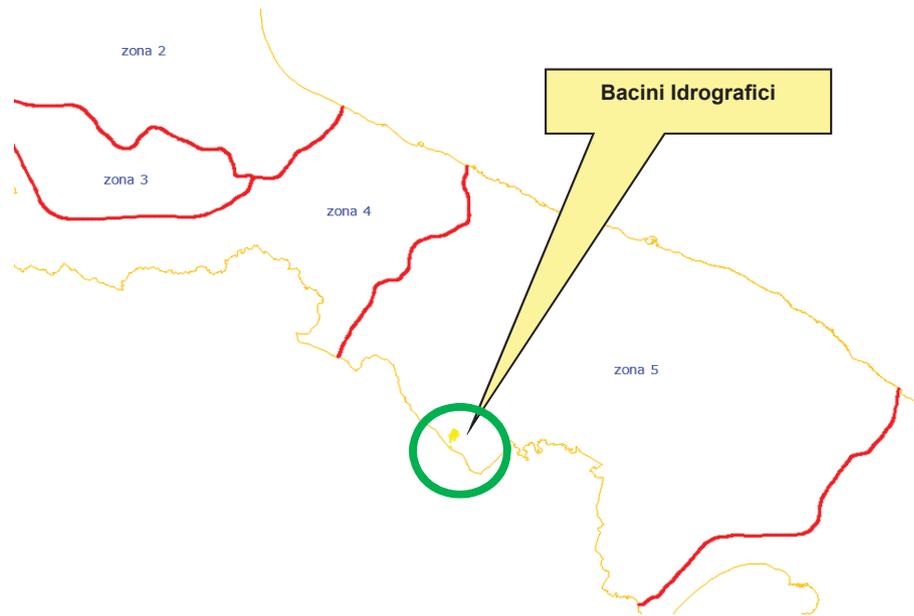


FIG 19 Zona VAPI di interesse del bacino idrografico.

Quindi, per la determinazione delle curve di possibilità pluviometrica si utilizza la seguente relazione:

$$x(t,z) = 28.2 t^{[0.0002z+4.0837+\ln 0.89-\ln 28.2] / \ln 24} \quad (5)$$

L'elaborazione dei dati pluviometrici ha condotto alla determinazione delle curve di possibilità climatica per i differenti tempi di ritorno.

Si riportano di seguito delle tabelle riassuntive relative alle altezze di pioggia ricavate utilizzando la metodologia VAPI e quella della distribuzione probabilistica di Gumbel (cfr. tabelle seguenti):

Bacino 1

Tr = 30 – Stazione di Altamura					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	54.997	64.863	72.415	88.012	110.861
VAPI	54.058	69.247	80.957	94.646	110.650

Tabella 4 – Tr = 30 anni - Altezze di pioggia (mm).

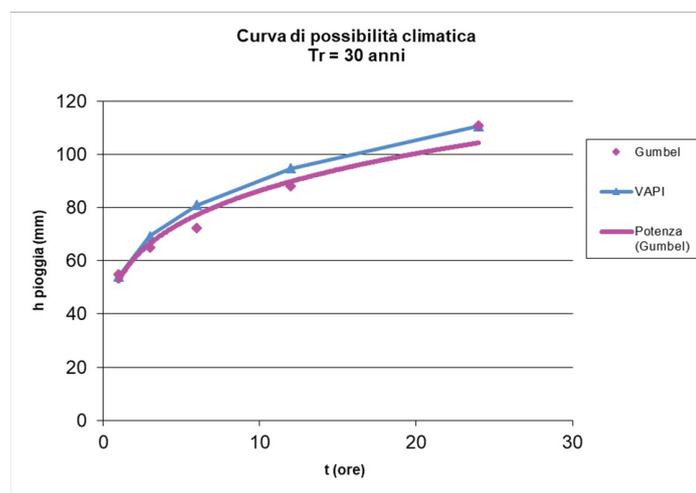
Tr = 200 – Stazione di Altamura					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	73.112	85.086	94.736	116.218	147.751
VAPI	81.696	104.650	122.346	143.034	167.221

Tabella 5 – Tr = 200 anni - Altezze di pioggia (mm).

Tr = 500 – Stazione di Altamura					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	81.810	94.796	105.453	129.760	165.464
VAPI	95.044	121.749	142.337	166.405	194.543

Tabella 6 – Tr = 500 anni - Altezze di pioggia (mm).

Nelle figure seguenti (cfr. figure seguenti) si riportano le curve di possibilità climatiche ricavate in corrispondenza dei diversi tempi di ritorno adottati, per il bacino in analisi. Tali curve sono quelle utilizzate successivamente per la valutazione delle portate di piena in corrispondenza della sezione di chiusura del bacino di interesse.



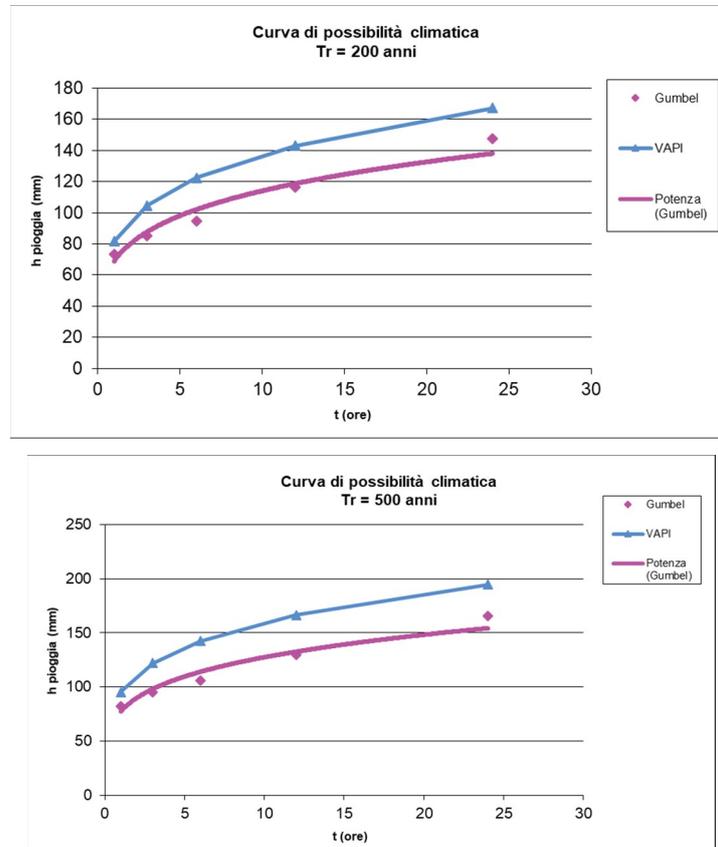


FIG 20 Curve di possibilità climatica ai diversi tempi di ritorno.

Bacino 2

Tr = 30 – Stazione di Altamura					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	54.997	64.863	72.415	88.012	110.861
VAPI	54.058	69.283	81.025	94.757	110.816

Tabella 7 – Tr = 30 anni - Altezze di pioggia (mm).

Tr = 200 – Stazione di Altamura					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	73.112	85.086	94.736	116.218	147.751
VAPI	81.696	104.704	122.449	143.202	167.472

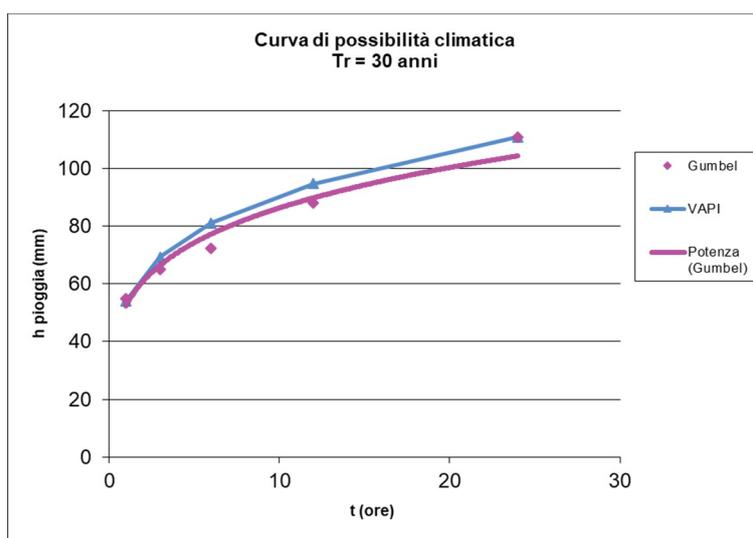
Tabella 8 – Tr = 200 anni - Altezze di pioggia (mm).



Tr = 500 – Stazione di Altamura					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	81.810	94.796	105.453	129.760	165.464
VAPI	95.044	121.812	142.457	166.600	194.836

Tabella 9 – Tr = 500 anni - Altezze di pioggia (mm).

Nelle figure seguenti (cfr. figure seguenti) si riportano le curve di possibilità climatiche ricavate in corrispondenza dei diversi tempi di ritorno adottati, per il bacino in analisi. Tali curve sono quelle utilizzate successivamente per la valutazione delle portate di piena in corrispondenza della sezione di chiusura del bacino di interesse.



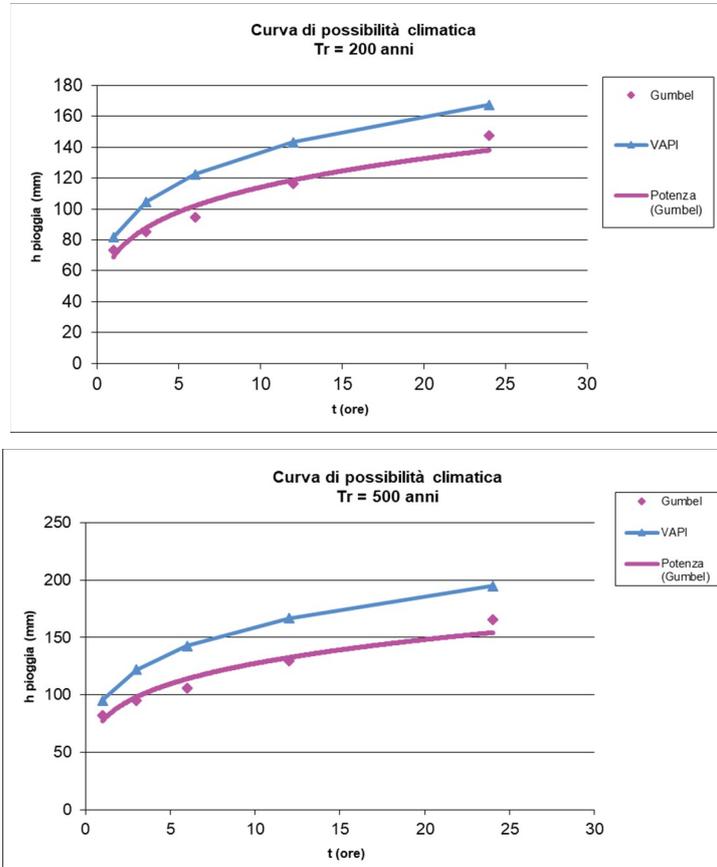


FIG 21 Curve di possibilità climatica ai diversi tempi di ritorno.

Bacino 3 TOT

Tr = 30 – Stazione di Altamura					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	54.997	64.863	72.415	88.012	110.861
VAPI	54.058	69.314	81.084	94.853	110.960

Tabella 10 – Tr = 30 anni - Altezze di pioggia (mm).

Tr = 200 – Stazione di Altamura					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	73.112	85.086	94.736	116.218	147.751
VAPI	81.696	104.751	122.539	143.348	167.689

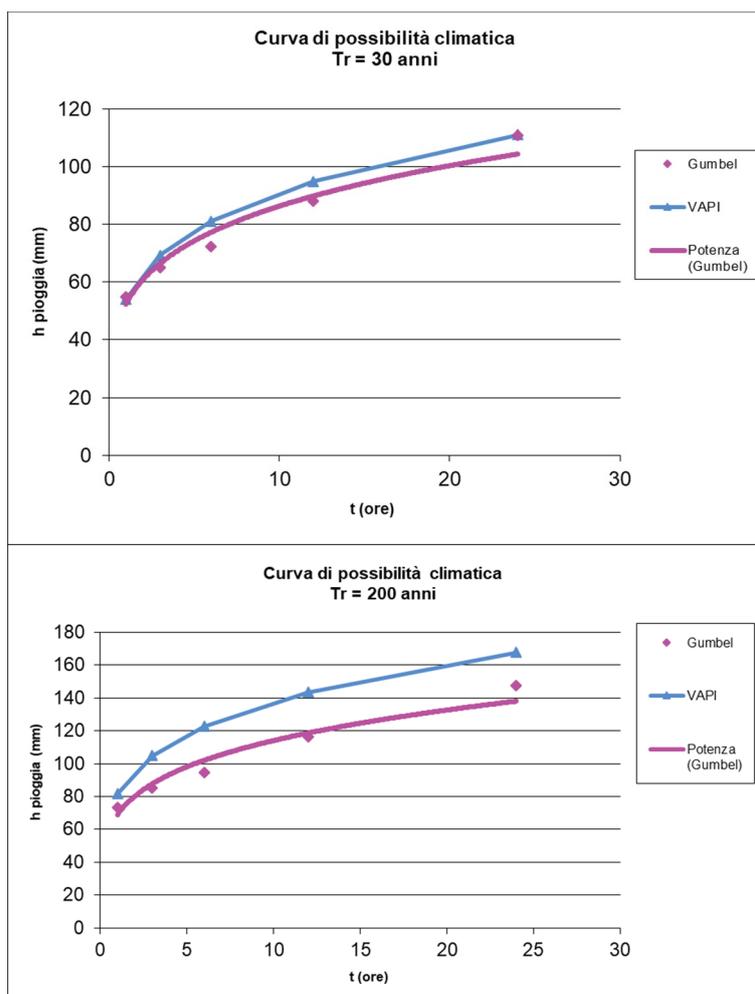
Tabella 11 – Tr = 200 anni - Altezze di pioggia (mm).



Tr = 500 – Stazione di Altamura					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	81.810	94.796	105.453	129.760	165.464
VAPI	95.044	121.867	142.561	166.770	195.089

Tabella 12 – Tr = 500 anni - Altezze di pioggia (mm).

Nelle figure seguenti (cfr. figure seguenti) si riportano le curve di possibilità climatiche ricavate in corrispondenza dei diversi tempi di ritorno adottati, per il bacino in analisi. Tali curve sono quelle utilizzate successivamente per la valutazione delle portate di piena in corrispondenza della sezione di chiusura del bacino di interesse.



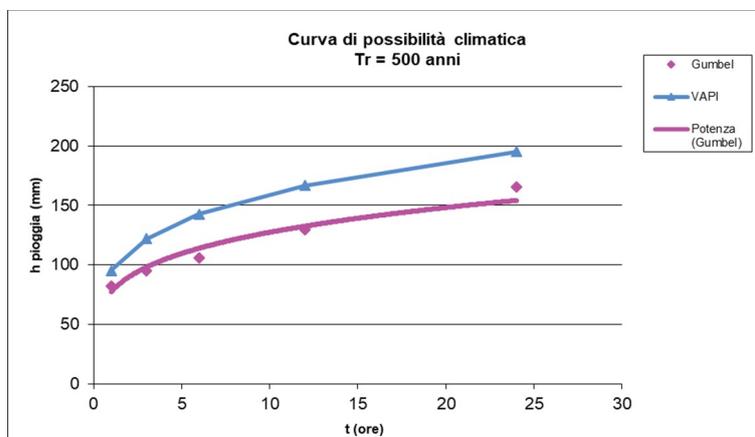


FIG 22 Curve di possibilità climatica ai diversi tempi di ritorno.

Bacino 4

Tr = 30 – Stazione di Altamura					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	54.997	64.863	72.415	88.012	110.861
VAPI	54.058	69.381	81.213	95.061	111.272

Tabella 13 – Tr = 30 anni - Altezze di pioggia (mm).

Tr = 200 – Stazione di Altamura					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	73.112	85.086	94.736	116.218	147.751
VAPI	81.696	104.853	122.733	143.662	168.160

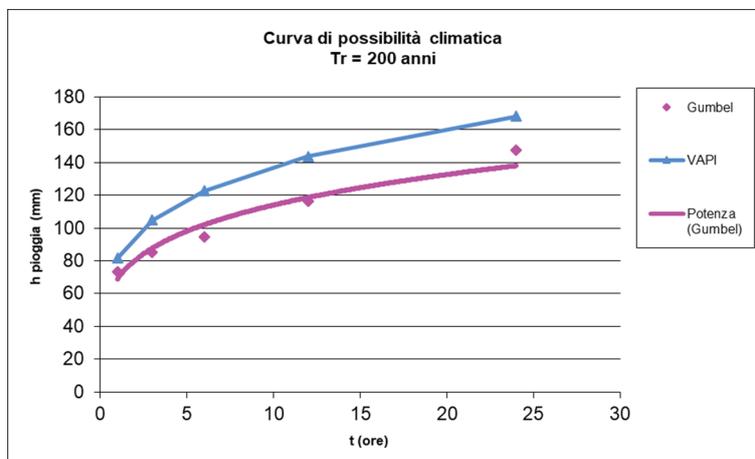
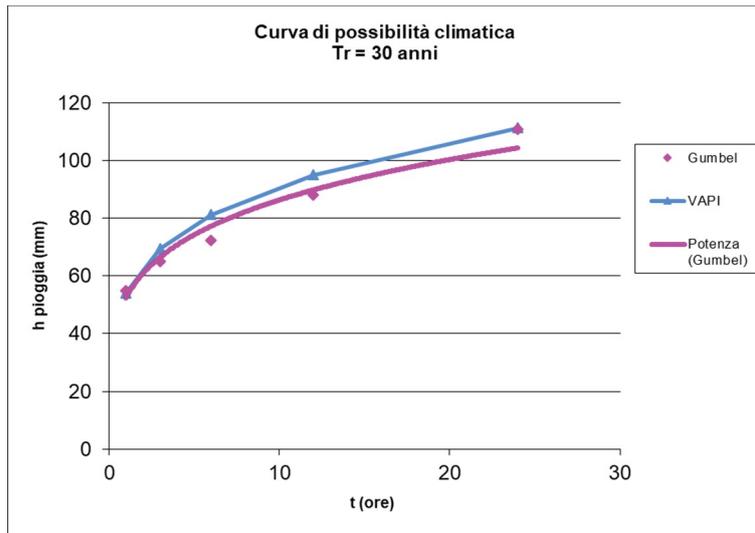
Tabella 14 – Tr = 200 anni - Altezze di pioggia (mm).

Tr = 500 – Stazione di Altamura					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	81.810	94.796	105.453	129.760	165.464
VAPI	95.044	121.985	142.787	167.135	195.636

Tabella 15 – Tr = 500 anni - Altezze di pioggia (mm).



Nelle figure seguenti (cfr. figure seguenti) si riportano le curve di possibilità climatiche ricavate in corrispondenza dei diversi tempi di ritorno adottati, per il bacino in analisi. Tali curve sono quelle utilizzate successivamente per la valutazione delle portate di piena in corrispondenza della sezione di chiusura del bacino di interesse.



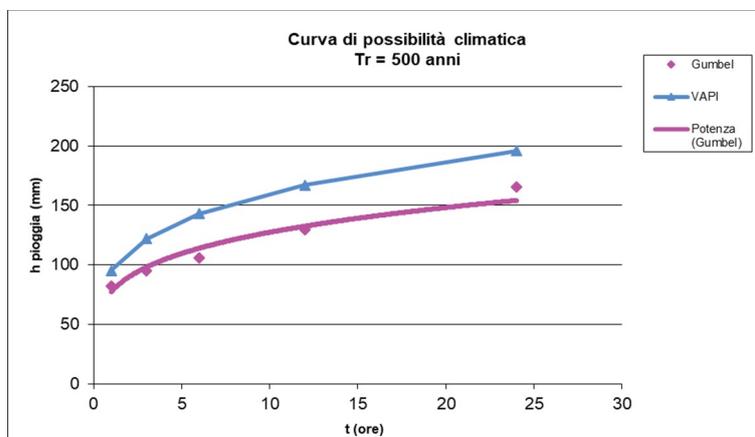


FIG 23 Curve di possibilità climatica ai diversi tempi di ritorno.

Bacino 5

Tr = 30 – Stazione di Altamura					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	54.997	64.863	72.415	88.012	110.861
VAPI	54.058	69.096	80.669	94.181	109.955

Tabella 16 – Tr = 30 anni - Altezze di pioggia (mm).

Tr = 200 – Stazione di Altamura					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	73.112	85.086	94.736	116.218	147.751
VAPI	81.696	104.422	121.912	142.331	166.170

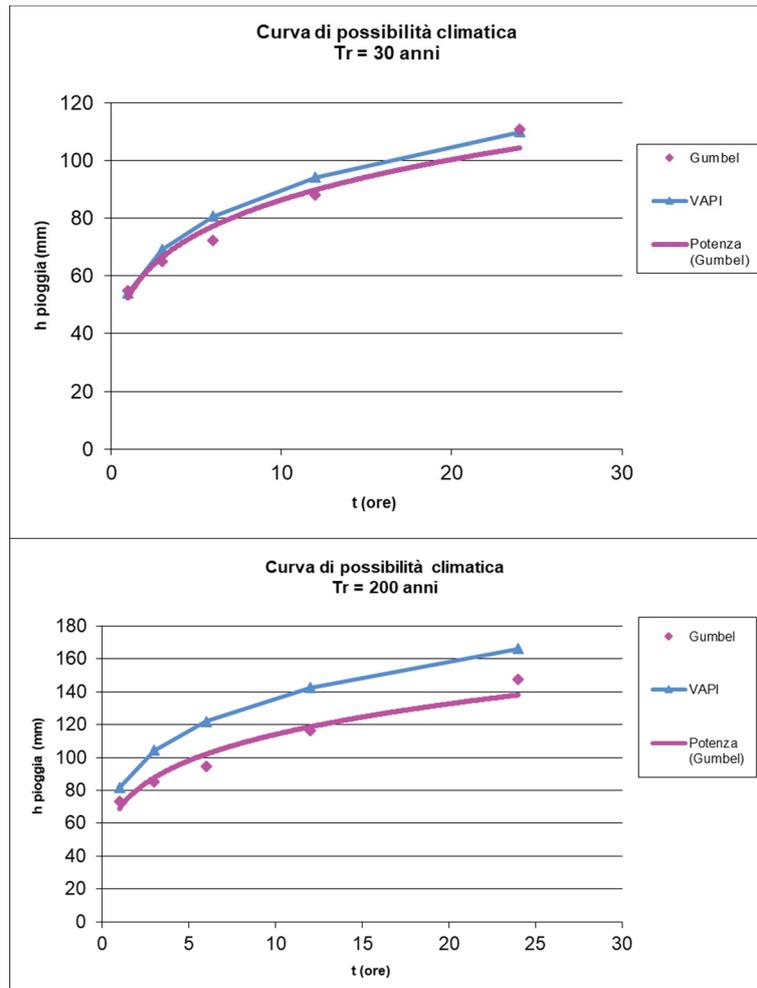
Tabella 17 – Tr = 200 anni - Altezze di pioggia (mm).

Tr = 500 – Stazione di Altamura					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	81.810	94.796	105.453	129.760	165.464
VAPI	95.044	121.484	141.832	165.587	193.322

Tabella 18 – Tr = 500 anni - Altezze di pioggia (mm).



Nelle figure seguenti (cfr. figure seguenti) si riportano le curve di possibilità climatiche ricavate in corrispondenza dei diversi tempi di ritorno adottati, per il bacino in analisi. Tali curve sono quelle utilizzate successivamente per la valutazione delle portate di piena in corrispondenza della sezione di chiusura del bacino di interesse.



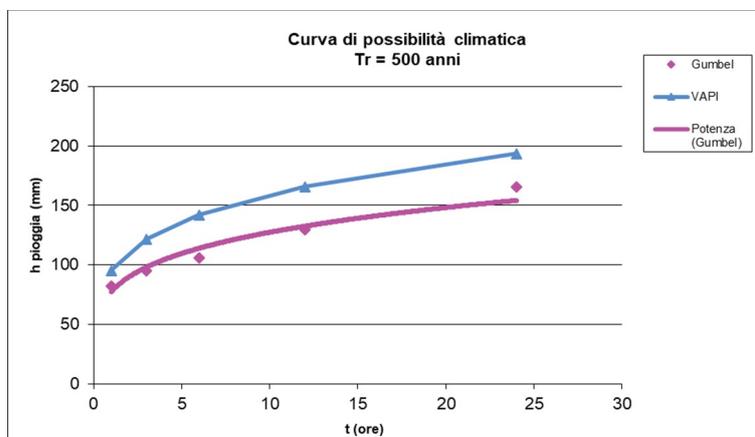


FIG 24 Curve di possibilità climatica ai diversi tempi di ritorno.

Bacino 6

Tr = 30 – Stazione di Altamura					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	54.997	64.863	72.415	88.012	110.861
VAPI	54.058	69.096	80.669	94.181	109.955

Tabella 19 – Tr = 30 anni - Altezze di pioggia (mm).

Tr = 200 – Stazione di Altamura					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	73.112	85.086	94.736	116.218	147.751
VAPI	81.696	104.422	121.912	142.331	166.170

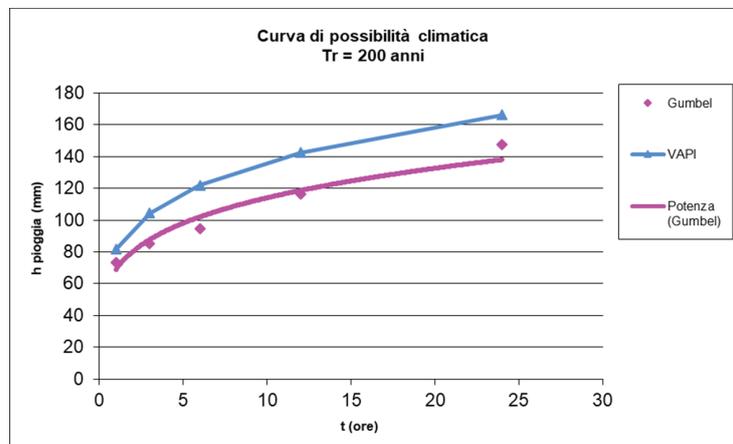
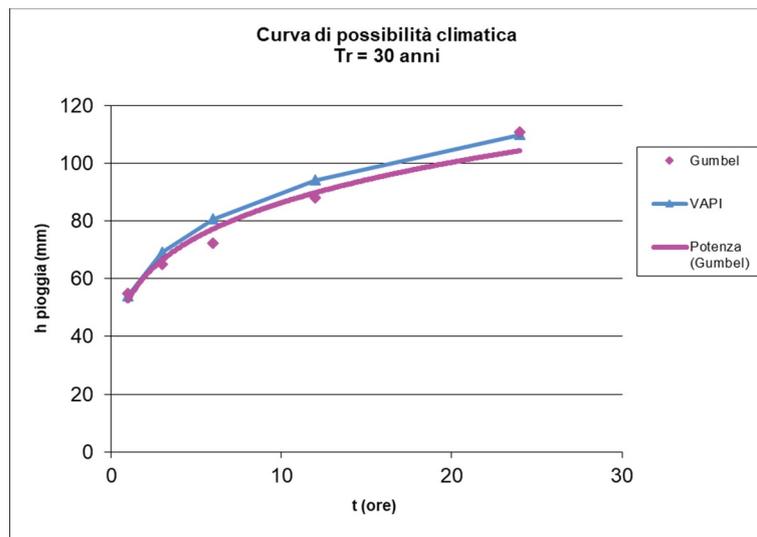
Tabella 20 – Tr = 200 anni - Altezze di pioggia (mm).

Tr = 500 – Stazione di Altamura					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	81.810	94.796	105.453	129.760	165.464
VAPI	95.044	121.484	141.832	165.587	193.322

Tabella 21 – Tr = 500 anni - Altezze di pioggia (mm).



Nelle figure seguenti (cfr. figure seguenti) si riportano le curve di possibilità climatiche ricavate in corrispondenza dei diversi tempi di ritorno adottati, per il bacino in analisi. Tali curve sono quelle utilizzate successivamente per la valutazione delle portate di piena in corrispondenza della sezione di chiusura del bacino di interesse.



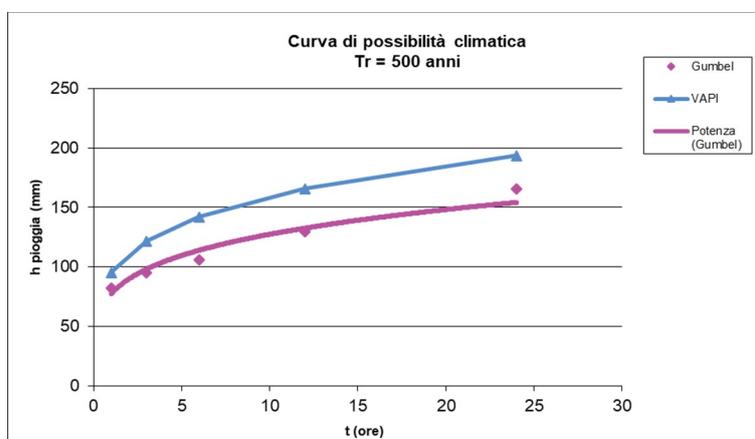


FIG 25 Curve di possibilità climatica ai diversi tempi di ritorno.

Bacino 7

Tr = 30 – Stazione di Altamura					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	54.997	64.863	72.415	88.012	110.861
VAPI	54.058	69.190	80.847	94.469	110.385

Tabella 22 – Tr = 30 anni - Altezze di pioggia (mm).

Tr = 200 – Stazione di Altamura					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	73.112	85.086	94.736	116.218	147.751
VAPI	81.696	104.563	122.180	142.766	166.820

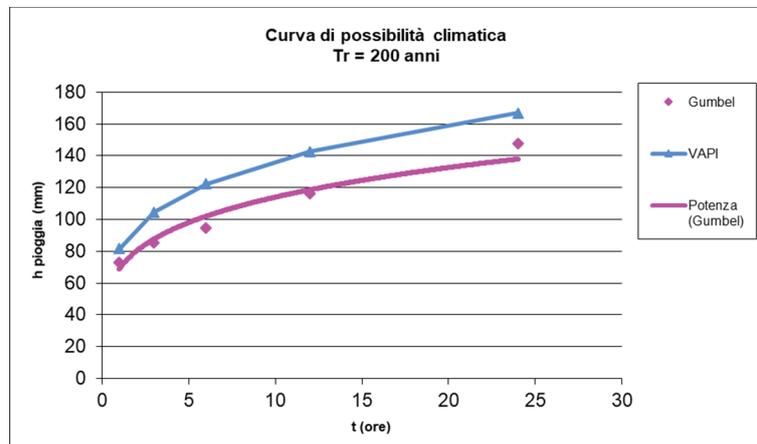
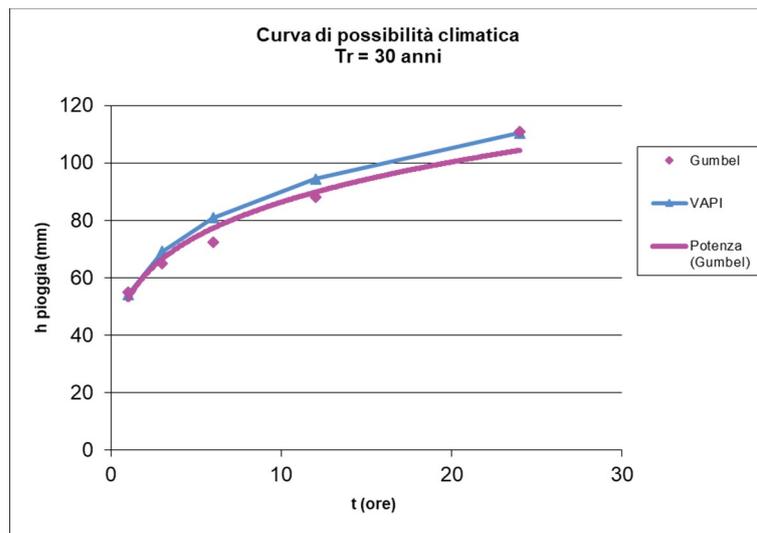
Tabella 23 – Tr = 200 anni - Altezze di pioggia (mm).

Tr = 500 – Stazione di Altamura					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	81.810	94.796	105.453	129.760	165.464
VAPI	95.044	121.648	142.144	166.093	194.077

Tabella 24 – Tr = 500 anni - Altezze di pioggia (mm).



Nelle figure seguenti (cfr. figure seguenti) si riportano le curve di possibilità climatiche ricavate in corrispondenza dei diversi tempi di ritorno adottati, per il bacino in analisi. Tali curve sono quelle utilizzate successivamente per la valutazione delle portate di piena in corrispondenza della sezione di chiusura del bacino di interesse.



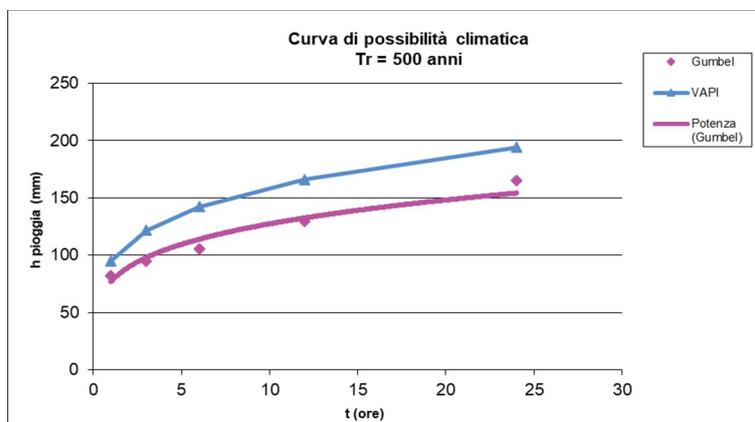


FIG 26 Curve di possibilità climatica ai diversi tempi di ritorno.

Bacino 8

Tr = 30 – Stazione di Altamura					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	54.997	64.863	72.415	88.012	110.861
VAPI	54.058	69.108	80.692	94.218	110.010

Tabella 25 – Tr = 30 anni - Altezze di pioggia (mm).

Tr = 200 – Stazione di Altamura					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	73.112	85.086	94.736	116.218	147.751
VAPI	81.696	104.440	121.946	142.387	166.253

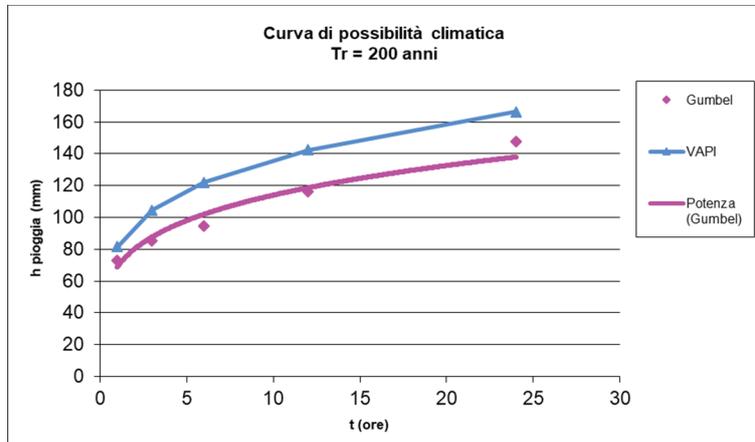
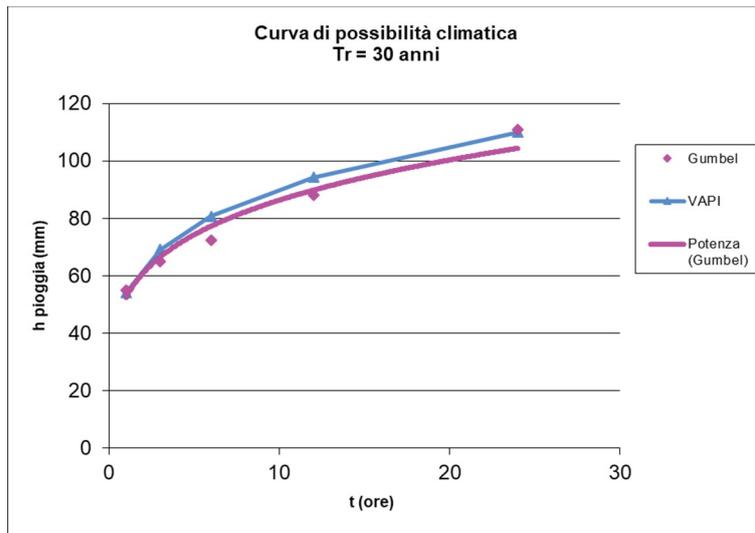
Tabella 26 – Tr = 200 anni - Altezze di pioggia (mm).

Tr = 500 – Stazione di Altamura					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	81.810	94.796	105.453	129.760	165.464
VAPI	95.044	121.505	141.872	165.652	193.418

Tabella 27 – Tr = 500 anni - Altezze di pioggia (mm).



Nelle figure seguenti (cfr. figure seguenti) si riportano le curve di possibilità climatiche ricavate in corrispondenza dei diversi tempi di ritorno adottati, per il bacino in analisi. Tali curve sono quelle utilizzate successivamente per la valutazione delle portate di piena in corrispondenza della sezione di chiusura del bacino di interesse.



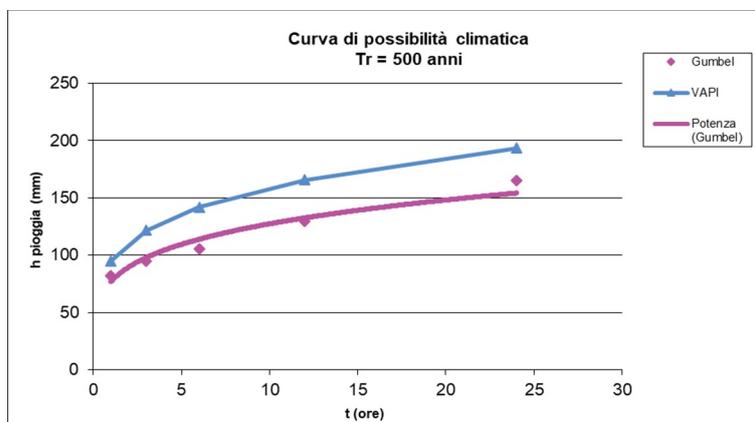


FIG 27 Curve di possibilità climatica ai diversi tempi di ritorno.

Bacino 9

Tr = 30 – Stazione di Altamura					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	54.997	64.863	72.415	88.012	110.861
VAPI	54.058	69.192	80.852	94.476	110.396

Tabella 28 – Tr = 30 anni - Altezze di pioggia (mm).

Tr = 200 – Stazione di Altamura					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	73.112	85.086	94.736	116.218	147.751
VAPI	81.696	104.567	122.187	142.777	166.836

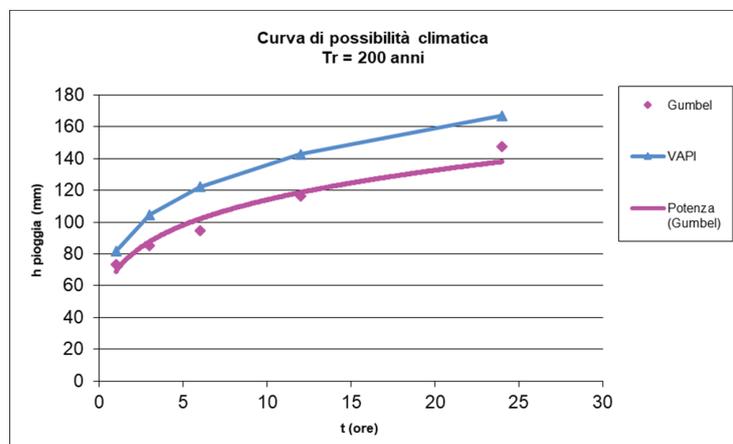
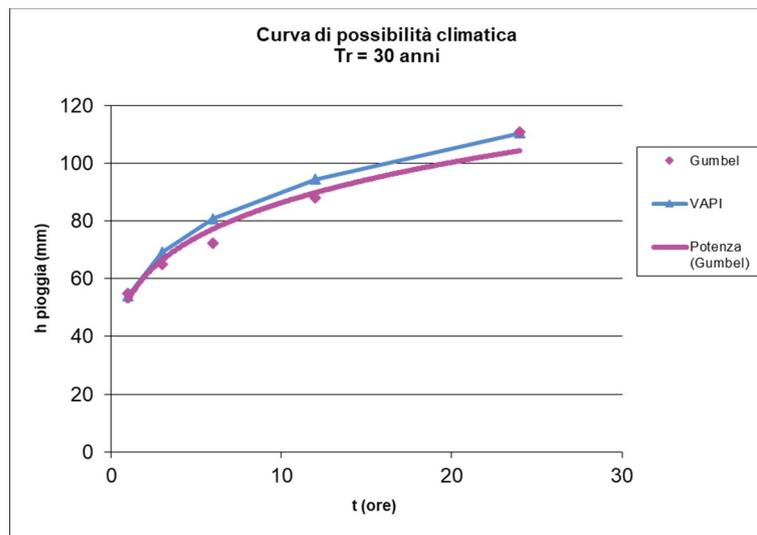
Tabella 29 – Tr = 200 anni - Altezze di pioggia (mm).

Tr = 500 – Stazione di Altamura					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	81.810	94.796	105.453	129.760	165.464
VAPI	95.044	121.652	142.152	166.106	194.097

Tabella 30 – Tr = 500 anni - Altezze di pioggia (mm).



Nelle figure seguenti (cfr. figure seguenti) si riportano le curve di possibilità climatiche ricavate in corrispondenza dei diversi tempi di ritorno adottati, per il bacino in analisi. Tali curve sono quelle utilizzate successivamente per la valutazione delle portate di piena in corrispondenza della sezione di chiusura del bacino di interesse.



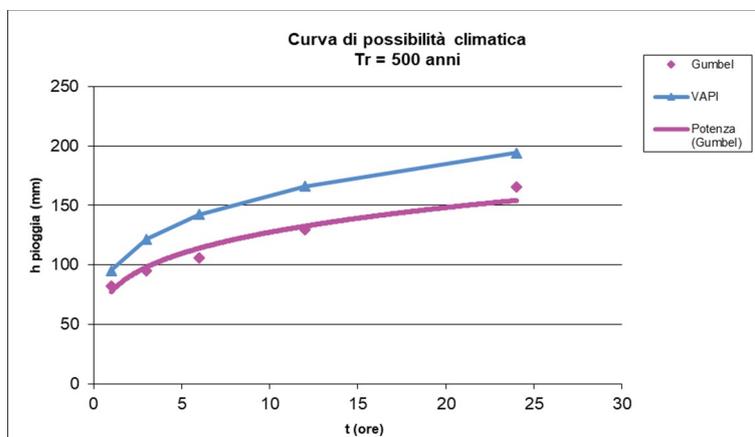


FIG 28 Curve di possibilità climatica ai diversi tempi di ritorno.

Confrontando i dati ottenuti con le due metodologie adottate si evince che le altezze di pioggia determinate utilizzando il metodo VAPI siano quasi sempre maggiori di quelle derivate dall'utilizzo della metodologia GUMBEL, soprattutto per alti tempi di ritorno.

Nel presente studio è utilizzata la curva di possibilità climatica determinata dall'applicazione del metodo del VAPI che ha fornito i valori più elevati delle altezze di pioggia.



9. ANALISI IDRAULICA

L'analisi idraulica, necessaria al calcolo della portata di massima piena per i bacini individuati nell'area in questione, può essere condotta secondo vari metodi, tra i quali possono essere considerati:

- i metodi empirici, che si basano unicamente su parametri morfologici del bacino in esame, senza tenere in considerazione alcuna misura pluviometrica o idrometrica;
- i metodi semiempirici (utilizzati nel presente studio), che valutano la portata anche in funzione dell'altezza di pioggia;
- i metodi analitici, che si basano sull'ipotesi di una correlazione diretta tra afflussi deflussi.

Il metodo da utilizzare dipende innanzitutto dal tipo di verifica idraulica che si intende condurre, in quanto, se si affronta un'analisi in moto permanente o addirittura uniforme, la portata massima può essere calcolata con metodi semplificati tipo il cinematico o razionale; quando la situazione morfologica ed idrografica diventa alquanto complessa, può rendersi indispensabile una verifica in moto vario e, di conseguenza, diventa necessario conoscere la forma dell'idrogramma di piena attraverso l'applicazione di metodi analitici.

In generale, nei casi di regolarità dell'asta fluviale e del bacino idrografico di pertinenza, è generalmente impiegato uno studio in moto permanente ricorrendo al metodo razionale per la determinazione della portata di massima piena.

9.1. Valutazione portate di piena

La stima delle portate di piena è stata effettuata applicando metodi analitici di tipo semplificato, in grado di definire, su base geomorfologica, un parametro chiave nel processo di generazione dei deflussi di piena, quale il tempo di corrivazione del bacino (t_c).

In particolare, è stato applicato, a diversi tempi di ritorno (30, 200 e 500 anni), il metodo di razionale e il metodo del Curve Number (CN).

Metodo Razionale

Per la determinazione della massima piena temibile è stato utilizzato il metodo razionale, che rappresenta un metodo indiretto basato sulle seguenti tre ipotesi fondamentali:

1. la pioggia critica ha durata pari al tempo di corrivazione;



2. la precipitazione si suppone di intensità costante per tutta la durata dell'evento;
3. il tempo di ritorno della portata è pari a quello della pioggia critica.

La portata di piena, in funzione del tempo di ritorno, è pari a:

$$Q = \frac{c * h * A * k}{t_c}$$

Q = portata di piena [m³/sec]

c = coefficiente di deflusso

h = pioggia netta [mm]

A = area del bacino [km²]

t_c = tempo di corrivazione [ore]

k = 0.2777 (fattore che tiene conto della non uniformità delle unità di misura).

Il valore di h rappresenta l'altezza di precipitazione che cade in un dato sito in un tempo uguale al tempo di corrivazione t_c: infatti se la durata della precipitazione è inferiore al tempo t_c solo una parte del bacino A contribuirà alla formazione della portata, che risulterà pertanto di minore entità. Viceversa se la durata dell'evento è maggiore, l'intensità della pioggia sarà minore e quindi meno intenso il colmo di piena.

Il tempo di corrivazione, che è un parametro chiave quando si fa riferimento a metodi analitici di tipo semplificato, è definito come il tempo impiegato dalla particella d'acqua idraulicamente più lontana a percorrere l'intero bacino fino alla sezione di chiusura.

Il tempo di corrivazione di un bacino è generalmente definito come il tempo necessario alla goccia di pioggia caduta nel punto idraulicamente più lontano del bacino per raggiungere la sezione di chiusura dello stesso.

Una relazione frequentemente utilizzata per il calcolo di tale grandezza è quella proposta da Giandotti (1934), valida per bacini idrografici aventi superficie (A) variabile tra 170 e 70000 km², che si esplicita nella seguente relazione:

$$t_c = \frac{\sqrt{L} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m}} \quad (6)$$



nella quale t_c è espresso in ore, A in km² mentre L, la lunghezza dell'asta principale del corso d'acqua a partire dallo spartiacque, è espressa in km e Hm, altitudine media del bacino, riferita alla sezione di chiusura, in metri sul livello del mare.

Pezzoli (1970), analizzando il comportamento di alcuni bacini piemontesi, ha proposto, invece, una diversa espressione del tempo di corrivazione che ha la seguente forma:

$$t_c = 0.055 \frac{L}{\sqrt{i_a}} \quad (7)$$

nella quale t_c è espresso in ore e L in km. Il parametro i_a rappresenta la pendenza media (m/m) dell'asta principale.

Kirpich, infine, utilizzando i dati sperimentali di sei bacini americani, nel 1940, aveva proposto una

correlazione grafica tra il tempo di corrivazione e il rapporto $\frac{L}{\sqrt{i_a}}$. Tale grafico, successivamente integrato dal contributo di altri dati sperimentali, ha condotto alla formulazione della seguente equazione, comunemente nota con il nome di equazione di Kirpich.

$$t_c = 0.00325 \frac{L}{\sqrt{i_a}}^{0.77} \quad (10)$$

Il complesso dei valori determinabili con le succitate equazioni può essere ben rappresentato da un'unica espressione (Ferro, Sistemazione dei Bacini Idrografici, McGraw Hill, 2002), che integra tutti i contributi sperimentali derivanti dalle esperienze condotte, ed ha la seguente equazione, nel seguito denominata P-C-W-K:

$$t_c = 0.0222 \frac{L}{\sqrt{i_a}}^{0.8} \quad (11)$$

nella quale t_c è espresso in minuti e L in metri.

Applicando le relazioni succitate, con riferimento ai parametri geomorfologici del bacino di interesse, si sono ottenuti i differenti risultati; **la valutazione successiva di stima della portata di piena di**



calcolo è stata eseguita facendo riferimento al tempo di corrivazione valutato dalla media tra le suddette relazioni.

	P-C-W-K Tc (h)	Giandotti Tc (h)	Pezzoli Tc (h)	Kirpich Tc (h)	Valore medio Tc (h)
BACINO 1	0.590	1.608	0.554	0.393	0.786
BACINO 2	0.641	1.735	0.615	0.426	0.854
BACINO 3 TOT	1.026	2.046	1.106	0.669	1.212
BACINO 3 monte	0.352	1.111	0.290	0.239	0.498
BACINO 3'	0.281	1.209	0.219	0.192	0.475
BACINO 3''	0.519	1.450	0.471	0.347	0.697
BACINO 4	0.078	0.175	0.044	0.056	0.088
BACINO 5	0.051	0.250	0.026	0.037	0.091
BACINO 6	0.085	0.323	0.049	0.061	0.130
BACINO 7	0.056	0.262	0.029	0.041	0.097
BACINO 8	0.104	0.307	0.063	0.074	0.137
BACINO 9	0.044	0.301	0.022	0.033	0.100

Tabella 31 – Tempo di corrivazione.

Per ciò che concerne il coefficiente di deflusso q , esso è stato stimato effettuando una media pesata dei valori stimati per le differenti sub-aree isoparametriche caratterizzate da un determinato valore di tipo di terreno, dal punto di vista della geologia e dell'uso del suolo, sulla base dei valori consigliati in letteratura; i pesi sono stati calcolati in funzione delle sotto aree sull'area totale del bacino individuato.

Tra le numerose indicazioni esistenti nella letteratura tecnico-scientifica per la valutazione del coefficiente di deflusso, sono stati utilizzati i valori indicati dal Manuale di Ingegneria Civile riportati nella tabella seguente:

Tipo di terreno	Coltivato	Pascolo	Bosco
Molto permeabile: sabbia o ghiaia	0.20	0.15	0.30
Permeabile: limo	0.40	0.35	0.30
Poco permeabile: argilla o substrato roccioso	0.50	0.45	0.40
Tipologia urbanistica		q	
Costruzioni dense		0.80	



Costruzioni Spaziate	0.60
Aree con ampi cortili e giardini	0.50
Zone a villini sparsi	0.30-0.40
Giardini, prati e zone non edificabili né destinate a strade	0.20
Parchi e boschi	0.05-0.10

E' stato utilizzato un **coefficiente di deflusso pari a 0,450.**

Applicando i valori precedenti nella formula razionale sono stati ottenuti i seguenti valori per le portate di piena:

BACINO	Tr	a	n	tc [h]	h [mm]	ic [mm]	Q [mc/s]
1	30 anni	52.385	0.217	0.786	49.723	63.245	4.755
	200 anni	69.070	0.218	0.786	65.546	83.370	6.267
	500 anni	77.080	0.218	0.786	73.142	93.032	6.994
2	30 anni	52.385	0.217	0.854	50.625	59.271	3.223
	200 anni	69.070	0.218	0.854	66.739	78.138	4.249
	500 anni	77.080	0.218	0.854	74.475	87.196	4.742
3 TOT	30 anni	52.385	0.217	1.212	54.614	45.066	5.951
	200 anni	69.070	0.218	1.212	72.021	59.429	7.847
	500 anni	77.080	0.218	1.212	80.378	66.324	8.758
3 monte	30 anni	52.385	0.217	0.498	45.034	90.451	0.869
	200 anni	69.070	0.218	0.498	59.340	119.185	1.145
	500 anni	77.080	0.218	0.498	66.209	132.981	1.278
3'	30 anni	52.385	0.217	0.475	44.580	93.826	1.778
	200 anni	69.070	0.218	0.475	58.739	123.627	2.342
	500 anni	77.080	0.218	0.475	65.537	137.935	2.613
3''	30 anni	52.385	0.217	0.697	48.436	69.528	1.085
	200 anni	69.070	0.218	0.697	63.842	91.643	1.430
	500 anni	77.080	0.218	0.697	71.239	102.260	1.596
4	30 anni	52.385	0.217	0.088	30.950	350.526	1.434
	200 anni	69.070	0.218	0.088	40.720	461.172	1.887



	500 anni	77.080	0.218	0.088	45.411	514.296	2.104
5	30 anni	52.385	0.217	0.091	31.140	342.873	1.812
	200 anni	69.070	0.218	0.091	40.971	451.114	2.384
	500 anni	77.080	0.218	0.091	45.691	503.083	2.658
6	30 anni	52.385	0.217	0.130	33.638	259.463	1.923
	200 anni	69.070	0.218	0.130	44.272	341.481	2.530
	500 anni	77.080	0.218	0.130	49.377	380.859	2.822
7	30 anni	52.385	0.217	0.097	31.594	325.400	1.300
	200 anni	69.070	0.218	0.097	41.571	428.151	1.710
	500 anni	77.080	0.218	0.097	46.361	477.484	1.907
8	30 anni	52.385	0.217	0.137	34.031	248.819	1.383
	200 anni	69.070	0.218	0.137	44.790	327.487	1.820
	500 anni	77.080	0.218	0.137	49.956	365.257	2.030
9	30 anni	52.385	0.217	0.100	31.796	317.988	2.286
	200 anni	69.070	0.218	0.100	41.838	418.410	3.007
	500 anni	77.080	0.218	0.100	46.659	466.624	3.354

Tabella 32 – Valori delle portate di piena con il metodo razionale del Bacino di interesse.

Metodo del Curve Number

Una metodologia per la stima delle precipitazioni efficaci che trova ampia applicazione è quella proposta dal Soil Conservation Service (1972). Il metodo, detto Metodo Curve Number ("Soil Conservation Service Runoff Curve Number (CN) method", detto comunemente Curve Number), si basa sulla assunzione che il volume specifico (altezza) di pioggia netta (efficace) P_{net} risulta legato al volume specifico (altezza) di pioggia lorda P (pioggia effettiva) caduta nel medesimo intervallo temporale dalla relazione:

$$P_{net} = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

nella quale S è il massimo volume specifico di acqua che il terreno può trattenere in condizione di saturazione ed I_a è la cosiddetta perdita iniziale, vale a dire quel valore limite di altezza di pioggia che il terreno può trattenere nella fase iniziale del fenomeno senza che si abbia creazione di deflusso; il parametro S corrisponde al volume idrico trattenuto dal terreno e dalla vegetazione, e quindi sottratto al deflusso superficiale dopo l'istante in cui si ha $P > I_a$; fino all'istante in cui non si ha $P > I_a$ il deflusso



superficiale è da ritenersi praticamente assente.

In realtà con l'introduzione della perdita iniziale la si vuole tenere conto anche di quel complesso di fenomeni, quali l'intercettazione da parte della vegetazione e l'accumulo nelle depressioni superficiali del terreno, che ritardano il verificarsi del deflusso superficiale. In mancanza di adeguate osservazioni utili, per la stima di I_a si può fare ricorso alla seguente relazione:

$$I_a = 0,2 S$$

che risulta verificata in buona approssimazione.

La valutazione del valore di S può invece essere ricondotta a quella dell'indice CN (Curve Number), cui esso risulta legato dalla relazione:

$$S = S_0 \cdot \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

S_0 è un fattore di scala pari a 254 se la pioggia viene espressa in mm.

L'indice CN è un numero adimensionale, compreso fra 0 e 100, funzione della permeabilità della litologia superficiale, dell'uso del suolo e del grado di saturazione del terreno prima dell'evento meteorico.

Il Soil Conservation Service (SCS), sulla base della capacità di assorbimento del terreno nudo a seguito di prolungato adacquamento, ha classificato i vari tipi di suolo in quattro gruppi (A, B, C, D):

- GRUPPO A: Suoli aventi scarsa permeabilità di deflusso; capacità di infiltrazione in condizioni di saturazione molto elevata.
- GRUPPO B: Suoli aventi moderata potenzialità di deflusso; elevate capacità di infiltrazione anche in condizioni di saturazione.
- GRUPPO C: Suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta; scarsa capacità di infiltrazione e saturazione.
- GRUPPO D: Potenzialità di deflusso molto elevata; scarsissima capacità di infiltrazione e saturazione.



Per tali gruppi si riportano i valori del parametro CN corrispondenti a diverse tipologie di utilizzo del suolo.

Tipo di copertura	A	B	C	D
Aree agricole con presenza di spazi naturali	62	71	78	81
Aree Urbane	98	98	98	98
Area residenziale	77	85	90	92
Cava	60	60	60	60
Distretti industriali	81	88	91	93
Bacini di acqua	100	100	100	100
Colture erbacee da pieno campo a ciclo primaverile estivo	72	81	88	91
Colture orticole a ciclo estivo-autunnale/primaverile	72	81	88	91
Colture orticole a ciclo primaverile-estivo	72	81	88	91
Colture temporanee associate a colture permanente	62	71	78	81
Frutteti e frutti minori non irrigui	62	71	78	81
Frutteti e frutti minori irrigui	72	81	88	91
Oliveti irrigui	72	81	88	91
Oliveti non irrigui	62	71	78	81
Prati stabili non irrigui	30	58	71	78
Seminativi in aree non irrigue	62	71	78	81
Sistemi colturali e particellari complessi	72	81	88	91
Vigneti irrigui	72	81	88	91
Vigneti non irrigui	62	71	78	81
Zone boscate	45	66	77	83

Tabella 33 – Valori del CN in funzione delle caratteristiche idrologiche dei suoli e di copertura vegetale.

Classe AMC	Precipitazioni nei dieci giorni precedenti (mm)
I (Terreno secco)	$0 < P < 50$
II (Umidità media)	$50 < P < 110$
III (Terreno da mediamente umido a saturo)	$P > 110$

Tabella 34 – Definizione delle condizioni di umidità antecedenti l'evento (AMC).

I valori del CN riportati nella tabella 3 si riferiscono ad una condizione di umidità del suolo all'inizio dell'evento meteorico di tipo standard, precisamente quella intermedia indicata come AMC II (Antecedent Moisture Condition II).



Per condizioni iniziali differenti, vengono utilizzate delle relazioni di trasformazione del valore CN (II), relativo a AMC I, CN (I), ed in quello relativo a AMC III, CN (III).

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0.43 + 0.0057CN_{II}} \quad CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0,13CN(II)}$$

Nella fattispecie, considerata l'entità degli interventi e l'importanza degli stessi, **si è preferito, a vantaggio di sicurezza, adottare un valore di Curve Number pari al CN(III)**, in quanto trattasi di aree non completamente urbanizzate.

Nel caso in esame, quindi, sono stati sovrapposti i bacini idrografici sulla carta di uso del suolo e sulla carta geologica e ricavate le superfici specifiche in base alla qualità colturale e tipo di suolo.

Il valore del CN è stato stimato effettuando una media pesata dei valori corrispondenti alle differenti sub-aree isoparametriche caratterizzate da un determinato valore di uso del suolo e di tipo di suolo; i pesi sono stati calcolati in funzione delle aree delle singole parcelle sull'area totale del bacino individuato.

Per quanto riguarda la tipologia di terreno, è stato utilizzato, a vantaggio di sicurezza, il GRUPPO C (**Suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta; scarsa capacità di infiltrazione e saturazione**).

E' stato utilizzato un **CN pari 78**.

Tale procedimento ha reso possibile la stima dei due parametri S ed I_a a partire dalle caratteristiche litologiche e di uso del suolo del bacino e quindi la valutazione della pioggia netta.

Altro "tempo caratteristico" di un bacino è il "tempo di ritardo" t_L (lag time), generalmente definito come la distanza temporale tra il baricentro dell'idrogramma di piena superficiale, depurato cioè delle portate di base che sarebbero defluite nel corso d'acqua anche in assenza dell'evento di piena, e il baricentro del pluvigramma netto.

Il Soil Conservation Service (SCS) americano ha dedotto, empiricamente, che il rapporto t_L/t_c è pari a 0.6 (rapporto tra tempo di ritardo e tempo di corrivazione).

Per la stima del tempo di ritardo del bacino, nel caso in esame, si è utilizzata la formula di Mockus:



$$t_L = 0.342 \frac{L^{0.8}}{s^{0.5}} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}$$

in cui s è la pendenza del bacino espressa in %, L la lunghezza dell'asta principale prolungata fino alla displuviale espressa in Km.

Per il calcolo della portata al colmo Q_p (m^3/s) si considera un idrogramma approssimato di forma triangolare che ha una fase crescente di durata t_a (tempo di accumulo) e una fase di esaurimento di durata t_e (tempo di esaurimento) e il cui volume, espresso in m^3 , ha la seguente espressione:

$$V = \frac{Q_P}{2} (t_a + t_e) = \frac{Q_P t_b}{2}$$

avendo indicato con t_b la durata dell'evento di piena.

Poiché è stato stabilito sperimentalmente che nella fase crescente dell'idrogramma defluisce un volume idrico che è pari al 37.5% del volume totale V di deflusso, ne consegue che la durata della fase crescente è pari a 0,375 volte la durata dell'evento di piena t_b e pertanto:

$$t_b = 2.67 t_a$$

Utilizzando le formule di cui sopra, esprimendo il volume di deflusso V in mm , il tempo t_a in ore, l'area A del bacino in Km^2 , si ottiene:

$$Q_P = 0.208 \frac{VA}{t_a}$$

La determinazione di t_a , nell'ipotesi di precipitazione di intensità costante di durata t_p e indicando con t_L il tempo di ritardo, come prima calcolato, si effettua con la seguente relazione:

$$t_a = 0,5 t_p + t_L$$

È stato scelto come evento che massimizza il calcolo della portata di piena un tempo di pioggia pari al tempo di corrivazione del bacino, utilizzando come "t_c" i risultati ottenuti in base al calcolo effettuato al paragrafo precedente (cioè tempo di corrivazione calcolato con il metodo Pezzoli, Chow, Watt &



Chow, Kirpich P-C-W-K, in quanto tale relazione è quella che meglio si adatta alle dimensioni dei bacini oggetto del presente studio).

I risultati ottenuti sono riportati nella seguente tabella:

BACINO	T _R	P [mm]	P _{net}	T _L [h]	V [mm]	t _a [h]	Q _p [m ³ /s]
1	30 anni	51.205	26.750	0.516	26.750	0.909	3.681
	200 anni	77.384	49.719	0.516	49.719	0.909	6.842
	500 anni	90.029	61.337	0.516	61.337	0.909	8.441
2	30 anni	52.167	27.555	0.571	27.555	0.998	2.498
	200 anni	78.837	51.041	0.571	51.041	0.998	4.627
	500 anni	91.719	62.907	0.571	62.907	0.998	5.703
3 TOT	30 anni	56.461	31.195	0.696	31.195	1.302	5.263
	200 anni	85.327	56.989	0.696	56.989	1.302	9.615
	500 anni	99.269	69.960	0.696	69.960	1.302	11.804
3 monte	30 anni	46.173	22.607	0.267	22.607	0.516	0.700
	200 anni	69.779	42.862	0.267	42.862	0.516	1.327
	500 anni	81.180	53.181	0.267	53.181	0.516	1.647
3'	30 anni	45.692	22.218	0.245	22.218	0.483	1.452
	200 anni	69.053	42.214	0.245	42.214	0.483	2.758
	500 anni	80.336	52.409	0.245	52.409	0.483	3.424
3''	30 anni	49.817	25.595	0.346	25.595	0.694	0.957
	200 anni	75.285	47.815	0.346	47.815	0.694	1.788
	500 anni	87.587	59.076	0.346	59.076	0.694	2.209
4	30 anni	31.148	11.190	0.036	11.190	0.080	0.947
	200 anni	47.072	23.338	0.036	23.338	0.080	1.975
	500 anni	54.764	29.748	0.036	29.748	0.080	2.517
5	30 anni	31.631	11.527	0.035	11.527	0.081	1.256
	200 anni	47.802	23.934	0.035	23.934	0.081	2.609
	500 anni	55.613	30.470	0.035	30.470	0.081	3.321
6	30 anni	34.249	13.396	0.062	13.396	0.127	1.304
	200 anni	51.758	27.212	0.062	27.212	0.127	2.648
	500 anni	60.215	34.432	0.062	34.432	0.127	3.351
7	30 anni	32.014	11.797	0.037	11.797	0.085	0.922
	200 anni	48.382	24.410	0.037	24.410	0.085	1.907



	500 anni	56.287	31.046	0.037	31.046	0.085	2.425
8	30 anni	34.649	13.687	0.075	13.687	0.143	0.883
	200 anni	52.364	27.720	0.075	27.720	0.143	1.789
	500 anni	60.920	35.044	0.075	35.044	0.143	2.262
9	30 anni	32.224	11.945	0.031	11.945	0.081	1.772
	200 anni	48.699	24.671	0.031	24.671	0.081	3.659
	500 anni	56.656	31.362	0.031	31.362	0.081	4.652

Tabella 35 – Valori delle portate di piena con il metodo del CN del Bacino di interesse.

9.2. Considerazioni finali sulla portata di piena

Dal confronto dei valori delle portate ottenute con le due metodologie adottate si è potuto verificare che le portate derivate utilizzando il metodo Curve Number (CN) sono risultate maggiori di quelle ottenute con l'utilizzo del metodo Razionale, mentre per altri esattamente il contrario.

A vantaggio di sicurezza è stata comunque scelta la portata maggiore tra le due ottenute.

Di seguito si riportano i valori delle portate duecentennali unitamente alle portate con $T_r = 30$ e 500 anni, ottenute con la metodologia del Curve Number.

BACINO	T_R	Pericolosità idraulica	METODO	METODO
			Curve Number (CN)	Razionale
			Q_p [m ³ /s]	Q_p [m ³ /s]
1	30 anni	Alta	3.681	4.755
	200 anni	Media	6.842	6.267
	500 anni	Bassa	8.441	6.994
2	30 anni	Alta	2.498	3.223
	200 anni	Media	4.627	4.249
	500 anni	Bassa	5.703	4.742
3 TOT	30 anni	Alta	5.263	5.951
	200 anni	Media	9.615	7.847
	500 anni	Bassa	11.804	8.758
3 monte	30 anni	Alta	0.700	0.869
	200 anni	Media	1.327	1.145
	500 anni	Bassa	1.647	1.278
3'	30 anni	Alta	1.452	1.778
	200 anni	Media	2.758	2.342



	500 anni	Bassa	3.424	2.613
3''	30 anni	Alta	0.957	1.085
	200 anni	Media	1.788	1.430
	500 anni	Bassa	2.209	1.596
4	30 anni	Alta	0.947	1.434
	200 anni	Media	1.975	1.887
	500 anni	Bassa	2.517	2.104
5	30 anni	Alta	1.256	1.812
	200 anni	Media	2.609	2.384
	500 anni	Bassa	3.321	2.658
6	30 anni	Alta	1.304	1.923
	200 anni	Media	2.648	2.530
	500 anni	Bassa	3.351	2.822
7	30 anni	Alta	0.922	1.300
	200 anni	Media	1.907	1.710
	500 anni	Bassa	2.425	1.907
8	30 anni	Alta	0.883	1.383
	200 anni	Media	1.789	1.820
	500 anni	Bassa	2.262	2.030
9	30 anni	Alta	1.772	2.286
	200 anni	Media	3.659	3.007
	500 anni	Bassa	4.652	3.354

Tabella 36 – Portate finali di calcolo.



10. 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 Puglia 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 che è pari a 0.033 sulle sponde dell'alveo e per il letto dell'alveo.

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.

Per le sezioni di monte e di valle dei tratti studiati si è fissata l'altezza di moto uniforme.

Sezioni di calcolo e profilo longitudinale

La realizzazione dei modelli degli affluenti in esame è stata effettuata avendo come base cartografica il **DTM della Regione Puglia**.

Sulla base delle informazioni plano altimetriche disponibili è stato ricavato, per ognuno dei bacini e sottobacini individuati, un **modello geometrico**, come base di input per il software HEC-RAS, costituito da un alveo e un certo numero di **sezioni** (numerata progressivamente da monte verso valle).

Tutte le sezioni sono poste a distanza variabile a seconda del diverso assetto morfologico dell'alveo. Definito il **modello geometrico dello stato di fatto**, si è provveduto ad effettuare l'ipotesi di calcolo.

Risultati delle simulazioni

Lo studio idraulico è stato effettuato in condizioni di moto permanente, in riferimento alle aste modellate in corrispondenza di portate di piena caratterizzate dal tempo di ritorno di 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 riportate sotto forma 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.**



10.1. ASTA 1



FIG 29 – Planimetria con indicazione del reticolo ASTA 1

Per lo studio del reticolo denominato "ASTA 1" nel software di modellazione idraulica sono state individuate ed analizzate n. 31 sezioni con un passo costante di circa 50 m, il numero identificativo va

da 1 a 27 da valle verso monte, tra le sezioni 2 e 3 sono state interpolate ulteriori sezioni con passo di circa 10 m, al fine modellare ed inserire l'intersezione stradale con opera di attraversamento esistente.

I risultati ottenuti sono riportati nella tabella seguente (cfr. tabelle seguenti).

Profile Output Table - Standard Table 1

File Options Std. Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: Plan 02 River: BACINO 1 Reach: BACINO 1 Profile: PF 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/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 (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
BACINO 1	27	PF 1	6.84	452.00	452.32	452.32	452.43	0.020006	1.49	4.60	22.51	1.05
BACINO 1	26	PF 1	6.84	451.00	451.32	451.32	451.43	0.020020	1.49	4.60	22.51	1.05
BACINO 1	25	PF 1	6.84	449.00	449.22	449.32	449.55	0.090456	2.55	2.68	18.09	2.12
BACINO 1	24	PF 1	6.84	447.00	447.36	447.39	447.52	0.022066	1.77	3.87	15.71	1.14
BACINO 1	23	PF 1	6.84	446.50	447.01	446.89	447.07	0.005573	1.08	6.33	19.11	0.60
BACINO 1	22	PF 1	6.84	446.05	446.48	446.48	446.60	0.018014	1.52	4.51	19.79	1.01
BACINO 1	21	PF 1	6.84	445.05	445.47	445.48	445.60	0.022152	1.63	4.19	19.22	1.12
BACINO 1	20	PF 1	6.84	444.05	444.48	444.48	444.60	0.018034	1.52	4.51	19.78	1.01
BACINO 1	19	PF 1	6.84	443.00	443.27	443.31	443.44	0.030946	1.79	3.82	19.56	1.30
BACINO 1	18	PF 1	6.84	442.54	442.84	442.80	442.91	0.010239	1.16	5.89	25.27	0.77
BACINO 1	17	PF 1	6.84	442.09	442.45		442.50	0.006712	1.01	6.79	26.24	0.63
BACINO 1	16	PF 1	6.84	441.66	442.06		442.13	0.007848	1.16	5.88	20.55	0.69
BACINO 1	15	PF 1	6.84	441.20	441.56	441.53	441.65	0.012144	1.33	5.14	20.42	0.85
BACINO 1	14	PF 1	6.84	440.77	441.20	441.09	441.25	0.005249	0.99	6.89	22.64	0.57
BACINO 1	13	PF 1	6.84	440.33	440.72	440.70	440.83	0.014477	1.50	4.55	17.17	0.93
BACINO 1	12	PF 1	6.84	439.67	440.10	440.06	440.20	0.011187	1.37	5.00	17.87	0.83
BACINO 1	11	PF 1	6.84	439.00	439.38	439.38	439.51	0.017355	1.59	4.31	17.13	1.01
BACINO 1	10	PF 1	6.84	437.83	438.16	438.21	438.35	0.031543	1.96	3.49	15.81	1.33
BACINO 1	9	PF 1	6.84	436.99	437.43	437.38	437.53	0.010598	1.41	4.86	16.03	0.81
BACINO 1	8	PF 1	6.84	436.49	437.01		437.09	0.007181	1.25	5.49	16.19	0.68
BACINO 1	7	PF 1	6.84	436.00	436.42	436.42	436.56	0.016491	1.70	4.02	13.82	1.01
BACINO 1	6	PF 1	6.84	435.43	435.76	435.71	435.82	0.009398	1.08	6.33	28.36	0.73
BACINO 1	5	PF 1	6.84	434.86	435.13	435.12	435.21	0.015910	1.29	5.30	27.00	0.93
BACINO 1	4	PF 1	6.84	434.28	434.60	434.54	434.66	0.008062	1.03	6.62	28.31	0.68
BACINO 1	3	PF 1	6.84	433.75	434.24		434.31	0.006139	1.11	6.18	19.41	0.63
BACINO 1	2.8*	PF 1	6.84	433.64	434.22		434.26	0.003174	0.87	7.88	21.70	0.46
BACINO 1	2.6*	PF 1	6.84	433.52	434.21		434.23	0.001505	0.68	10.17	24.54	0.33
BACINO 1	2.4*	PF 1	6.84	433.41	434.20		434.22	0.000740	0.54	12.98	29.04	0.24
BACINO 1	2.2*	PF 1	6.84	433.29	434.20	433.70	434.21	0.000379	0.44	16.61	36.53	0.17
BACINO 1	2.19		Culvert									
BACINO 1	2	PF 1	6.84	433.18	433.59	433.59	433.72	0.017278	1.60	4.28	16.84	0.17
BACINO 1	1	PF 1	6.84	432.05	432.41	432.46	432.61	0.029473	1.96	3.49	15.11	1.30

FIG 30 Parametri idraulici del calcolo in moto permanente – ASTA 1

Si specifica che le sezioni sono numerate in modo decrescente da monte verso valle, mentre le distanze progressive in modo crescente da valle verso monte.

Nelle figure seguenti (cfr. figure seguenti) sono riportati la planimetria con le sezioni trasversali, il profilo longitudinale al passaggio dell'onda di piena due centennale.



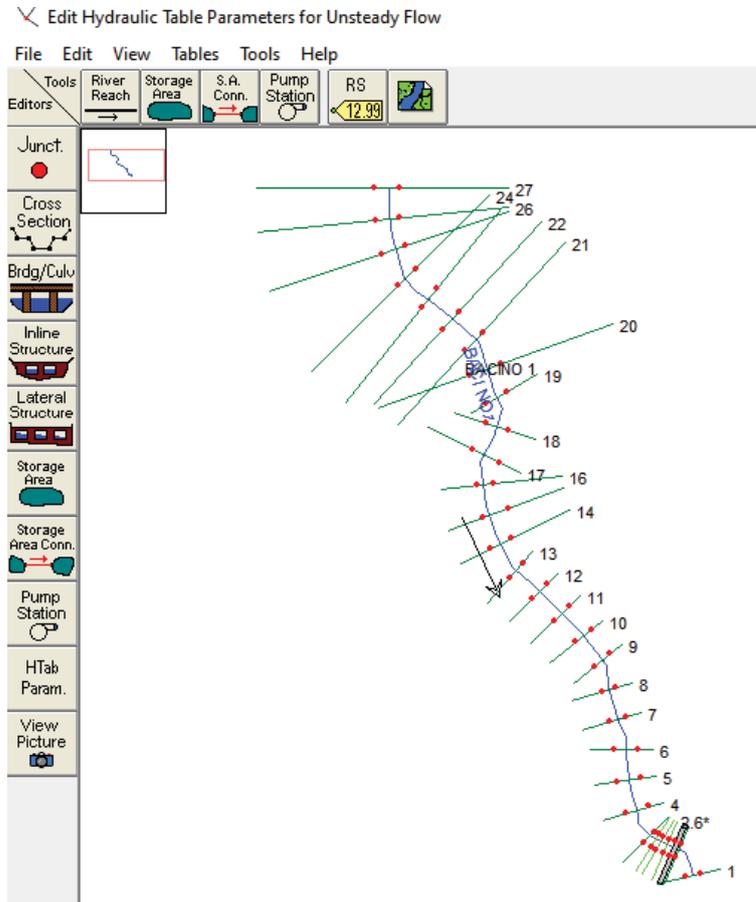


FIG 31– Schematizzazione reticolo con indicazione delle sezioni su interfaccia Hecras – ASTA 1

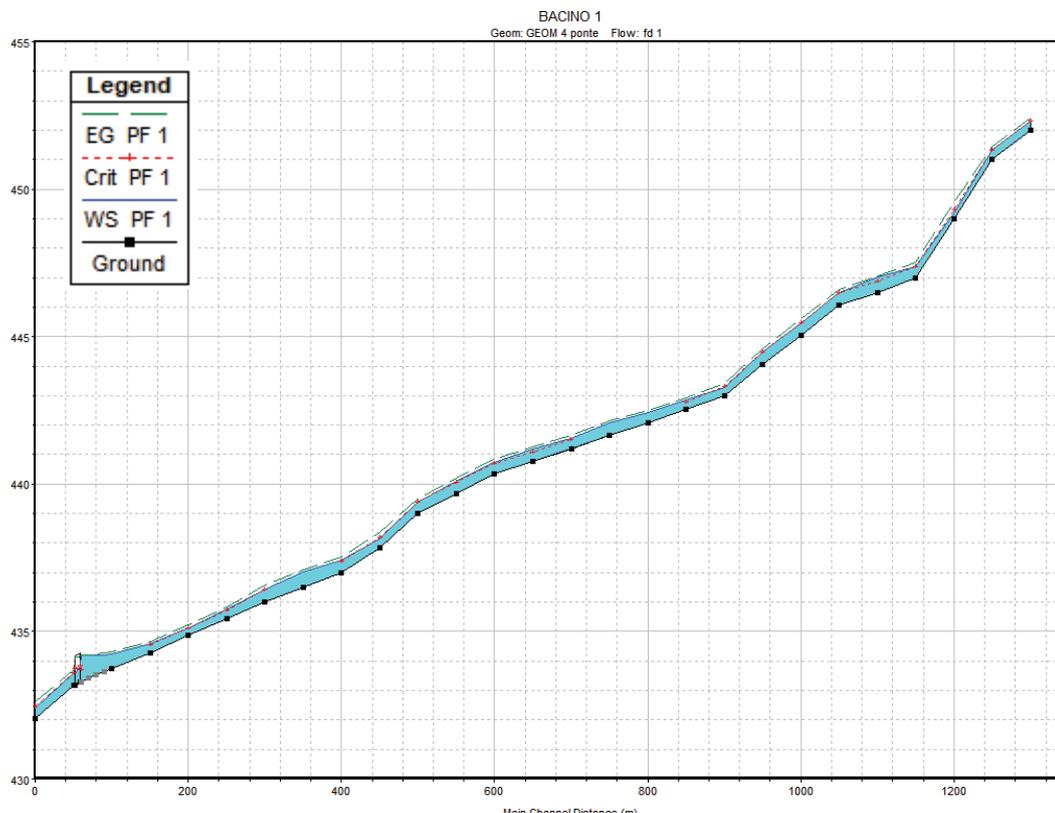


FIG 32 Profilo longitudinale di moto permanente – ASTA 1

(è rappresentato graficamente il livello idrico corrispondente alla piena con $Tr= 200$ anni)

Dalla modellazione in HEC-RAS sono state individuate le aree contermini al corso d'acqua in esame interessate dal transito della portata duecentennale retinate in ciano nella figura che segue.

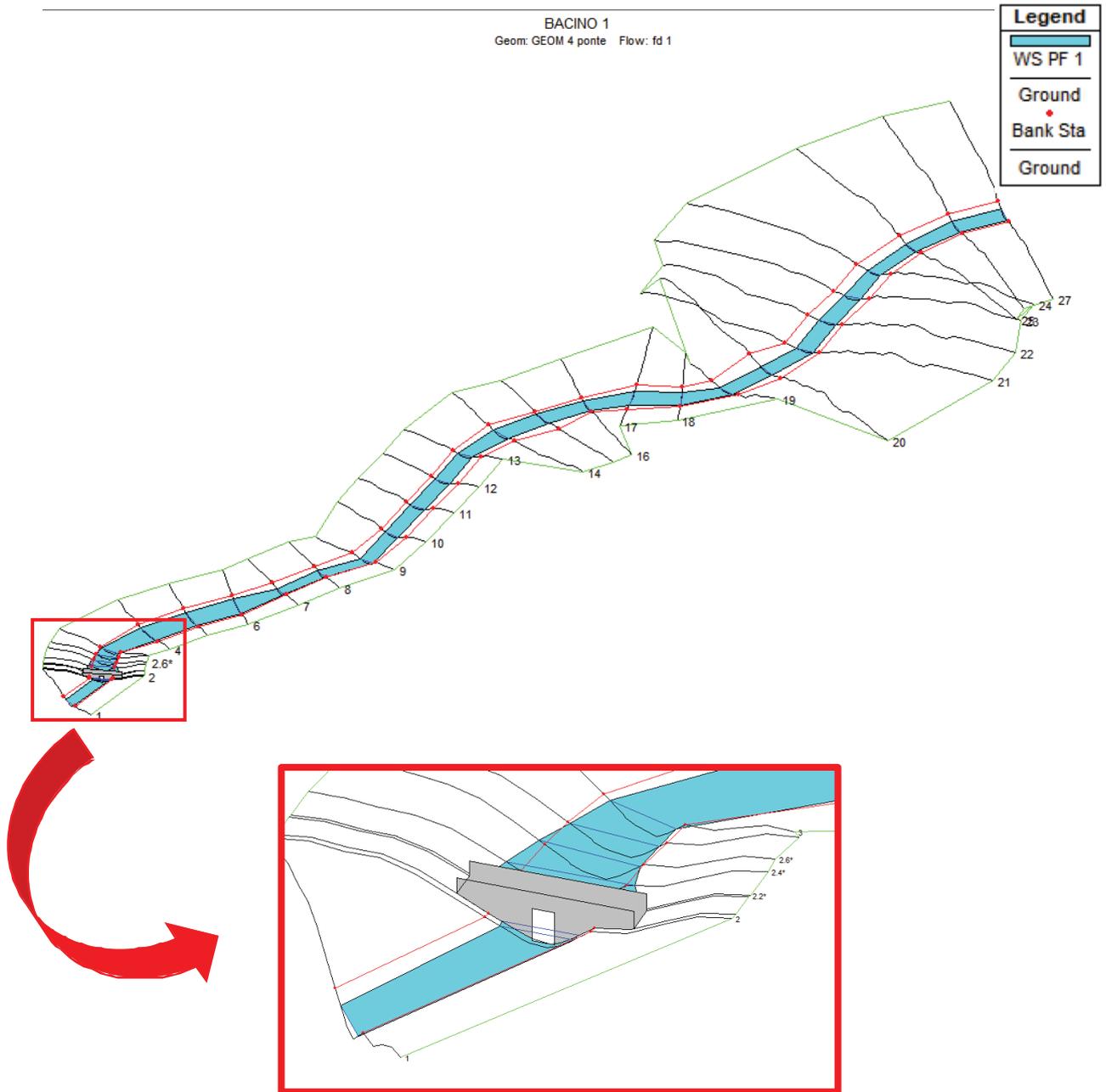


FIG 33 Rappresentazione tridimensionale aree di esondazione su interfaccia Hec-ras – ASTA 1 (con particolare dell'attraversamento su strada esistente Contrada S. Domenico)



FIG 34 Planimetria con indicazione delle aree inondabili duecentennali – ASTA 1

Tale risultato è possibile desumerlo anche dalla consultazione delle sezioni trasversali, dalle quali sono evidenti i livelli idrici di piena per ogni sezione (in allegato quaderno delle sezioni ASTA 1).

10.2. ASTA 2



FIG 35 Planimetria con indicazione del reticolo ASTA 2

Per lo studio del reticolo denominato "ASTA 2" nel software di modellazione idraulica sono state individuate ed analizzate n. 30 sezioni, il numero identificativo va da 1 a 26 da valle verso monte, tra le sezioni 3 e 4 sono state interpolate ulteriori sezioni con passo di circa 10 m, al fine modellare ed inserire l'intersezione stradale con opera di attraversamento esistente.

I risultati ottenuti sono riportati nella tabella seguente (cfr. tabelle seguenti).

HEC-RAS Plan: Plan 02 River: BACINO 2 Reach: BACINO 2 Profile: PF 1												Reload Da
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/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 (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
BACINO 2	26	PF 1	4.62	452.00	452.22	452.19	452.28	0.011233	1.01	4.58	26.05	0.77
BACINO 2	25	PF 1	4.62	451.00	451.45	451.45	451.57	0.018140	1.51	3.06	13.62	1.01
BACINO 2	24	PF 1	4.62	450.00	450.34	450.25	450.38	0.005874	0.92	5.04	20.29	0.59
BACINO 2	23	PF 1	4.62	449.80	450.13		450.16	0.003345	0.72	6.37	23.94	0.45
BACINO 2	22	PF 1	4.62	449.60	449.95		449.98	0.004039	0.77	6.03	24.02	0.49
BACINO 2	21	PF 1	4.62	449.40	449.75		449.78	0.003855	0.75	6.13	24.13	0.48
BACINO 2	20	PF 1	4.62	449.20	449.53	449.44	449.57	0.004756	0.81	5.70	23.62	0.53
BACINO 2	19	PF 1	4.62	449.00	449.14	449.12	449.18	0.014626	0.91	5.08	41.15	0.83
BACINO 2	18	PF 1	4.62	448.00	448.25	448.25	448.34	0.019130	1.35	3.41	18.58	1.01
BACINO 2	17	PF 1	4.62	447.00	447.31	447.26	447.36	0.009215	1.01	4.56	22.23	0.71
BACINO 2	16	PF 1	4.62	446.80	447.03		447.06	0.004134	0.67	6.91	34.34	0.48
BACINO 2	15	PF 1	4.62	446.60	446.84		446.86	0.003759	0.65	7.12	34.46	0.46
BACINO 2	14	PF 1	4.62	446.40	446.62		446.65	0.005021	0.71	6.50	34.10	0.52
BACINO 2	13	PF 1	4.62	446.20	446.46		446.48	0.002360	0.53	8.74	40.57	0.36
BACINO 2	12	PF 1	4.62	446.00	446.14	446.14	446.21	0.021929	1.10	4.20	34.51	1.01
BACINO 2	11	PF 1	4.62	444.00	444.13	444.18	444.31	0.079254	1.88	2.46	23.71	1.87
BACINO 2	10	PF 1	4.62	441.78	442.09	442.11	442.22	0.025488	1.56	2.96	16.14	1.16
BACINO 2	9	PF 1	4.62	441.00	441.35	441.33	441.45	0.013606	1.39	3.33	13.48	0.89
BACINO 2	8	PF 1	4.62	440.22	440.76	440.71	440.84	0.010635	1.30	3.55	13.20	0.80
BACINO 2	7	PF 1	4.62	439.78	440.11	440.09	440.16	0.017745	1.02	4.54	35.90	0.91
BACINO 2	6	PF 1	4.62	439.30	439.70		439.72	0.004958	0.64	7.27	44.79	0.50
BACINO 2	5	PF 1	4.62	438.84	439.20	439.20	439.27	0.021153	1.16	3.99	29.53	1.01
BACINO 2	4	PF 1	4.62	438.38	439.02	438.77	439.03	0.000367	0.29	16.61	54.85	0.16
BACINO 2	3.8*	PF 1	4.62	438.29	439.02		439.02	0.000176	0.24	20.35	53.95	0.11
BACINO 2	3.6*	PF 1	4.62	438.20	439.02	438.50	439.02	0.000095	0.19	24.40	53.70	0.08
BACINO 2	3.5		Culvert									
BACINO 2	3.4*	PF 1	4.62	438.10	438.41		438.46	0.012270	1.04	4.45	25.86	0.80
BACINO 2	3.2*	PF 1	4.62	438.01	438.28	438.25	438.34	0.012293	1.05	4.41	25.26	0.80
BACINO 2	3	PF 1	4.62	437.92	438.17	438.13	438.22	0.010999	1.01	4.55	25.21	0.76
BACINO 2	2	PF 1	4.62	437.46	437.75	437.68	437.79	0.006931	0.88	5.24	25.35	0.62
BACINO 2	1	PF 1	4.62	437.00	437.15	437.15	437.21	0.022169	1.09	4.25	35.97	1.01

FIG 36 Parametri idraulici del calcolo in moto permanente – ASTA 2

Si specifica che le sezioni sono numerate in modo decrescente da monte verso valle, mentre le distanze progressive in modo crescente da valle verso monte.

Nelle figure seguenti (cfr. figure seguenti) sono riportati la planimetria con le sezioni trasversali, il profilo longitudinale al passaggio dell'onda di piena due centennale.



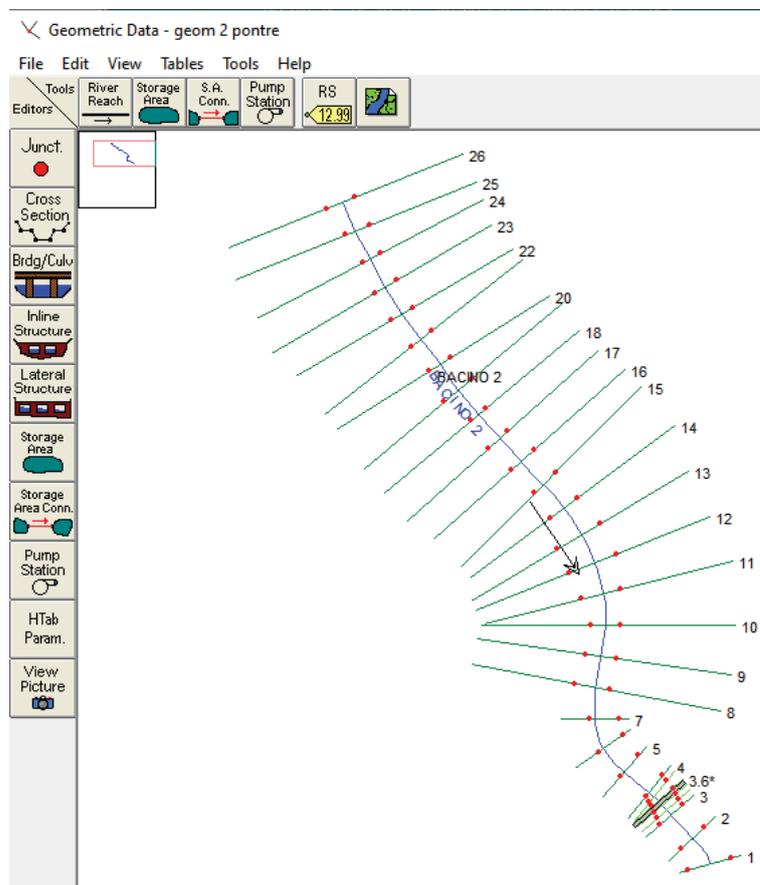


FIG 37 Schematizzazione reticolo con indicazione delle sezioni su interfaccia Hec-ras – ASTA 2

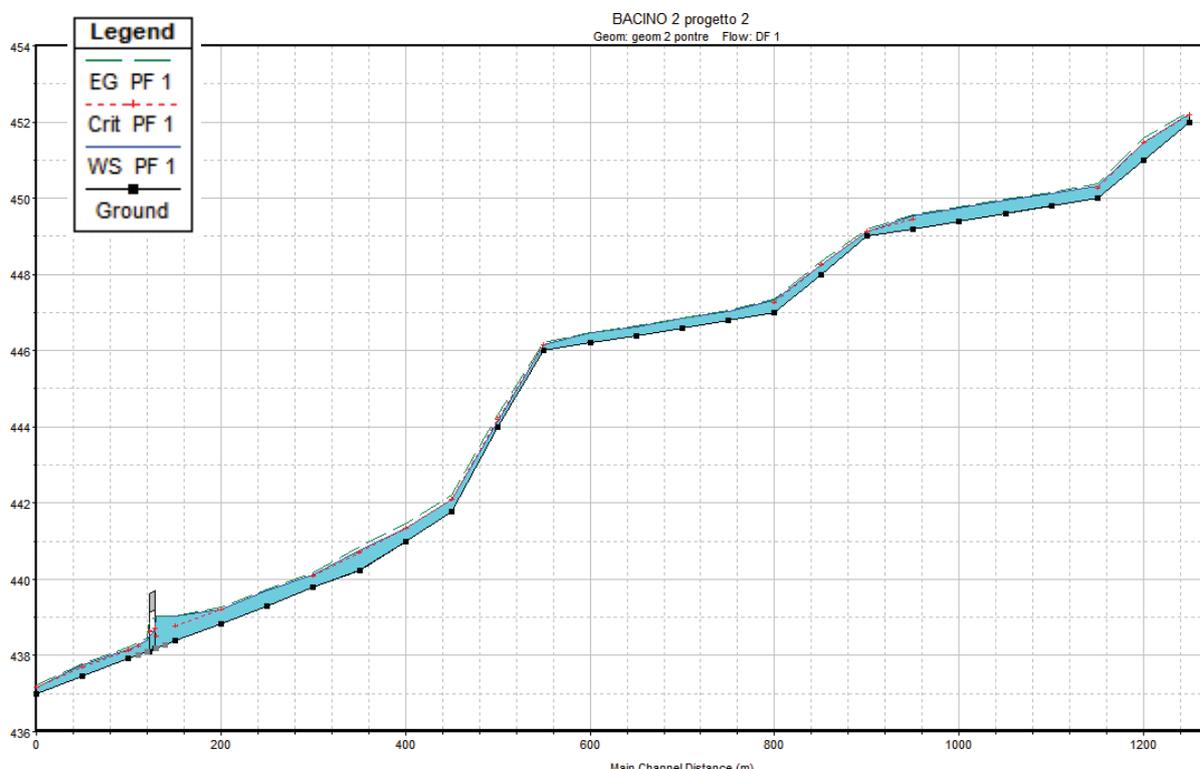


FIG 38 Profilo longitudinale di moto permanente – ASTA 2

(è rappresentato graficamente il livello idrico corrispondente alla piena con $Tr=200$ anni)

Dalla modellazione in HEC-RAS sono state individuate le aree contermini al corso d'acqua in esame interessate dal transito della portata duecentennale retinate in ciano nella figura che segue.

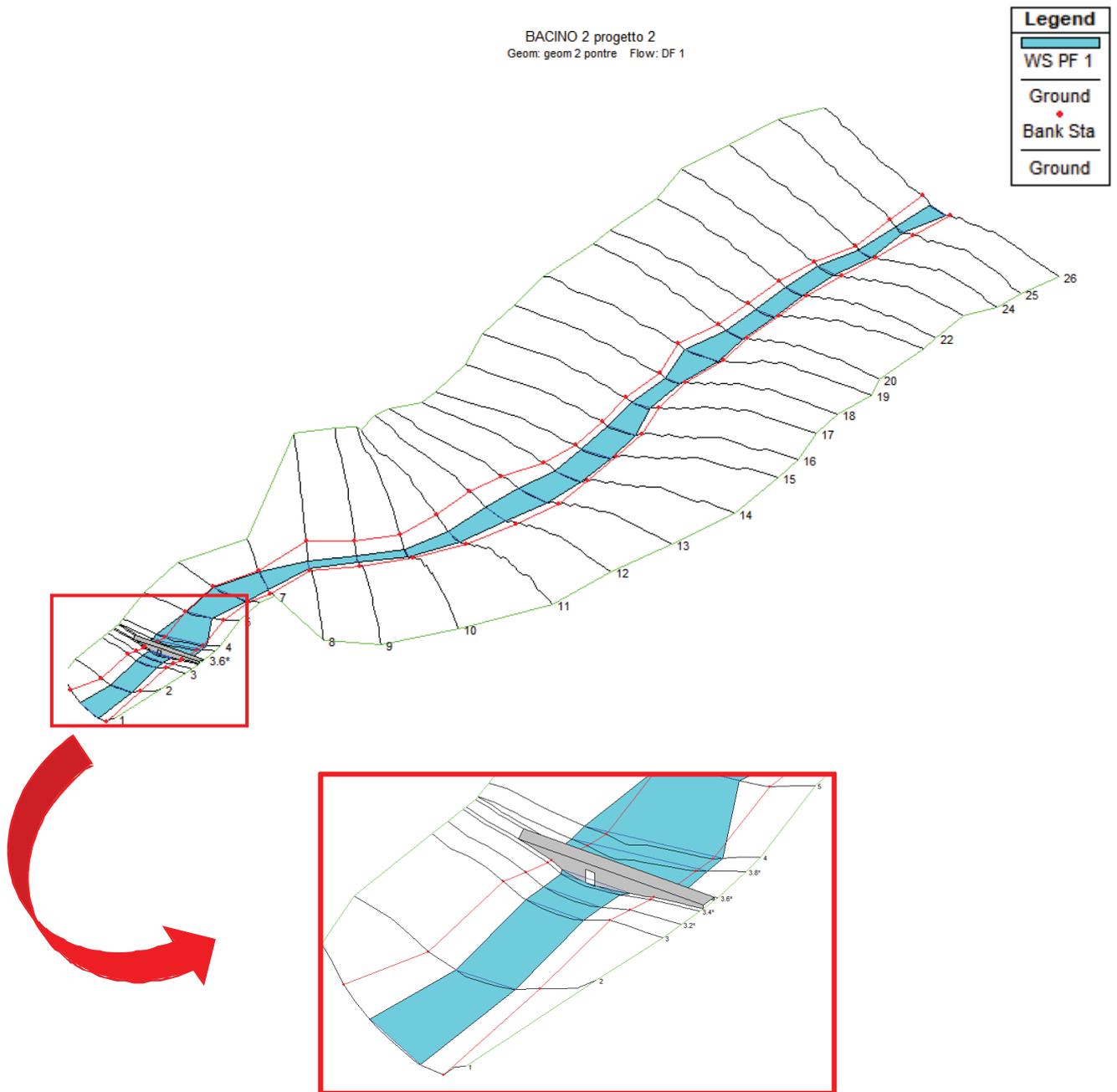


FIG 39 Rappresentazione tridimensionale aree di esondazione su interfaccia Hec-ras – ASTA 2 (con particolare dell'attraversamento esistente Contrada S. Domenico)



FIG 40 Planimetria con indicazione delle aree inondabili duecentennali – ASTA 2

Tale risultato è possibile desumerlo anche dalla consultazione delle sezioni trasversali, dalle quali sono evidenti i livelli idrici di piena per ogni sezione (in allegato quaderno delle sezioni ASTA 2).

E' di tutta evidenza che i pannelli verranno posizionati al di fuori dell'area di esondazione individuata.

10.3. ASTA 3



FIG 41 Planimetria con indicazione del reticolo ASTA ASTE 3- 3' e 3''

Per lo studio del reticolo denominato ASTA 3, sono stati riportati anche i due affluenti situati in destra idraulica e denominati nel presente studio ASTA 3' (innesto sez 8) e ASTA 3'' (innesto nella sez 20).

Lungo la "ASTA 3" sono state individuate ed analizzate n.40 sezioni; dalla n.3.14 alla n.3.30 le sezioni sono regolari e sagomate a forma trapezia in terra. In prossimità delle sezioni n.3.20 e della n.3.16 sono stati riprodotti due piccoli attraversamenti che consentono alla strada che conduce alla Stazione e l'altra all'impianto; nella sezione tra la 3.0.34 e la 3.0.35 è stata inserita l'intersezione stradale con l'opera di attraversamento esistente sulla Contrada San Domenico

L'ASTA 3'' è stata modellata con n. 11 sezioni, dalla 1 alla 11, così come l'ASTA 3', con sezioni numerate dalla 0 alla 10.

Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza massima installata pari a 53,48 MWp e potenza di immissione pari a 59,99 MW e relative opere di connessione alla RTN da realizzarsi in "Contrada Pezze di Panni" nel Comune di Gravina in Puglia (BA)

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/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 (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
ASTA 3	3	30	PF 1	1.32	452.00	452.74	452.41	452.79	0.003608	1.02	1.29	1.99	0.41
ASTA 3	3	29	PF 1	1.32	451.84	452.53		452.59	0.004522	1.11	1.19	1.96	0.46
ASTA 3	3	28	PF 1	1.32	451.61	452.31		452.37	0.004279	1.09	1.21	1.97	0.44
ASTA 3	3	27	PF 1	1.32	451.40	452.09		452.15	0.004552	1.11	1.18	1.96	0.46
ASTA 3	3	26	PF 1	1.32	451.18	451.73		451.83	0.009034	1.43	0.93	1.87	0.65
ASTA 3	3	25	PF 1	1.32	450.64	451.11	451.06	451.26	0.015160	1.71	0.77	1.81	0.84
ASTA 3	3	24	PF 1	1.32	450.00	450.54		450.65	0.009600	1.46	0.91	1.86	0.67
ASTA 3	3	23	PF 1	1.32	449.50	450.02		450.14	0.010865	1.52	0.87	1.85	0.71
ASTA 3	3	22	PF 1	1.32	449.00	449.57		449.67	0.008014	1.37	0.97	1.88	0.61
ASTA 3	3	21	PF 1	1.32	448.56	449.42	448.97	449.46	0.002235	0.86	1.54	2.07	0.32
ASTA 3	3	20.5		Bridge									
ASTA 3	3	20	PF 1	5.90	448.00	449.32		449.59	0.011375	2.30	2.57	2.38	0.71
ASTA 3	3	19	PF 1	5.90	447.30	449.02		449.17	0.005614	1.74	3.39	2.45	0.47
ASTA 3	3	18	PF 1	5.90	447.00	448.75		448.90	0.005282	1.70	3.47	2.47	0.46
ASTA 3	3	17	PF 1	5.90	446.72	448.49		448.63	0.005142	1.68	3.51	2.47	0.45
ASTA 3	3	16	PF 1	5.90	446.50	448.19		448.35	0.006174	1.80	3.28	2.39	0.49
ASTA 3	3	15.8°	PF 1	5.90	446.44	448.13		448.29	0.006041	1.79	3.30	2.41	0.49
ASTA 3	3	15.6°	PF 1	5.90	446.37	448.07		448.23	0.005888	1.77	3.33	2.43	0.48
ASTA 3	3	15.4°	PF 1	5.90	446.31	448.01		448.17	0.005716	1.75	3.37	2.45	0.48
ASTA 3	3	15.2°	PF 1	5.90	446.24	447.95	447.33	448.11	0.005818	1.76	3.35	2.42	0.48
ASTA 3	3	15.1		Bridge									
ASTA 3	3	15	PF 1	5.90	446.18	447.90	447.26	448.05	0.005652	1.74	3.39	2.44	0.47
ASTA 3	3	14	PF 1	5.90	446.00	447.07	447.07	447.52	0.022683	2.98	1.98	2.21	1.01
ASTA 3	3	13	PF 1	5.90	446.00	446.34	446.15	446.35	0.001299	0.48	12.19	41.27	0.28
ASTA 3	3	12	PF 1	5.90	446.00	446.27		446.28	0.001448	0.45	13.23	54.99	0.29
ASTA 3	3	11	PF 1	5.90	445.97	446.17	446.09	446.18	0.002809	0.50	11.83	68.31	0.38
ASTA 3	3	10	PF 1	5.90	445.75	445.83	445.83	445.87	0.025006	0.87	6.82	89.76	1.00
ASTA 3	3	9	PF 1	5.90	445.00	445.43	445.13	445.43	0.000362	0.30	19.75	52.85	0.16
ASTA 3	3	8	PF 1	9.61	445.00	445.39		445.40	0.001041	0.49	19.62	55.28	0.26
ASTA 3	3	7	PF 1	9.61	445.00	445.17	445.17	445.25	0.020121	1.25	7.72	49.51	1.01
ASTA 3	3	6	PF 1	9.61	443.00	443.66	443.30	443.67	0.000869	0.56	17.25	34.97	0.25
ASTA 3	3	5	PF 1	9.61	443.00	443.56		443.60	0.003061	0.88	10.97	29.04	0.45
ASTA 3	3	4	PF 1	9.61	443.00	443.19	443.19	443.28	0.019185	1.30	7.39	42.89	1.00
ASTA 3	3	3	PF 1	9.61	442.00	442.29	442.21	442.33	0.006161	0.97	9.93	38.22	0.61
ASTA 3	3	2°	PF 1	9.61	441.55	441.94		442.00	0.007049	1.11	8.68	30.21	0.66
ASTA 3	3	1	PF 1	9.61	441.09	441.79		441.83	0.001971	0.79	12.22	27.28	0.38
ASTA 3	3	0.6	PF 1	9.61	441.00	441.73		441.75	0.001104	0.66	14.61	27.57	0.29
ASTA 3	3	0.5	PF 1	9.61	441.00	441.65		441.68	0.001824	0.79	12.22	25.73	0.36
ASTA 3	3	0.4	PF 1	9.61	441.00	441.52		441.56	0.003178	0.88	10.92	29.48	0.46
ASTA 3	3	.38°	PF 1	9.61	440.60	441.53		441.54	0.000341	0.41	23.44	41.09	0.17
ASTA 3	3	.36°	PF 1	9.61	440.20	441.54	440.61	441.54	0.000072	0.26	39.56	50.23	0.08
ASTA 3	3	0.35		Culvert									
ASTA 3	3	.34°	PF 1	9.61	439.80	440.24	440.24	440.38	0.016853	1.66	5.80	21.23	1.01
ASTA 3	3	.32°	PF 1	9.61	439.40	439.78	439.87	440.09	0.052017	2.46	3.90	18.31	1.70
ASTA 3	3	0.3	PF 1	9.61	439.00	439.45	439.51	439.67	0.029903	2.06	4.67	18.92	1.32
ASTA 3	3	0.2	PF 1	9.61	438.18	438.66	438.66	438.82	0.016285	1.73	5.54	18.44	1.01
ASTA 3	3	0.1	PF 1	9.61	437.00	437.45	437.52	437.69	0.032755	2.17	4.43	17.75	1.39



River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/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 (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
ASTA 3'	3'	11	PF 1	1.79	452.00	452.76	452.50	452.85	0.005995	1.34	1.34	2.01	0.52
ASTA 3'	3'	10.*	PF 1	1.79	451.67	452.43		452.52	0.006018	1.34	1.34	2.01	0.52
ASTA 3'	3'	9.*	PF 1	1.79	451.33	452.10		452.19	0.005999	1.34	1.34	2.01	0.52
ASTA 3'	3'	8.*	PF 1	1.79	451.00	451.76		451.85	0.005993	1.34	1.34	2.01	0.52
ASTA 3'	3'	7.*	PF 1	1.79	450.67	451.43		451.52	0.006021	1.34	1.34	2.01	0.52
ASTA 3'	3'	6.*	PF 1	1.79	450.33	451.10		451.19	0.005994	1.34	1.34	2.01	0.52
ASTA 3'	3'	5.*	PF 1	1.79	450.00	450.76		450.85	0.005983	1.34	1.34	2.01	0.52
ASTA 3'	3'	4.*	PF 1	1.79	449.67	450.43		450.52	0.005867	1.33	1.35	2.01	0.52
ASTA 3'	3'	3	PF 1	1.79	449.33	450.14		450.22	0.005057	1.26	1.42	2.04	0.48
ASTA 3'	3'	2	PF 1	1.79	449.00	449.55	449.50	449.74	0.016709	1.94	0.92	1.87	0.88
ASTA 3'	3'	1	PF 1	1.79	448.00	449.08	448.51	449.12	0.002001	0.89	2.01	2.22	0.30
ASTA 3'	3'	10	PF 1	2.76	451.00	451.04	451.04	451.05	0.030026	0.57	4.87	137.44	0.96
ASTA 3'	3'	9.*	PF 1	2.76	450.50	450.59	450.55	450.60	0.004331	0.39	7.15	83.86	0.42
ASTA 3'	3'	8	PF 1	2.76	450.00	450.12	450.12	450.17	0.024047	0.97	2.86	30.71	1.01
ASTA 3'	3'	7	PF 1	2.76	449.00	449.42	449.27	449.44	0.002709	0.65	4.24	15.92	0.40
ASTA 3'	3'	6	PF 1	2.76	449.00	449.09	449.09	449.13	0.024235	0.92	2.99	34.56	1.00
ASTA 3'	3'	5	PF 1	2.76	448.00	448.36	448.19	448.37	0.001684	0.49	5.64	22.82	0.31
ASTA 3'	3'	4	PF 1	2.76	448.00	448.11	448.11	448.16	0.019448	0.97	2.86	26.16	0.93
ASTA 3'	3'	3	PF 1	2.76	447.00	447.19	447.18	447.24	0.017346	1.08	2.55	18.05	0.92
ASTA 3'	3'	2	PF 1	2.76	446.02	446.24	446.24	446.32	0.019624	1.28	2.15	12.97	1.00
ASTA 3'	3'	1	PF 1	2.76	445.11	445.46	445.42	445.51	0.011343	1.08	2.55	13.14	0.78
ASTA 3'	3'	0	PF 1	2.76	445.00	445.15	445.07	445.16	0.002004	0.38	7.36	50.55	0.31

FIG 42 Parametri idraulici del calcolo in moto permanente – ASTA 3 – 3' – 3''

I risultati ottenuti sono riportati nella tabella precedente. Si specifica che le sezioni sono numerate in modo decrescente da monte verso valle, mentre le distanze progressive in modo crescente da valle verso monte.



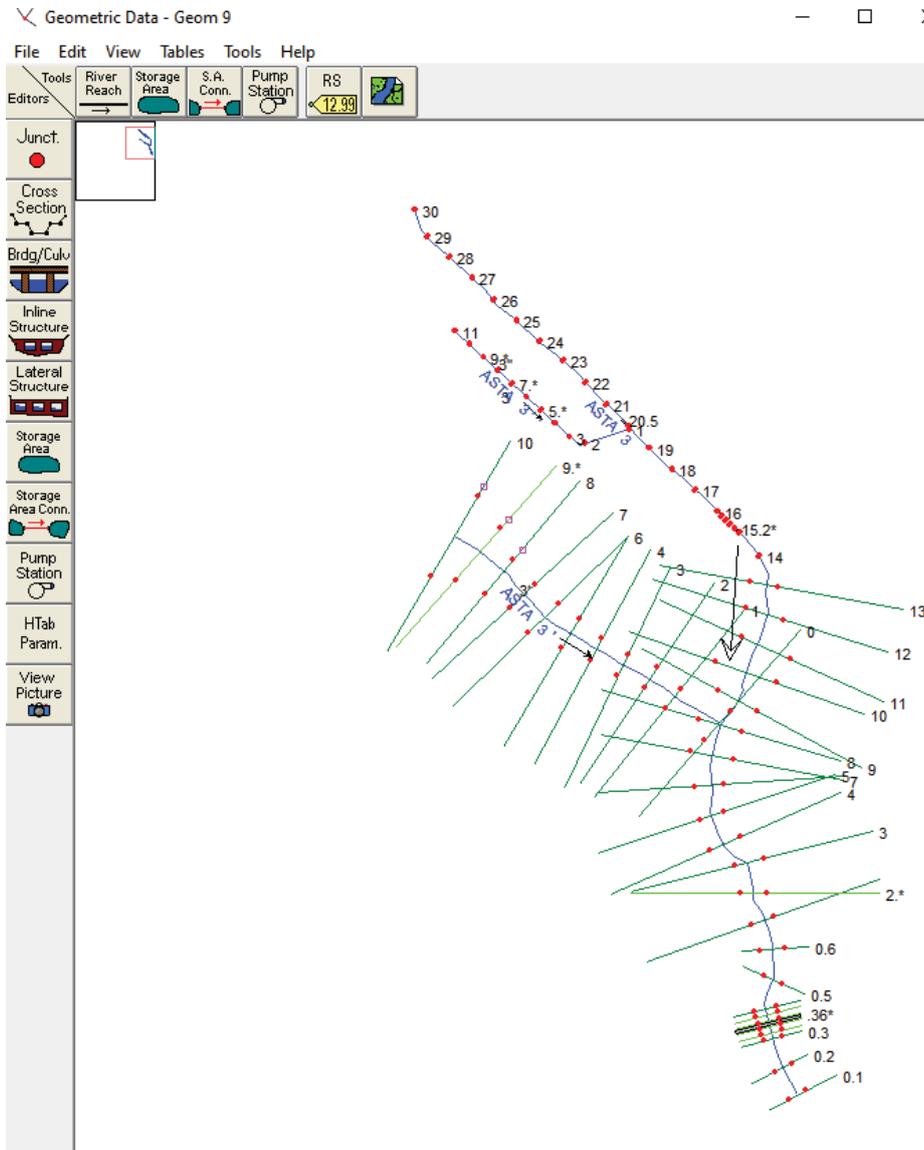


FIG 43 Schematizzazione reticolo con indicazione delle sezioni su interfaccia Hec-ras – ASTE 3- 3' e 3''

Nelle figure seguenti (cfr. figure seguenti) è riportato il profilo longitudinale al passaggio dell'onda di piena due centennale.

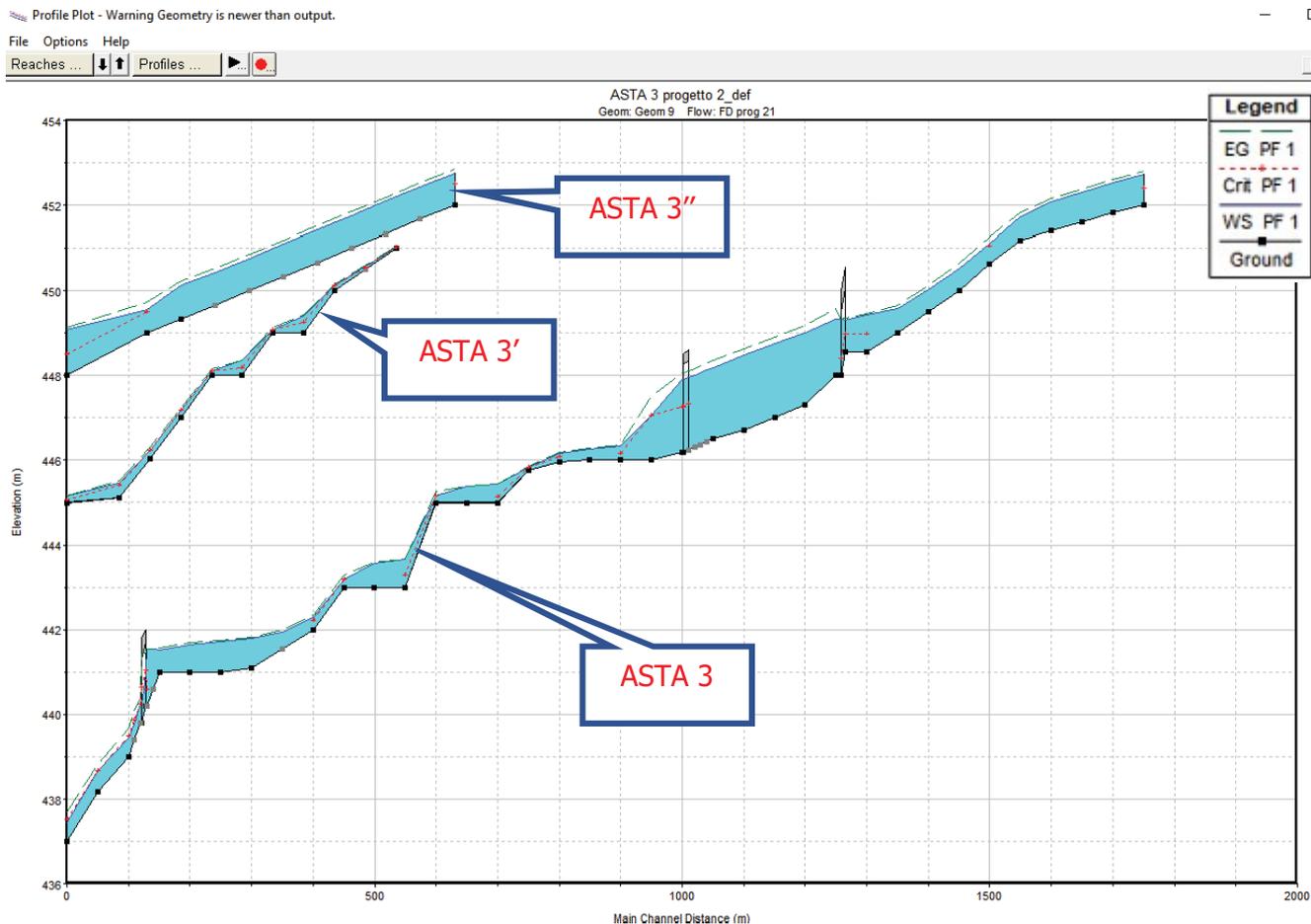


FIG 44 Profilo longitudinale di moto permanente – ASTE 3- 3' e 3''

(è rappresentato graficamente il livello idrico corrispondente alla piena con $Tr=200$ anni)

Dalla modellazione in HEC-RAS sono state individuate le aree contermini al corso d'acqua in esame interessate dal transito della portata duecentennale retinate in ciano nella figura che segue.

Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza massima installata pari a 53,48 MWp e potenza di immissione pari a 59,99 MW e relative opere di connessione alla RTN da realizzarsi in "Contrada Pezze di Panni" nel Comune di Gravina in Puglia (BA)

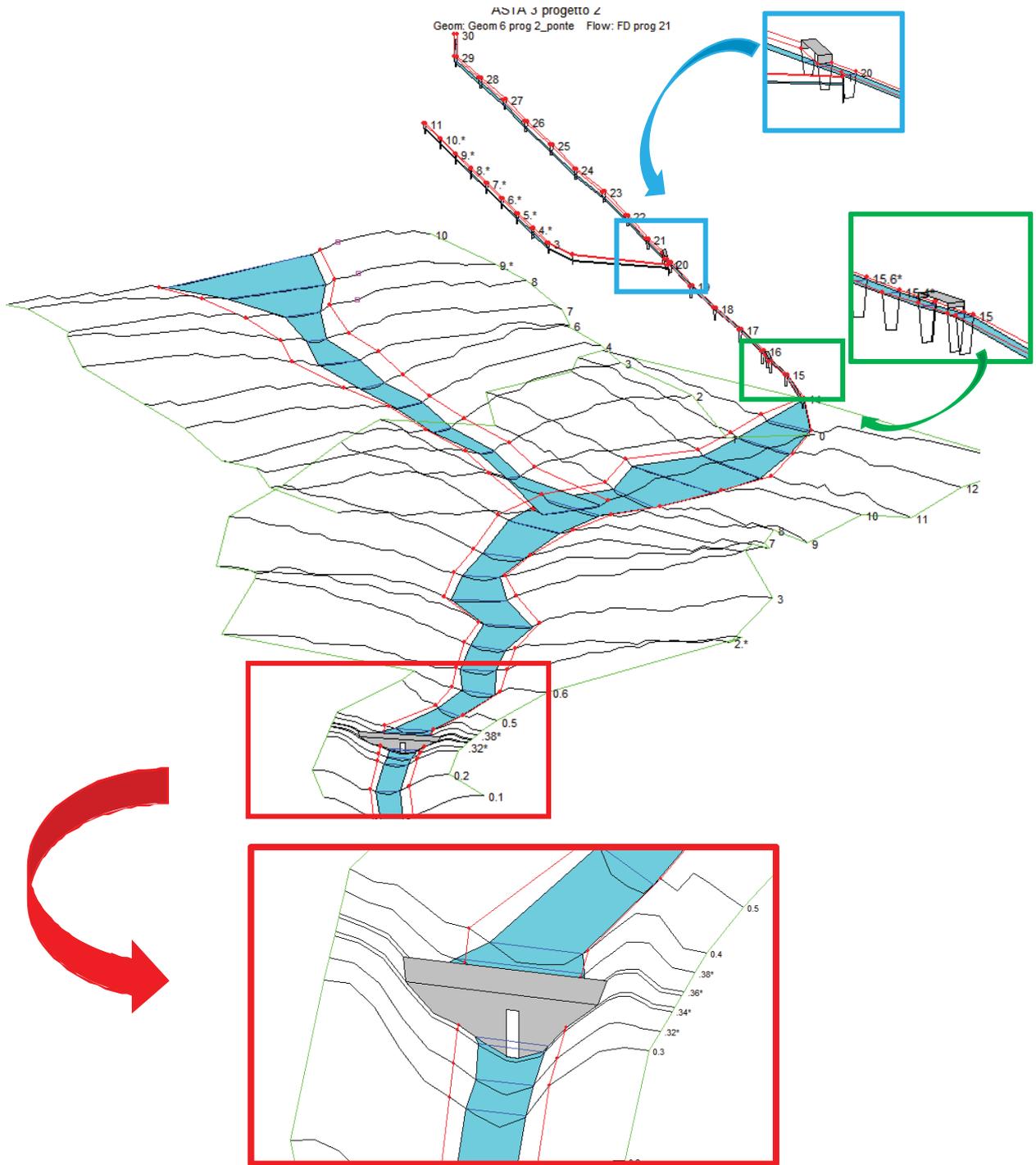


FIG 45 Rappresentazione tridimensionale aree di esondazione su interfaccia Hec-ras – ASTE 3- 3' e 3''
(con particolare degli attraversamenti)

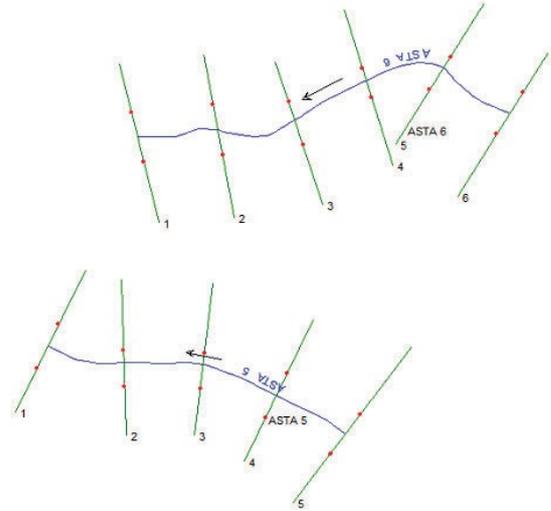
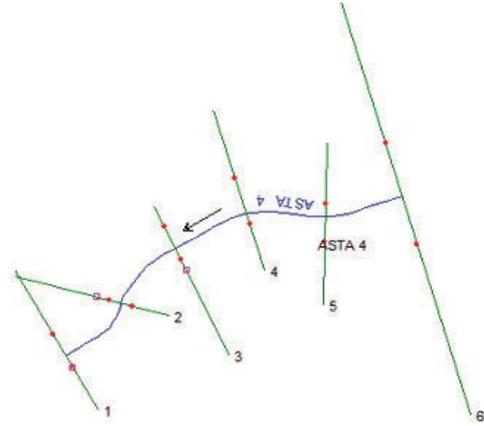


FIG 46 Planimetria con indicazione delle aree inondabili duecentennali – ASTE 3- 3' e 3''

Tale risultato è possibile desumerlo anche dalla consultazione delle sezioni trasversali, dalle quali sono evidenti i livelli idrici di piena per ogni sezione (in allegato quaderno delle sezioni ASTA 3).

E' di tutta evidenza che i pannelli verranno posizionati al di fuori dell'area di esondazione individuata.

10.4. ASTE 4 – 5 – 6 – 7- 8 – 9



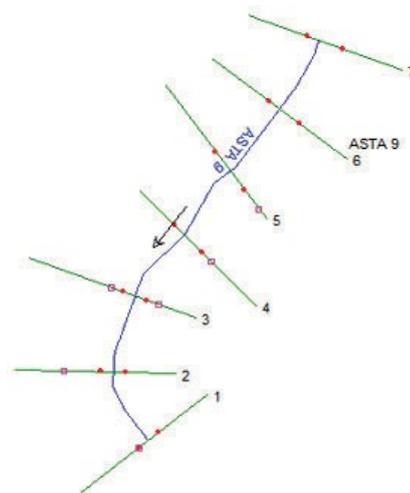
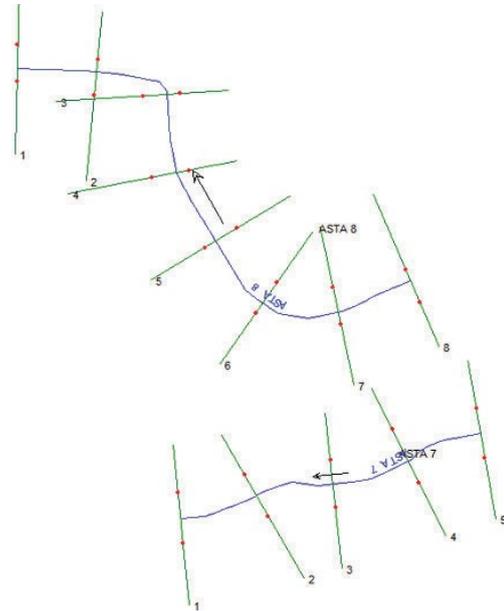


FIG 47 Planimetria con indicazione dei reticoli ASTE 4 – 5 – 6 – 7- 8 – 9, su dwg base ortofoto e su interfaccia HecRas

Nella modellazione sui reticoli in parola sono state individuate ed analizzate le seguenti sezioni:

- ASTA 4 n. 6 sezioni; con un passo costante di circa 50 m;
- ASTA 5 n. 5 sezioni; con un passo costante di circa 50 m;
- ASTA 6 n. 6 sezioni; con un passo costante di circa 50 m;

- ASTA 7 n. 5 sezioni; con un passo costante di circa 50 m;
- ASTA 8 n. 8 sezioni; con un passo costante di circa 50 m;
- ASTA 9 n. 7 sezioni; con un passo costante di circa 50 m.

i risultati ottenuti sono riportati nella tabella seguente (cfr. tabelle seguenti).

Profile Output Table - Standard Table 1

File Options Std. Tables Locations Help

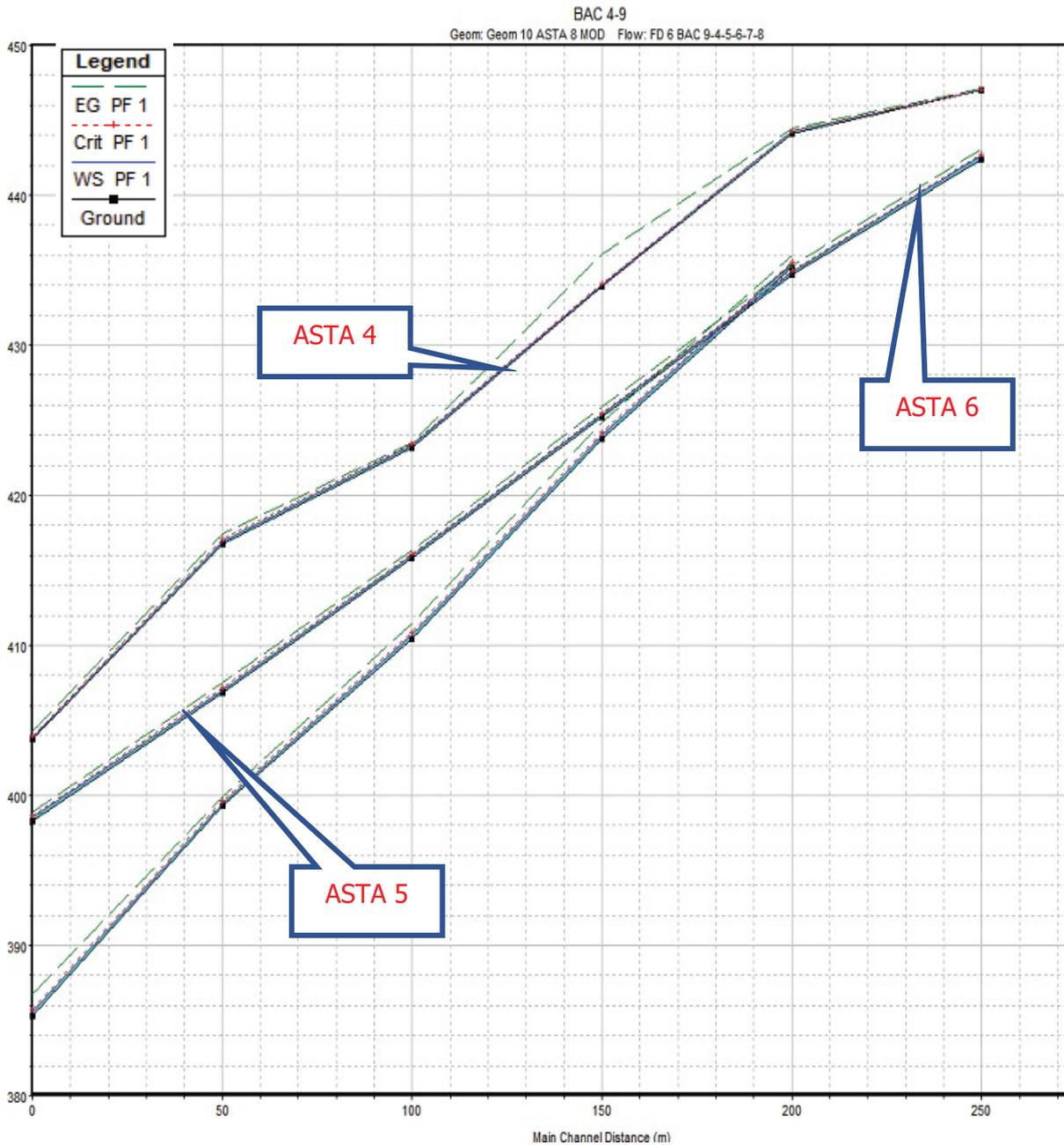
River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
ASTA 9	ASTA 9	7	PF 1	3.66	451.91	452.05	452.10	452.24	0.131101	1.96	1.96	28.64	2.28
ASTA 9	ASTA 9	6	PF 1	3.66	445.36	445.57	445.67	445.91	0.121801	2.55	1.44	12.12	2.36
ASTA 9	ASTA 9	5	PF 1	3.66	436.32	436.44	436.53	436.86	0.295418	2.87	1.27	17.49	3.40
ASTA 9	ASTA 9	4	PF 1	3.66	428.87	429.04	429.11	429.27	0.091182	2.14	1.71	15.19	2.03
ASTA 9	ASTA 9	3	PF 1	3.66	424.43	424.68	424.68	424.68	0.000151	0.09	15.53	40.31	0.08
ASTA 9	ASTA 9	2	PF 1	3.66	417.15	417.26	417.42	423.98	7.453112	11.49	0.32	6.15	16.11
ASTA 9	ASTA 9	1	PF 1	3.66	411.65	411.83	411.83	411.83	0.000051	0.04	26.33	56.63	0.05
ASTA 8	ASTA 8	8	PF 1	1.82	444.53	444.72	444.81	445.08	0.188324	2.68	0.68	7.40	2.82
ASTA 8	ASTA 8	7	PF 1	1.82	435.13	435.32	435.41	435.68	0.187550	2.68	0.68	7.35	2.81
ASTA 8	ASTA 8	6	PF 1	1.82	426.65	426.84	426.93	427.16	0.155129	2.50	0.73	7.61	2.57
ASTA 8	ASTA 8	5	PF 1	1.82	418.47	418.66	418.75	419.00	0.171726	2.59	0.70	7.47	2.70
ASTA 8	ASTA 8	4	PF 1	1.82	410.29	410.41	410.48	410.68	0.160569	2.33	0.78	9.29	2.56
ASTA 8	ASTA 8	3	PF 1	1.82	404.93	405.07	405.12	405.24	0.077886	1.85	0.99	9.65	1.84
ASTA 8	ASTA 8	2	PF 1	1.82	401.29	401.43	401.48	401.59	0.068497	1.77	1.03	9.72	1.74
ASTA 8	ASTA 8	1	PF 1	1.82	391.61	391.68	391.79	392.61	1.186929	4.26	0.43	9.22	6.31
ASTA 7	ASTA 7	5	PF 1	1.91	441.08	441.27	441.39	441.78	0.244102	3.15	0.61	6.27	3.23
ASTA 7	ASTA 7	4	PF 1	1.91	428.89	429.05	429.15	429.46	0.247628	2.81	0.68	8.41	3.16
ASTA 7	ASTA 7	3	PF 1	1.91	411.72	411.93	412.10	412.98	0.455285	4.54	0.42	4.00	4.47
ASTA 7	ASTA 7	2	PF 1	1.91	401.67	401.79	401.86	402.03	0.124070	2.19	0.87	9.42	2.29
ASTA 7	ASTA 7	1	PF 1	1.91	391.16	391.35	391.48	392.08	0.365248	3.78	0.51	5.37	3.94
ASTA 6	ASTA 6	6	PF 1	2.48	442.43	442.63	442.74	443.04	0.155276	2.82	0.88	7.65	2.65
ASTA 6	ASTA 6	5	PF 1	2.48	434.70	434.91	435.00	435.26	0.155225	2.64	0.94	8.99	2.61
ASTA 6	ASTA 6	4	PF 1	2.48	425.24	425.39	425.50	425.88	0.230466	3.11	0.80	8.07	3.15
ASTA 6	ASTA 6	3	PF 1	2.48	415.78	415.97	416.07	416.36	0.159122	2.78	0.89	8.10	2.67
ASTA 6	ASTA 6	2	PF 1	2.48	406.87	407.04	407.15	407.50	0.198349	2.99	0.83	7.91	2.95
ASTA 6	ASTA 6	1	PF 1	2.48	398.32	398.51	398.60	398.87	0.150606	2.65	0.94	8.72	2.58
ASTA 5	ASTA 5	5	PF 1	2.61	435.25	435.46	435.59	436.02	0.230073	3.30	0.79	7.29	3.20
ASTA 5	ASTA 5	4	PF 1	2.61	423.74	424.04	424.22	424.85	0.215907	3.99	0.65	4.29	3.26
ASTA 5	ASTA 5	3	PF 1	2.61	410.46	410.68	410.83	411.49	0.339123	3.99	0.65	6.04	3.87
ASTA 5	ASTA 5	2	PF 1	2.61	399.28	399.51	399.62	399.94	0.164743	2.89	0.90	7.89	2.73
ASTA 5	ASTA 5	1	PF 1	2.61	385.30	385.52	385.70	386.71	0.484611	4.84	0.54	4.88	4.65
ASTA 4	ASTA 4	6	PF 1	1.97	447.00	447.04	447.05	447.08	0.055966	0.86	2.30	55.57	1.35
ASTA 4	ASTA 4	5	PF 1	1.97	444.13	444.28	444.32	444.42	0.050356	1.67	1.18	9.71	1.53
ASTA 4	ASTA 4	4	PF 1	1.97	433.91	433.98	434.10	436.09	3.949478	6.44	0.31	8.75	10.99
ASTA 4	ASTA 4	3	PF 1	1.97	423.16	423.37	423.43	423.53	0.071305	1.80	1.10	10.45	1.77
ASTA 4	ASTA 4	2	PF 1	1.97	416.76	416.95	417.07	417.46	0.247804	3.14	0.63	6.62	3.25
ASTA 4	ASTA 4	1	PF 1	1.97	403.78	403.87	403.95	404.25	0.326902	2.70	0.73	11.84	3.47

FIG 48 Parametri idraulici del calcolo in moto permanente - ASTE 4 – 5 – 6 – 7- 8 - 9



Si specifica che le sezioni sono numerate in modo decrescente da monte verso valle, mentre le distanze progressive in modo crescente da valle verso monte.

Nelle figure seguenti (cfr. figure seguenti) è riportato il profilo longitudinale al passaggio dell'onda di piena due centennale.



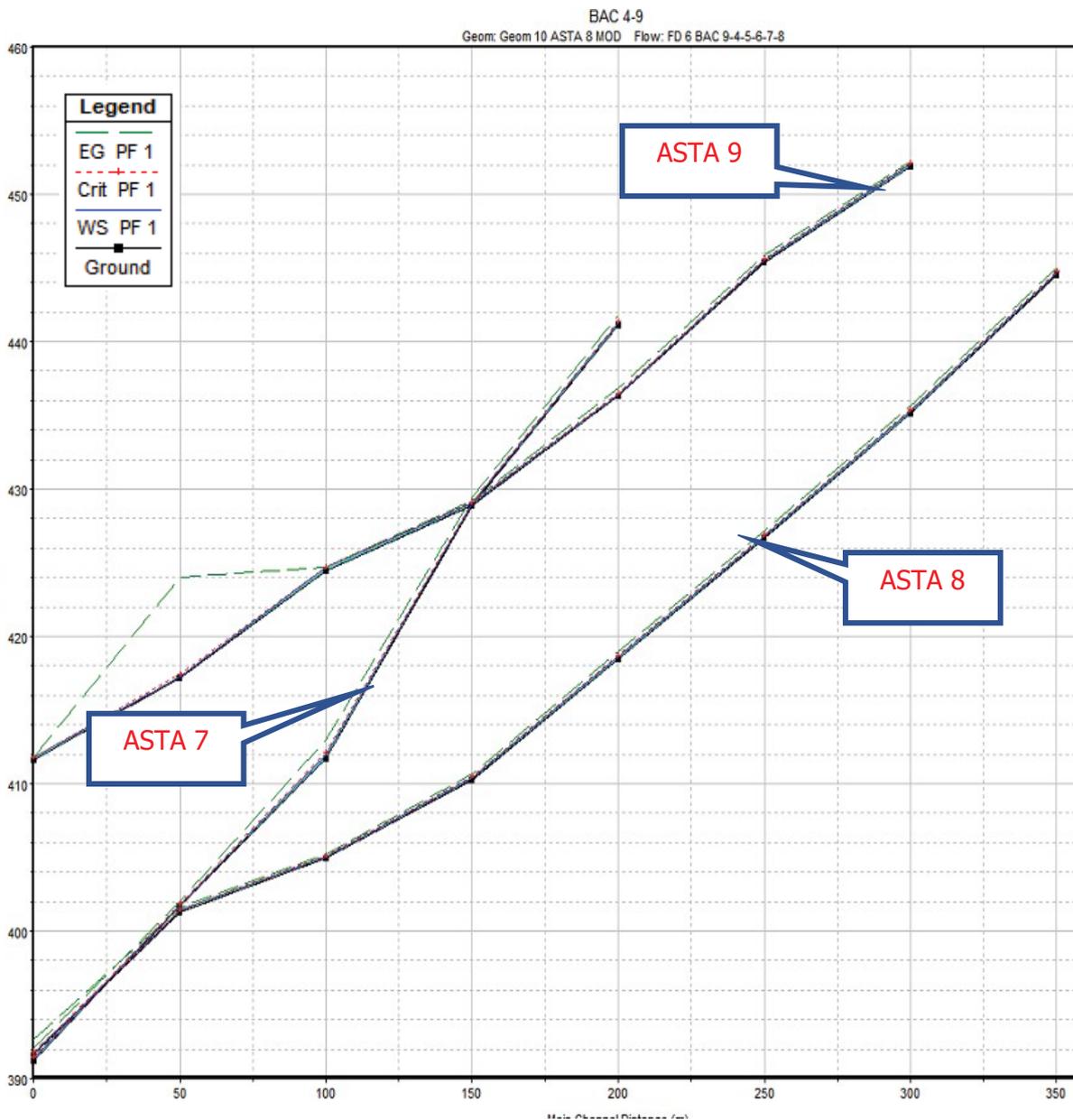


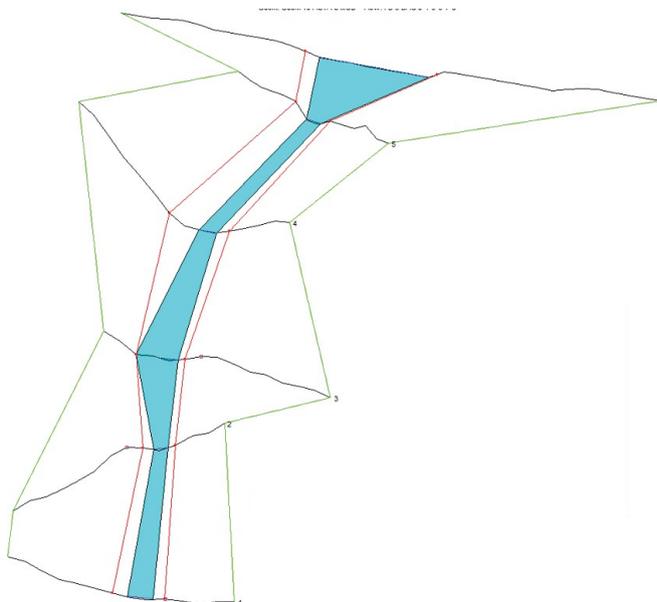
FIG 49 Profilo longitudinale di moto permanente – ASTE 4 – 5 – 6 – 7- 8 - 9

(è rappresentato graficamente il livello idrico corrispondente alla piena con $Tr= 200$ anni)

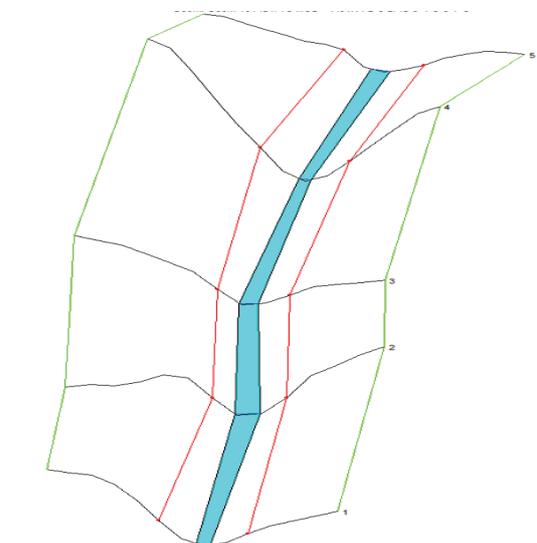


Dalla modellazione in HEC-RAS sono state individuate le aree contermini al corso d'acqua in esame interessate dal transito della portata duecentennale retinate in ciano nella figura che segue.

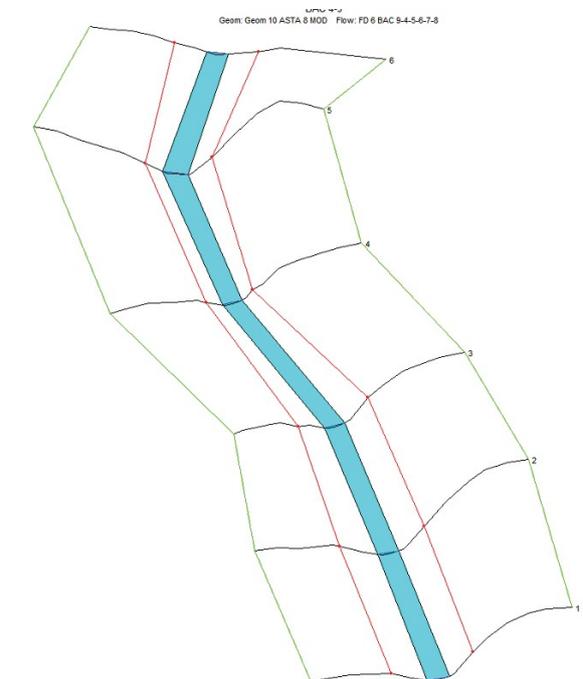
ASTA 4



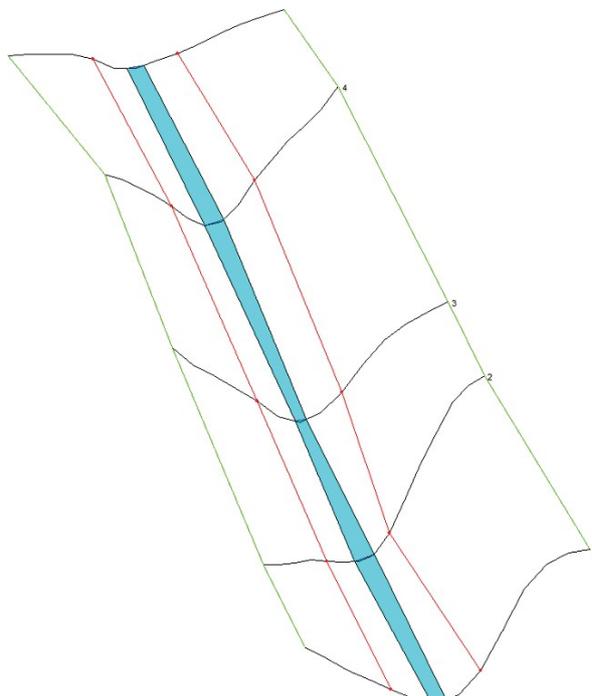
ASTA 5



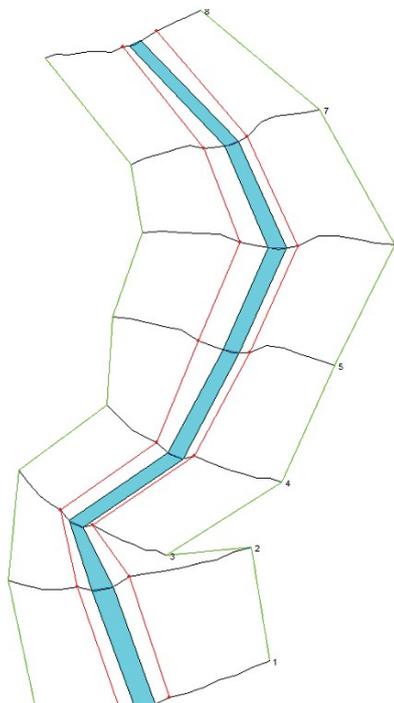
ASTA 6



ASTA 7



ASTA 8



ASTA 9

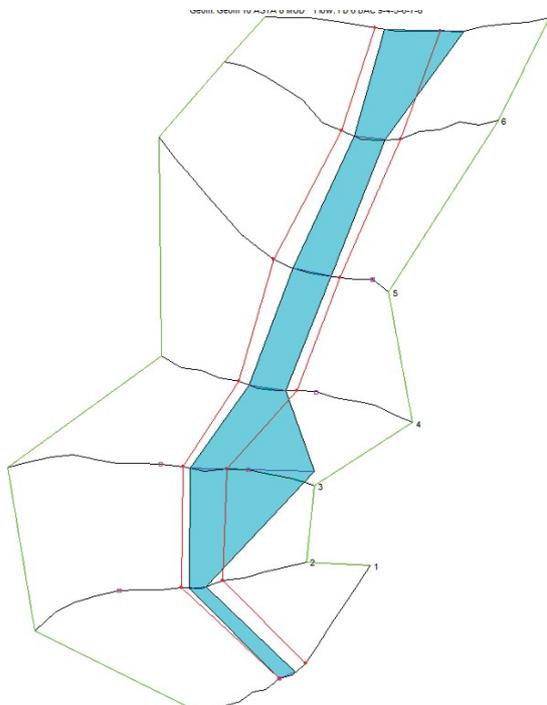


FIG 50 Rappresentazione tridimensionale aree di esondazione su interfaccia Hecras

– ASTE 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9

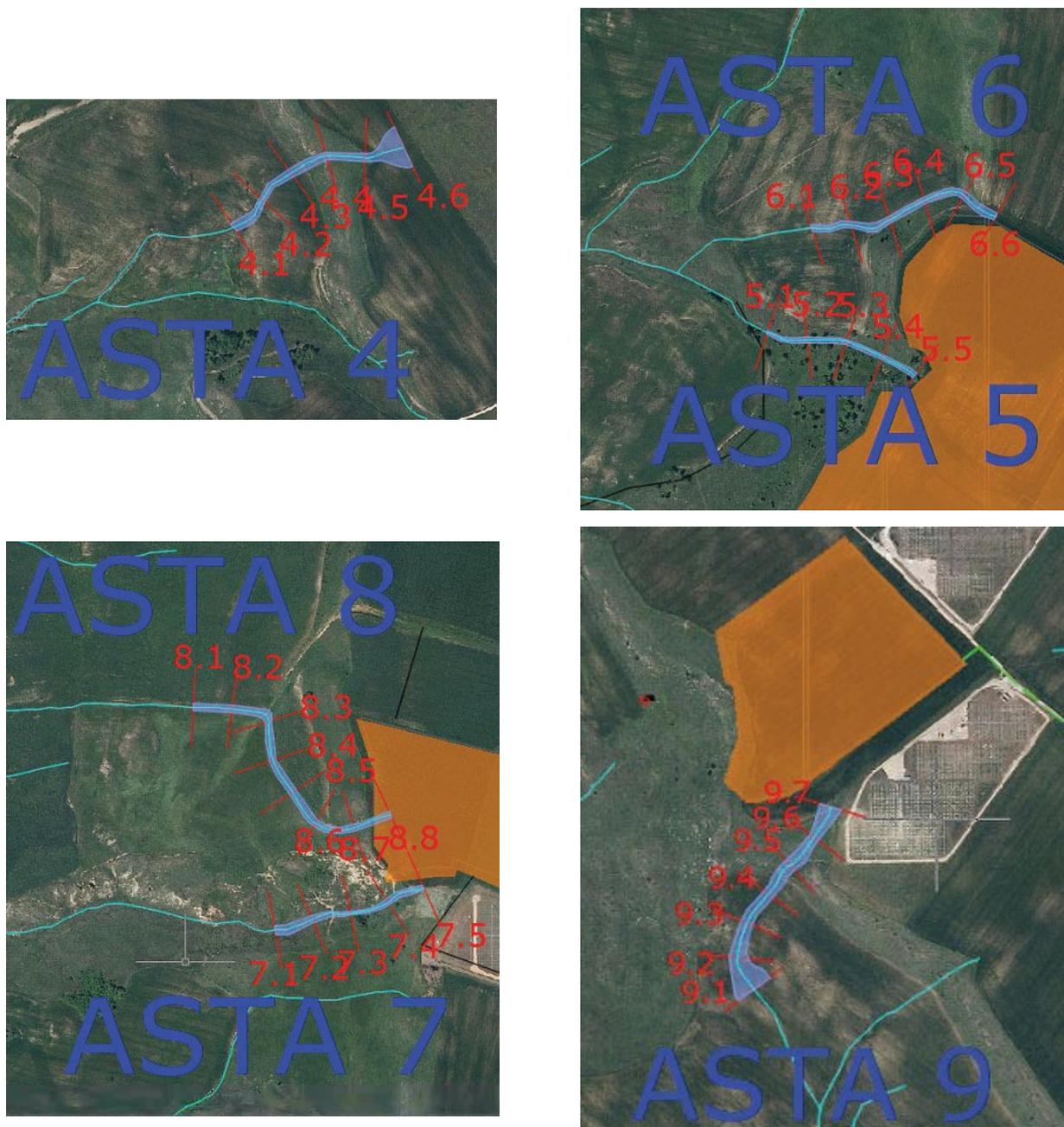


FIG 51 Planimetria con indicazione delle aree inondabili duecentennali – 4 – 5 – 6 – 7- 8 – 9

Tale risultato è possibile desumerlo anche dalla consultazione delle sezioni trasversali, dalle quali sono evidenti i livelli idrici di piena per ogni sezione (in allegato quaderni delle sezioni ASTA 4 – 5 – 6 – 7- 8 – 9).

CONCLUSIONI

Il presente studio è stato redatto al fine di valutare la compatibilità idrologica ed idraulica relativa al progetto per la realizzazione di un impianto da fonti rinnovabili da ubicare nel Comune di Gravina di Puglia.

Dai risultati desunti si è potuto rilevare il valore delle portate di interesse per i bacini idrografici di riferimento ed individuare le relative aree di esondazione pertanto l'impianto dei pannelli fotovoltaici a farsi (comprese le opere accessorie) sarà ubicato nelle aree esterne alle aree inondabili duecentennali ricavate.

Si può pertanto asserire che l'impianto in parola oltre a non essere interessato dagli eventi di piena non comporterà alcuna modifica al perimetro delle aree a rischio frane ed a rischio alluvioni e nessuna variazione del livello di sicurezza delle aree adiacenti.

Più specificatamente 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 oggetto di intervento si può certamente affermare che il passaggio delle portate di piena non determinerà situazioni di pericolo né per l'area circostante né per le opere a farsi.

Ad ulteriore garanzia di sicurezza il cavidotto di collegamento, interferente con il reticolo idrografico, realizzato con tecnica di Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC) verrà interrato fino ad una profondità minima di 1,50 m dal piano campagna e non comporterà alcuna modifica alla morfologia del reticolo idrografico, garantendo allo stesso tempo un ampio margine di sicurezza idraulica, sia nei confronti dei deflussi superficiali che di quelli (eventuali) sotterranei.

L'opera in progetto risulta pertanto compatibile con le finalità del Piano di Assetto Idraulico, garantendo altresì la sicurezza idraulica dell'area.



ALLEGATI

ALLEGATO 1 – Individuazione dei Bacini Idrografici su IGM 1:25.000

ALLEGATO 2 – Individuazione dei Bacini Idrografici su ortofoto

ALLEGATO 3 – Planimetria con indicazione delle intersezioni e dei parallelismi del cavidotto con il reticolo idrografico

ALLEGATO 4 – Planimetria con indicazione delle aree di esondazione - ASTA 1 e ASTA 2

ALLEGATO 5 – Planimetria con indicazione delle aree di esondazione – ASTA 3

ALLEGATO 6 – Planimetria con indicazione delle aree di esondazione - ASTE 4, 5, 6, 7, 8 e 9

ALLEGATO 7 – Quaderno delle sezioni – output HECRAS

