



REGIONE PUGLIA
PROVINCIA DI TARANTO
COMUNE DI TARANTO



PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE IN AREA SIN DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO GALLEGGIANTE (OFFSHORE) DELLA POTENZA DI 100 MW CON ANNESSO IMPIANTO DI PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE DA 25 MW, IMPIANTO DI MITILCOLTURA E STRUTTURE RELATIVE AL TURISMO SOSTENIBILE

ELABORATO:

PR06

STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA ED IDROLOGICA

PROPONENTE:



FLOATING MAR PICCOLO

M FLOATING MAR PICCOLO SRL
 P.zza Fontana 6, Milano
 20122, MI
 P.I. : 13013890960

ELABORATO DA:



ATECH

INGEGNERIA PER L'AMBIENTE

Via Caduti di Nassiriya, 55 - 70124 - Bari Tel. 080 3219948

Dott. Ing. Alessandro Antezza
 Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bari n. 10743

Alessandro Antezza



Visto:

il DIRETTORE TECNICO
 Dott. Ing. Orazio Tricarico
 Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bari n.4985



0	NOV 2023	C.C.	A.A.	O.T.	Elaborato Descrittivo
EM./REV.	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DESCRIZIONE

1. PREMESSA.....	2
2. AREE SOGGETTE A TUTELA DA PARTE DELL'AUTORITA' DI BACINO DELL'APPENNINO MERIDIONALE – SEDE PUGLIA	6
3. DESCRIZIONE DELLE INTERFERENZE.....	11
3.1. INTERSEZIONI CAVIDOTTO-RETICOLI IDROGRAFICI	16
4. DESCRIZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI.....	19
5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DEL BACINO DI STUDIO.....	20
6. ANALISI REGIONALE DELLE PIOGGE IN PUGLIA	22
6.1. CURVE DI POSSIBILITA' CLIMATICA	27
6.1.1. BACINO 11	31
6.1.2. BACINO 10	32
6.1.3. BACINO 9	34
6.1.4. BACINO 9	36
6.1.5. BACINO 7	38
6.1.6. BACINO 6	39
6.1.7. BACINO 5	41
6.1.8. BACINO 4	43
6.1.9. BACINO 3	44
6.1.10. BACINO 2	46
6.1.11. BACINO 1	48
7. ANALISI IDRAULICA	50
7.1. VALUTAZIONE PORTATE DI PIENA	50
7.2. CONSIDERAZIONI FINALI SULLA PORTATA DI PIENA	60
8. MODELLAZIONE IDRAULICA.....	62
9. CONCLUSIONI	76
10. ALLEGATI.....	77



1. PREMESSA

La presente Relazione di Compatibilità Idrologica ed Idraulica è stata redatta nell'ambito del progetto per la realizzazione in area SIN di un impianto fotovoltaico galleggiante (OFFSHORE) della potenza di 100 MW con annesso impianto di produzione di idrogeno verde da 25MW, impianto di mitilicoltura e strutture relative al turismo sostenibile.

L'impianto offshore prevede un'opera di connessione alla RTN da realizzare nei comuni di Taranto (TA) a circa 9,5km.

La società proponente è M FLOATING MAR PICCOLO SRL. con sede legale in P.zza Fontana n. 6 20122 MILANO (MI).

Il progetto è caratterizzato da una polivalenza funzionale in quanto prevede la realizzazione di impianti ad energie rinnovabili (fotovoltaico galleggiante e idrogeno verde), servizi dedicati ai fruitori (turisti e residenti) e attività di mitilicoltura. In questo modo le opere, se pur con funzionalità differenti, fanno parte di un progetto più ampio in grado di fornire servizi ed essere al contempo ambientamento sostenibile. In particolare le opere in progetto sono costituite da:

- ❖ un **impianto fotovoltaico offshore** nel Mar Piccolo per la produzione di energia rinnovabile da immettere in rete e necessaria alla produzione dell'Idrogeno; l'area utilizzabile al netto dei vincoli è circa 92ettari, mentre l'impianto è costituito da 140.000 moduli del tipo CANADIAN CS7L - 640 MS da 720W, per una potenza totale 100.800,00 kW;
- ❖ un **impianto di produzione di Idrogeno Verde** dalla potenza di 25MW collegato al parco fotovoltaico. La materia prima per la produzione di Idrogeno Verde sarà acqua demineralizzata, acquistata presso produttori industriali locali, senza avere scarichi o emissioni continue di liquidi, e limitando lo scarico di effluenti gassosi all'ossigeno verde purificato co-prodotto durante l'elettrolisi dell'acqua demineralizzata;
- ❖ **impianti di mitilicoltura integrato con le strutture galleggianti** con l'obiettivo di fornire nuove piattaforme per l'allevamento dei mitili fondamentali per ridurre la quantità di anidride carbonica presente in atmosfera e per offrire supporto all'economia locale; Impianto Long – line (mitilicoltura); sarebbe l'equivalente a mare di un impianto agrivoltaico. Tale impianto sarà realizzato a cura e spese della società M FLOATING MAR PICCOLO S.R.L. e dato in gestione ad un consorzio locale, col fine di conservare, ampliare e censire gli impianti di allevamento.
- ❖ **strutture galleggianti fruibili dalla cittadinanza**. Nell'ottica della carta europea del turismo sostenibile, si vuole offrire ai residenti e turisti e la possibilità di vivere un luogo della



città di Taranto poco esplorato ed utilizzato per attività ludico-ricreative, che versa al momento in stato di degrado ed abbandono. In sostanza il progetto prevede, in aggiunta alle strutture galleggianti dedicate al sostegno dei pannelli, una pista ciclabile galleggiante dalla quale si potranno raggiungere una serie di isole tematiche galleggianti, circondate da passerelle e piattaforme, sulle quali si potranno svolgere differenti attività sportive (bici, corsa, relax, sup), culturali e ricreative. La struttura verrà realizzata a cura e spese della società M FLOATING MAR PICCOLO S.R.L. nell'ambito del presente progetto, e ceduta alla amministrazione locale, andando ad arricchire il patrimonio territoriale e turistico.

- ❖ **Area a terra dedicata alla logistica ed all'interscambio** in cui si potranno parcheggiare le auto, con possibilità di ricarica per i mezzi elettrici, e usufruire di mezzi di micro mobilità (biciclette, scooter e/o caddy elettrici), messi a disposizione per raggiungere l'area ricreativa sul mare. La proposta progettuale è stata redatta in accordo con il programma di mobilità del PUMS di Taranto 2018, infatti sono stati valutati una serie di percorsi che promuoveranno lo sport e il turismo;
- ❖ **cavidotto di collegamento in cavo MT**, di lunghezza complessiva di circa 10 km tra la cabina d'impianto, sita all'interno dell'impianto fotovoltaico, con la stazione d'utenza AT/MT a servizio dell'impianto stesso. Il cavidotto percorrerà i territori comunali di Taranto, per lo più su viabilità pubblica. Il primo tratto sarà realizzato in TOC evitando così gli scavi e movimento di terreno in area vincolata;
- ❖ **stazione MT/AT di utenza** che serve ad elevare la tensione di impianto di 30 kV al livello di 150 kV, per il successivo collegamento alla sezione 150 kV della stazione di trasformazione della RTN di "380/200/150kV Taranto N2", città metropolitana di Taranto (TA). La stazione di utenza sarà ubicata nel Comune di Taranto, immediatamente a Ovest dell'area occupata dalla Stazione di rete Terna a 380/220/150 kV denominata "Taranto N2". Si precisa che la stazione di utenza sarà condivisa con altri impianti di altri produttori dar fonte rinnovabile.
- ❖ **nuovo cavidotto AT a 150 kV** che collega la sezione a 150 kV della SE di rete con la stazione di utenza dell'impianto fotovoltaico galleggiante. Il tracciato dell'elettrodotto in cavo interrato con tecnica TOC avrà lunghezza di circa 300 m nel comune di Taranto, interessando terreni ad uso agricolo raggiungendo così la sezione a 150 kV della stazione di rete "Taranto N2" prima raggiungere lo stallo dedicato.

Si tratta di un progetto innovativo che si pone i seguenti ed importanti obiettivi:



- integrare i benefici derivanti dalla produzione di energia elettrica ed idrogeno rinnovabile da fonte solare con l'installazione di impianti lineari di mitilcoltura, con l'intento di riordinare gli impianti esistenti e fornire benefici lavorativi agli abitanti del posto. Infatti il proponente ha intrapreso e siglato un protocollo di intesa con i consorzi di settore che si occuperanno della gestione degli impianti offrendo possibilità lavorative.

- Offrire ai cittadini e turisti dei servizi in una zona cittadina periferica poco utilizzata, quindi in stato di abbandono e degrado. Tramite piattaforme galleggianti, mezzi di micro mobilità elettrica e attrezzature sportive si vuole contribuire alla riqualificazione di tale area SIN, per la quale non sono mai stati attivati progetti alternativi e ricreativi. Il progetto, quindi, si pone l'obiettivo di dare un primo forte impulso e contribuire, seppure in una porzione ridotta, alla riconversione "green" di un polo industriale come quello dell'ex Ilva di Taranto.

Nella immagine seguente è riportato un inquadramento complessivo dell'intervento su ortofoto.



Figure 1 Inquadramento del progetto su base ortofoto

Il parco fotovoltaico galleggiante ha un'estensione di circa 92 ettari (ha), e si estende in un'area marginale del mar piccolo nei pressi degli impianti dell'ex Ilva.

La posizione geografica è ideale per l'installazione di un parco fotovoltaico flottante in quanto si necessita, per questo tipo di tecnologia di un'area marina riparata dalle correnti.

Infatti la tecnologia considerata in fase di progettazione consiste in piattaforme galleggianti sulla quale saranno adagiati i pannelli fotovoltaici. I pannelli sono fissi monofacciali, con tilt di 10°. L'impianto di produzione è costituito da 18 blocchi di pannelli fotovoltaici aventi una potenza unitaria variabile da 2 a 8 MWp cadauno per una potenza totale pari a circa 100 MWp.



Figure 2 Dettaglio area impianto con suddivisione dei Campi

Nei pressi dell'impianto sono previste delle aree dedicate all'intrattenimento e al turismo che offrono un'attrazione vivibile da tutta la cittadinanza e non solo. Tali aree galleggianti costeggeranno l'intero impianto FV e saranno collegate con delle passerelle ciclopedonali.



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

Poiché l'area di intervento ricade su un suolo di competenza dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale – Sede Puglia (di seguito semplicemente denominata AdBP), in relazione alle condizioni idrauliche, alla tutela dell'ambiente ed alla prevenzione da possibili effetti dannosi prodotti dall'intervento antropico proposto, sono prese in esame le Norme Tecniche di Attuazione del Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) redatte dalla stessa Autorità.

Conformemente al D.P.C.M. del 29 Settembre 1998, l'Autorità di Bacino ha individuato i tempi di ritorno T_r in 30, 200 e 500 anni per la determinazione, rispettivamente, delle aree soggette ad Alta Probabilità (A.P.), Media Probabilità (M.P.) e Bassa Probabilità (B.P.) di esondazione.

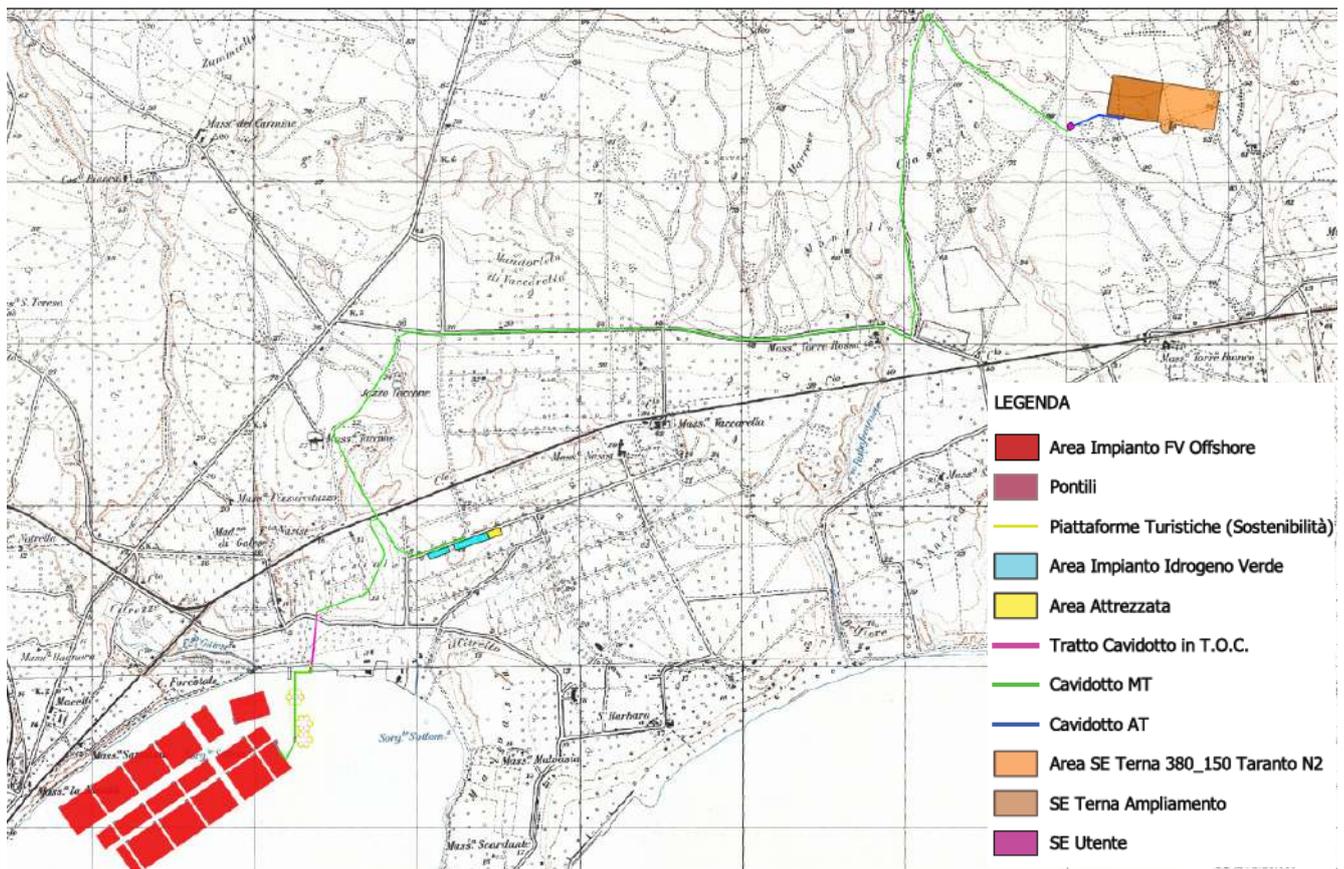


Figure 3 Planimetria di progetto su base IGM 1:25.000

Il cavidotto lungo il suo percorso, dall'impianto di produzione al punto di connessione TERNA, interseca in più punti il reticolo idrografico presente sia sulla carta IGM 1:25.000 che sulla carta idrogeomorfologica redatta dalla AdB Puglia (cfr.immagine 4).

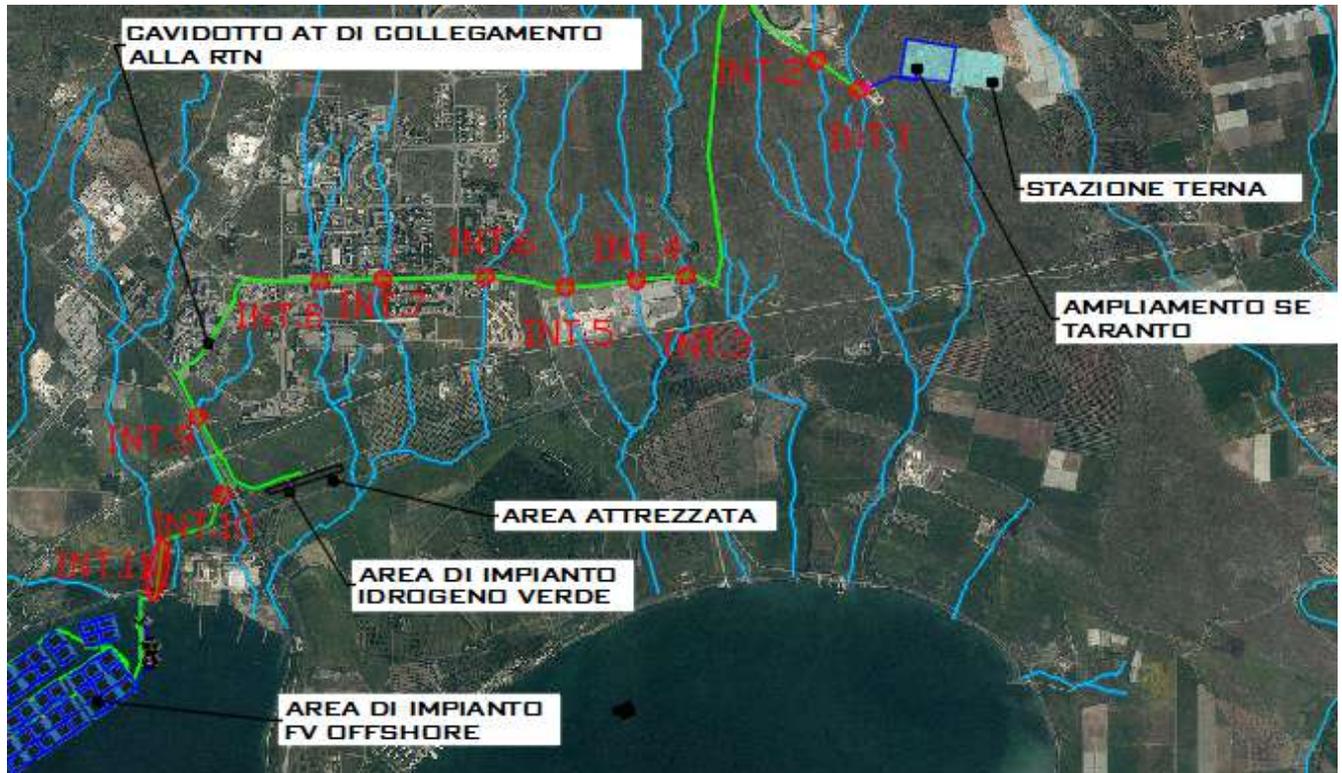


Figura 1 -Inquadramento del tracciato del cavidotto su Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia redatta dall'AdB

Dall'analisi della Carta delle Aree soggette a Rischio Idrogeologico del PAI, l'area di intervento non è perimetrata né per pericolosità idraulica né a vincolo per pericolosità geomorfologica

Tuttavia l'area di impianto è interessata dalla presenza del reticolo idrografico superficiale: il cavidotto lungo il suo percorso interferisce con il reticolo idrografico superficiale in undici punti distinti, tutti su strada esistente ad eccezione della n.1 nella quale si configura un parallelismo; si precisa che per due di queste interferenze sono state studiate le aree di esondazioni poiché sia l'Area SSE Produttore che per il primo tratto su terra del cavidotto di collegamento all'impianto flottante sono poste nelle immediate vicinanze delle aste superficiali.





Figura 2 Inquadramento dell'area di intervento e del tracciato del cavidotto rispetto alle aree perimetrare dal PAI su base ortofoto

Tutte le opere di progetto site a meno di 150 metri dalle aste del reticolo sono assoggettati agli artt. 6 e 10 delle N.T.A. del PAI, e quindi soggetti all'acquisizione del parere dall'Autorità di Bacino della Puglia.

Nello specifico, l'opera in oggetto risulta essere non delocalizzabile e sostanzialmente si configura come "...l'ampliamento e la ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico esistenti, comprensive dei relativi manufatti di servizio, riferite a servizi essenziali e non delocalizzabili, nonché la realizzazione di nuove infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico, comprensive dei relativi manufatti di servizio, parimenti essenziali e non diversamente localizzabili, purché risultino coerenti con gli obiettivi del presente Piano e con la pianificazione degli interventi di mitigazione. Il progetto preliminare di nuovi interventi infrastrutturali, che deve contenere tutti gli elementi atti a dimostrare il possesso delle caratteristiche sopra indicate anche nelle diverse soluzioni presentate, è sottoposto al

parere vincolante dell'Autorità di Bacino" rientrando pertanto tra le opere assentibili ai sensi dell'articolo 6 "Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali" comma 4 delle NTA del PAI.

Pertanto, al comma 7, si richiede "in funzione della valutazione del rischio ad essi associato, la redazione di uno studio di compatibilità idrologica ed idraulica che ne analizzi compiutamente gli effetti sul regime idraulico a monte e a valle dell'area interessata." ed al comma 8 si definisce che "Quando il reticolo idrografico e l'alveo in modellamento attivo e le aree golenali non sono arealmente individuate nella cartografia in allegato e le condizioni morfologiche non ne consentano la loro individuazione, le norme si applicano alla porzione di terreno a distanza planimetrica, sia in destra che in sinistra, dall'asse del corso d'acqua, non inferiore a 75 m."

Le NTA del PAI all' art. 10 " Disciplina delle fasce di pertinenza fluviale", chiariscono che sono possibili interventi di realizzazione di opere di interesse pubblico interessanti gli alvei fluviali e le fasce di pertinenza fluviale definite dal comma 3 "Quando la fascia di pertinenza fluviale non è arealmente individuata nelle cartografie in allegato, le norme si applicano alla porzione di terreno, sia in destra che in sinistra, contermini all'area golenale, come individuata all'art. 6 comma 8, di ampiezza comunque non inferiore a 75 m."

Pertanto, è stato redatto il presente Studio, 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 cui sono compresi i quelle in progetto, 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 è compatibile con le prescrizioni e le finalità del PAI.

Lo studio idrologico-idraulico è stato organizzato secondo i seguenti punti:

- individuazione delle intersezioni del cavidotto con il reticolo superficiale;
- analisi e descrizione delle caratteristiche geomorfologiche dei bacini idrografici relativi alle aree di intersezione;



Progetto per la realizzazione in area SIN di un impianto fotovoltaico galleggiante (OFFSHORE) della potenza di 100 MW con annesso impianto di produzione di idrogeno verde da 25MW, impianto di miticoltura e strutture relative al turismo sostenibile.

- 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 opere oggetto di autorizzazione.

Per lo studio delle portate di piena sono stati reperiti i dati di pioggia della stazione pluviometrica di Crispiano; si precisa che i bacini idrografici individuati ricadono soprattutto nell'area di riferimento della stazione pluviometrica di Crispiano ed in quota parte più contenuta in quella facente riferimento alla stazione di Taranto.



3. Descrizione delle interferenze

I bacini idrografici di interesse sono n.11 e ricadono in massima parte all'interno del comune di Crispiano ed in parte nel comune di Taranto.

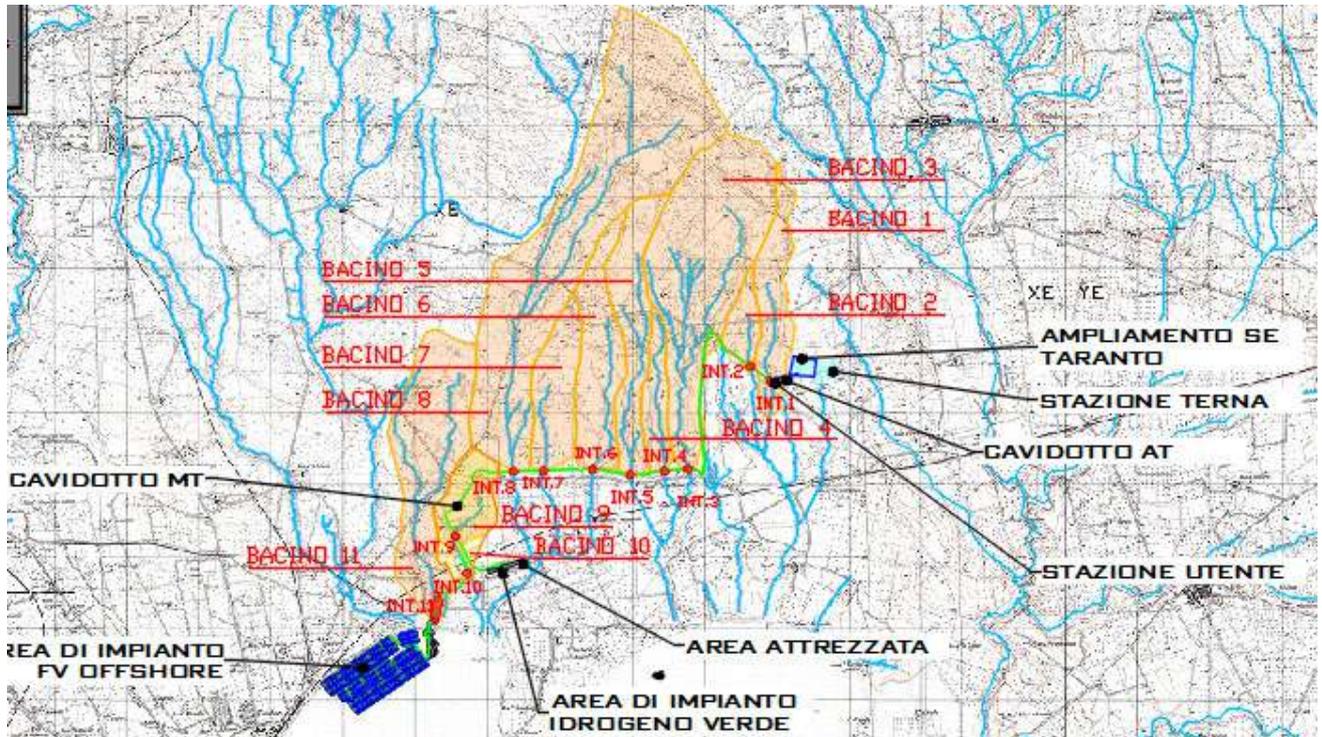


Figura 3 Inquadramento dei bacini idrografici su IGM 1: 25.000

Dalla sovrapposizione del layout di impianto con il reticolo idrografico emerge che il cavidotto interferisce con il reticolo superficiale in undici punti distinti.

Nella narrativa che segue le interferenze sono identificate con la sigla INT. ed un numero, crescente dalla stazione all'impianto di produzione.

La Stazione Utente (INT. 1), al pari del tratto finale del cavidotto prossimo al mare (INT.11-parallelismo) sono ubicati nelle vicinanze del reticolo superficiale, a meno di 150 m; pertanto dette aree saranno soggette a studio e modellazione idraulica.

Il cavidotto verrà posizionato su strada esistente ad eccezione del tratto finale prossimo al mare (INT.11-parallelismo) lungo il quale con la tecnologia di trivellazione orizzontale controllata - T.O.C. (riportata e ed esplicitata nei passi successivi) verrà posizionato al di sotto del terreno.



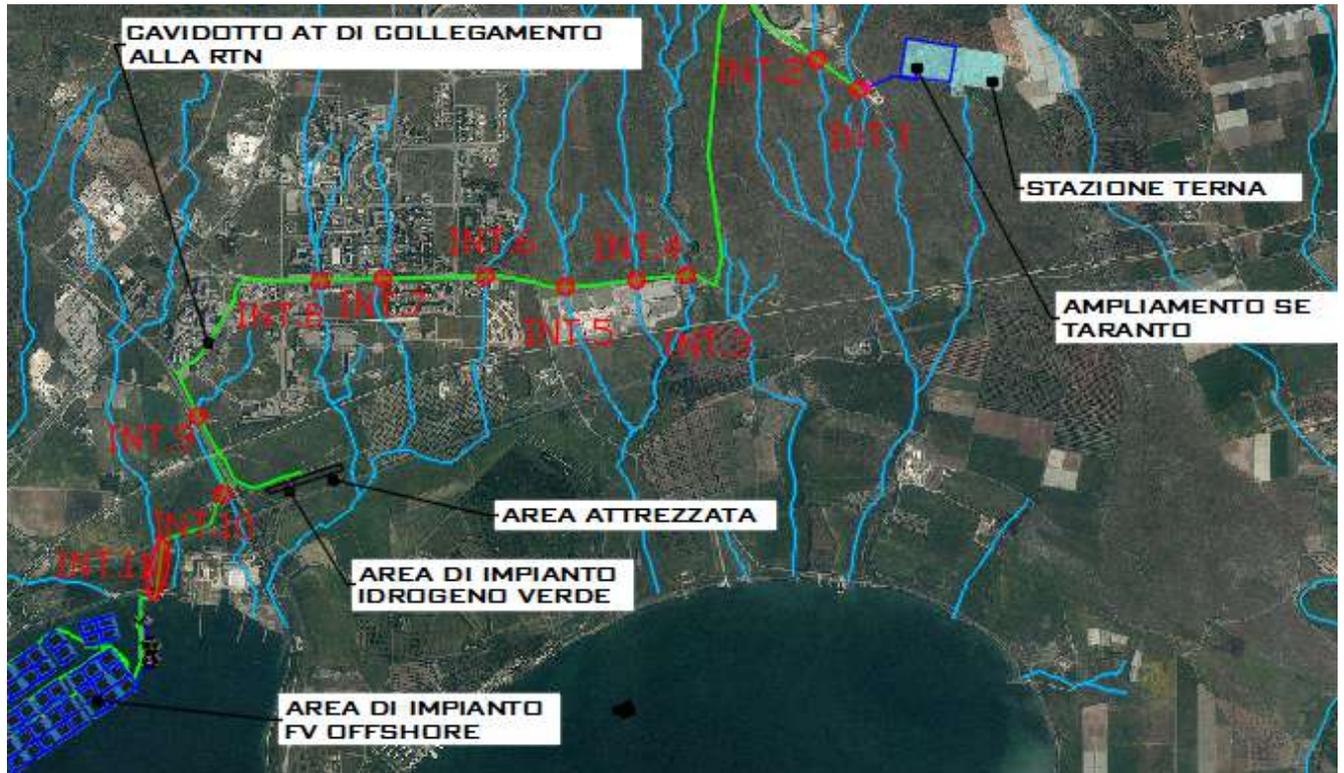


Figura 4 Inquadramento delle interferenze tra impianto e cavidotto con il reticolo idrografico

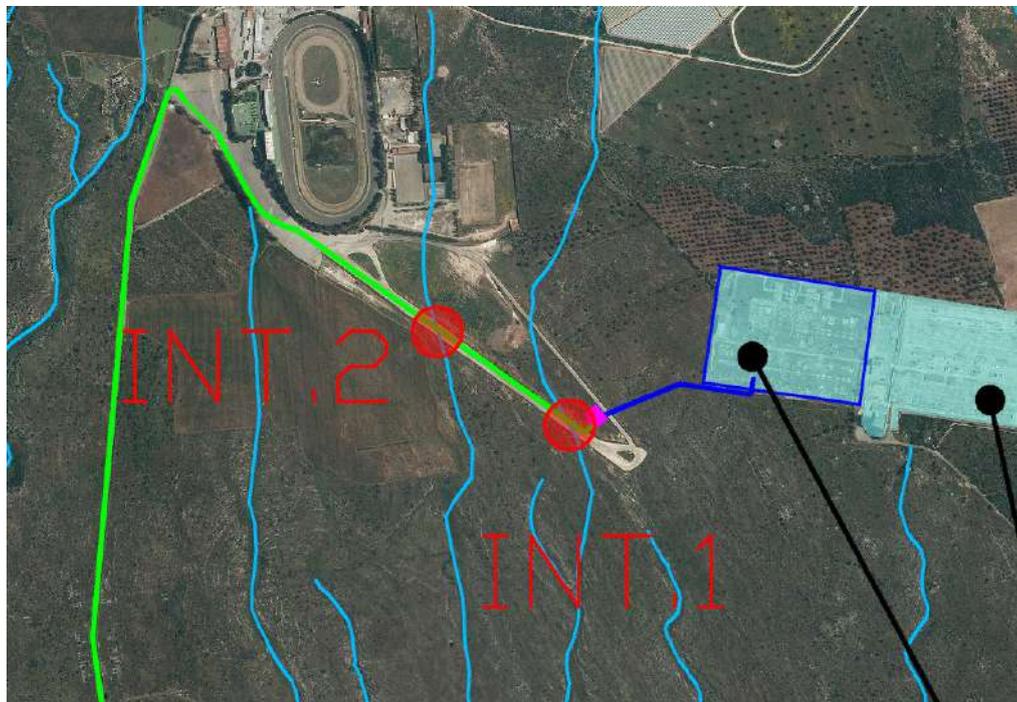
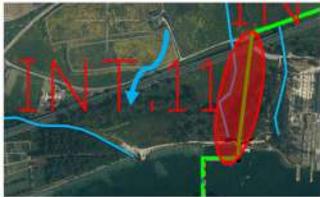
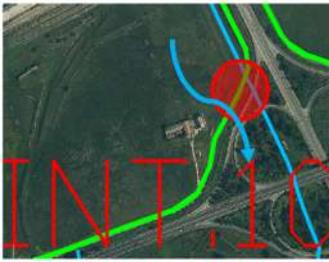
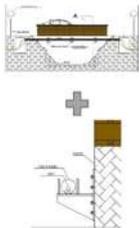
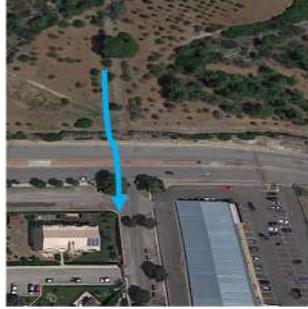
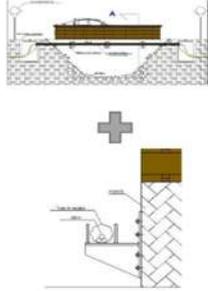


Figura 5 Dettaglio inquadramento delle interferenze tra impianto e cavidotto con reticolo idrografico

Quindi la sovrapposizione del cavidotto con il reticolo idrografico ha determinato l'individuazione di n.11 interferenze descritte nella tabella che segue:

N°	NOME	PLANIMETRIA	FOTO	TIPOLOGIA ATTRAV.
11	Attraversamento corso d'acqua con strada asfaltata			TOC 
10	Attraversamento corso d'acqua con strada asfaltata			Staffaggio lato valle 
9	Attraversamento corso d'acqua con strada asfaltata			Scavo e rinterro
8	Attraversamento corso d'acqua obliterato con strada asfaltata - S.P.21			Scavo e rinterro

N°	NOME	PLANIMETRIA	FOTO	TIPOLOGIA ATTRAV.
7	Attraversamento corso d'acqua obliterato con strada asfaltata – S.P.21			Scavo e rinterro
6	Attraversamento corso d'acqua a raso con strada asfaltata –S.P.21			Scavo e rinterro
5	Attraversamento corso d'acqua a raso con strada asfaltata –S.P.77			TOC 
4	Attraversamento corso d'acqua a raso con strada asfaltata –S.P.77			Scavo e rinterro

N°	NOME	PLANIMETRIA	FOTO	TIPOLOGIA ATTRAV.
3	Attraversamento corso d'acqua a raso con strada asfaltata -S.P.77			<p>Staffaggio su attraversamento lato valle</p> 
2	Attraversamento corso d'acqua a raso con strada secondaria asfaltata			<p>Scavo e riporto</p>
1	Attraversamento corso d'acqua a raso con strada secondaria asfaltata			<p>TOC</p> 

3.1. 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.

Le intersezioni avvengono tutte su strade esistenti e saranno risolte nel modo seguente:

- per le intersezioni identificate con la dicitura INT.3-10 si procederà con lo staffaggio del cavidotto sul ponte lato valle;
- per le intersezioni identificate con la dicitura INT.9, INT.8, INT.7, INT.6, INT.4 e INT.2 si procederà con il posizionamento del cavidotto previo scavo e successivo rinterro;
- per le intersezioni identificate con la dicitura INT.11, 5 e 1 si procederà con la trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.), ad una profondità minima di 1,5 m rispetto al fondo alveo, in maniera da non interferire minimamente sia con il 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.

Si evidenzia che per gli attraversamenti n. 7 e 8, in corrispondenza del "corso d'acqua obliterato" i luoghi sono stati totalmente antropizzati e del reticolo in parola non è leggibile alcuna traccia.

La scelta della tecnica della trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.) prevista per le interferenze 1, 5 e 11 permettono di evitare ripercussioni 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.).





Figura 6-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 ($\varphi = 200 \div 500\text{mm}$). Insieme all'alesatore, o successivamente, vengono posati in opera i tubi camicia che ospiteranno il cavidotto. Infine si effettuerà il riempimento delle tubazioni con bentonite.

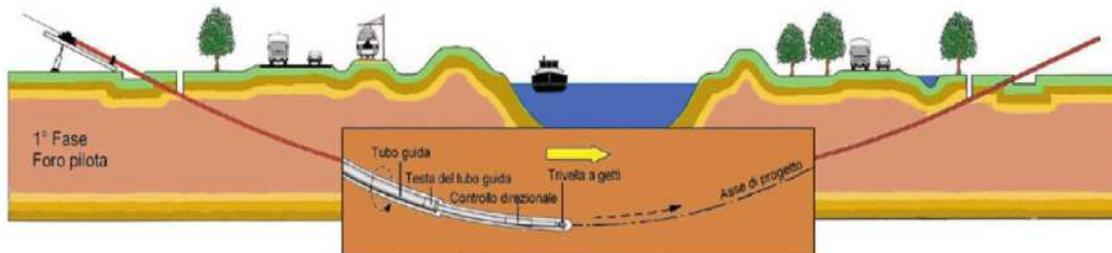


Figura 7 Schema della fase di realizzazione del foro pilota.

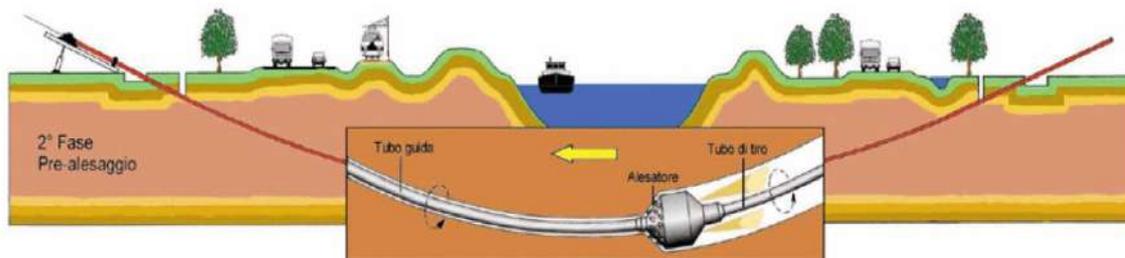


Figura 8 Schema della fase di trivellazione di allargamento del perforo.

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

L'ubicazione dei pozzetti prefabbricati di partenza e di arrivo, previsti alle estremità del tratto di cavidotto interrato, saranno realizzati con anelli prefabbricati in cemento armato sigillati con malta idroespansiva, dotati di chiusini con guarnizioni a tenuta in grado di funzionare correttamente anche in caso di eventi alluvionali.

4. Descrizione dei bacini idrografici

Dell'analisi delle n.11 interferenze effettuata nei capitoli precedente si riportano le tabelle di sintesi delle caratteristiche geomorfologiche di ciascun bacino idrografico individuato.

Bacino 11	Lungh. dell'asta princ.	[Km]	3.96
	H massima del bacino	[m]	102
	H sezione chiusura	[m]	0
	H monte dell'asta	[m]	77
	Superficie del Bacino	[Kmq]	2.66
Bacino 10	Lungh. dell'asta princ.	[Km]	1.32
	H massima del bacino	[m]	43
	H sezione chiusura	[m]	4
	H monte dell'asta	[m]	34.80
	Superficie del Bacino	[Kmq]	1.07
Bacino 9	Lungh. dell'asta princ.	[Km]	0.90
	H massima del bacino	[m]	43
	H sezione chiusura	[m]	10
	H monte dell'asta	[m]	34.80
	Superficie del Bacino	[Kmq]	0.85
Bacino 8	Lungh. dell'asta princ.	[Km]	6,40
	H massima del bacino	[m]	230
	H sezione chiusura	[m]	36
	H monte dell'asta	[m]	210
	Superficie del Bacino	[Kmq]	7,06
Bacino 7	Lungh. dell'asta princ.	[Km]	1,41
	H massima del bacino	[m]	119
	H sezione chiusura	[m]	37
	H monte dell'asta	[m]	75
	Superficie del Bacino	[Kmq]	1,21
Bacino 6	Lungh. dell'asta princ.	[Km]	2,30
	H massima del bacino	[m]	155
	H sezione chiusura	[m]	45
	H monte dell'asta	[m]	133
	Superficie del Bacino	[Kmq]	1,69
Bacino 5	Lungh. dell'asta princ.	[Km]	3,25
	H massima del bacino	[m]	160
	H sezione chiusura	[m]	47
	H monte dell'asta	[m]	133
	Superficie del Bacino	[Kmq]	1,64
Bacino 4	Lungh. dell'asta princ.	[Km]	2,29
	H massima del bacino	[m]	112
	H sezione chiusura	[m]	46
	H monte dell'asta	[m]	105
	Superficie del Bacino	[Kmq]	0,65
Bacino 3	Lungh. dell'asta princ.	[Km]	4,16
	H massima del bacino	[m]	205
	H sezione chiusura	[m]	46
	H monte dell'asta	[m]	155



	Superficie del Bacino	[Kmq]	4,38
Bacino 2	Lungh. dell'asta princ.	[Km]	0,51
	H massima del bacino	[m]	144
	H sezione chiusura	[m]	95
	H monte dell'asta	[m]	119
	Superficie del Bacino	[Kmq]	0,36
Bacino1	Lungh. dell'asta princ.	[Km]	1,00
	H massima del bacino	[m]	202
	H sezione chiusura	[m]	75
	H monte dell'asta	[m]	148
	Superficie del Bacino	[Kmq]	1,20

5. Inquadramento geologico e geomorfologico del bacino di studio

L'area interessata dai bacini di interesse, compreso quello scelto per la successiva modellazione idraulica, ricade nel foglio 202 della Carta Geologica d'Italia (Taranto), scala 1:100.000.

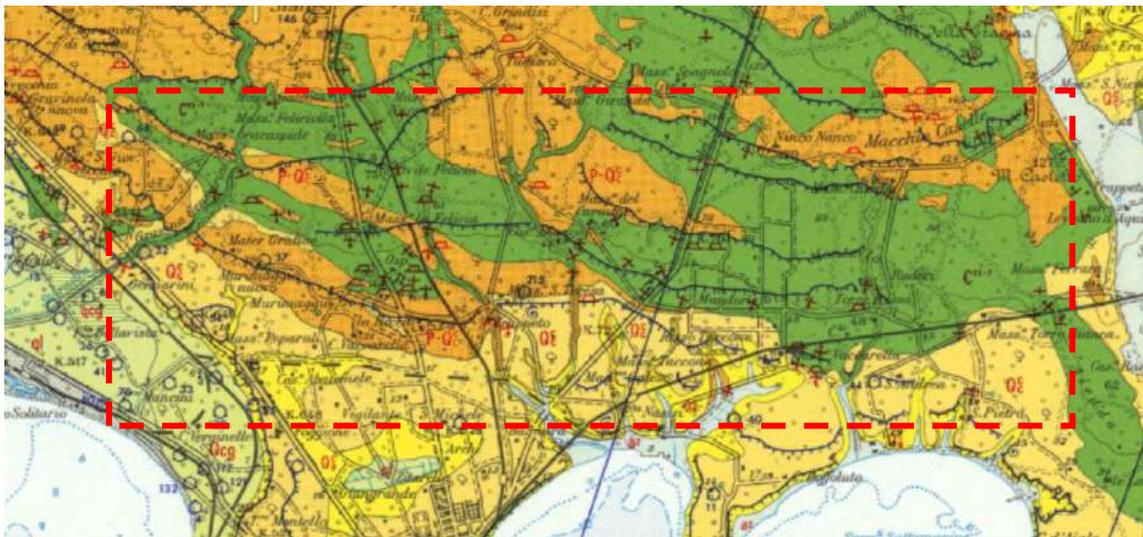
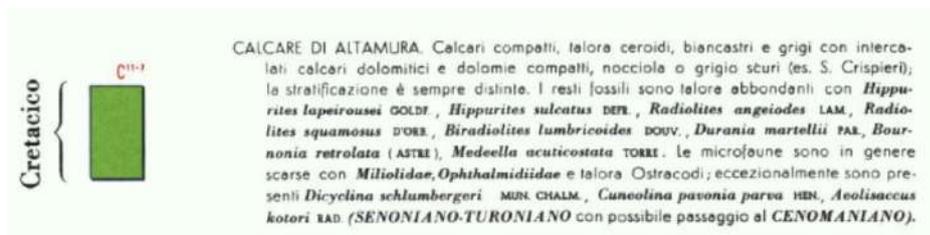


Figura 9: Stralcio della carta geologica d'Italia (F.202, scala 1:100.000).

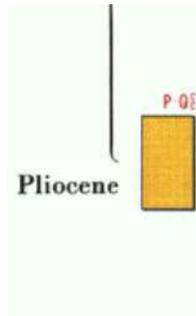
Dal punto di vista geologico, in relazione a quanto riportato dalla Carta Geologica d'Italia, il territorio in cui si estende il bacino idrografico oggetto del presente studio, è interessato dalle seguenti formazioni geologiche:



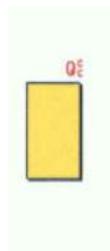
RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA ED IDROLOGICA

Progetto per la realizzazione in area SIN di un impianto fotovoltaico galleggiante (OFFSHORE) della potenza di 100 MW con annesso impianto di produzione di idrogeno verde da 25MW, impianto di mitilcoltura e strutture relative al turismo sostenibile.

Pliocene



CALCARENITE DI GRAVINA. Calcareniti in genere fini, pulverulente, a volte molto compatte, soprattutto nella parte inferiore, bianco-giallastre ("luffi") e ghiaie calcaree, talora parzialmente cementate (Mass. S. Simone) e breccie calcaree rossastre presso il bordo meridionale delle Murge. I fossili sono abbondanti con Echinidi, Molluschi tra cui *Turritella tricarinata tricarinata* (BROC.), *Argobuccinum marginatum* (MART.), *Murex brandaris* LIN., *Nassarius prismaticus* (BROC.), *Aequipecten opercularis* (LIN.), *Spondylus crassicauda* (LAM.). I Foraminiferi sono rappresentati nella parte sommitale soprattutto da *Bulimina marginata* D'ORB., *Uvigerina peregrina* CUSH., *Bolivina catanensis* SEG., *Cassidulina carinata* SILV. e *Hyalinea balthica* (SCHL.) (CALABRIANO). Nella rimanente parte si hanno invece microfaune con *Spiroplectammina urighi* (SILV.), *Globulina gibba fissicostata* CUSH. & OL., *Cassidulina carinata* SILV., *Valvulineria complanata* (CUSH.), *Anomalina ornata* (COSTA), *Cibicides floridanus* (CUSH.), *Cibicides pseudoungerianus* (CUSH.), *Globigerina pachyderma* (D'OR.), *Elphidium complanatum* (D'ORB.) (PLIOCENE SUPERIORE).



CALCARENITI DI M. CASTIGLIONE. Calcareniti per lo più grossolane, compatte, calcareniti ferinose e calcari grossolani tipo "panchine" ("luffi") di colore grigio-giallastro più o meno chiaro e stratificazione in genere evidente; talora sono presenti breccie calcaree rossastre. Si distinguono più ordini di terrazzi. I resti fossili sono abbondanti; accanto a *Patella ferruginea* GMELIN., *Strombus bubonius* LAM., *Charonia nodifera* (LAM.), *Spondylus gaederopus* LIN. e *Cladocora caespitosa* (LIN.) nei terrazzi più bassi, sono presenti ricche microfaune con frequentissime *Miliolidae*, *Discorbis globularis* (D'ORB.), *Cibicides lobatulus* (WALK. & JAC.), *Elphidium crispum* (LIN.), *Elphidium decipiens* (COSTA), *Ammonia beccarii* (LIN.). Verso la base della formazione è frequente *Hyalinea balthica* (SCHL.) (TIRRENIANO-CALABRIANO).

6. 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 θ^* e Λ^* 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 Λ_1 che da esso dipende (secondo livello di regionalizzazione). Il terzo livello è poi finalizzato alla ricerca di eventuali relazioni esistenti, all'interno di più piccole aree, tra il parametro di posizione della distribuzione di probabilità e le caratteristiche morfologiche. In particolare si nota che, all'interno di dette aree, i valori medi dei massimi annuali delle precipitazioni di diversa durata sono o costanti o strettamente correlati alla quota del sito di rilevamento.

La preventiva suddivisione dell'area di studio in zone e sottozone omogenee è stata effettuata in base all'analisi delle massime precipitazioni giornaliere, di cui si dispone del maggior numero di informazioni. La procedura prevede che si ricerchino zone pluviometriche omogenee, entro le quali possano ritenersi costanti i valori dei parametri θ^* e Λ^* . Questi parametri non possono essere stimati da un numero ristretto di serie di dati, per cui l'analisi parte dalla possibilità di considerare le 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 θ^* e Λ^* .

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 Λ_1 . 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.

	θ^*	Λ^*	Λ_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 KTR, 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:

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

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 KTR, 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 KTR 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 θ^* , Λ^* e Λ_1 , 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 θ^* , Λ^* e $\Lambda 1$.

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



Tabella 2- Correlazione tra μ (X_g) 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.

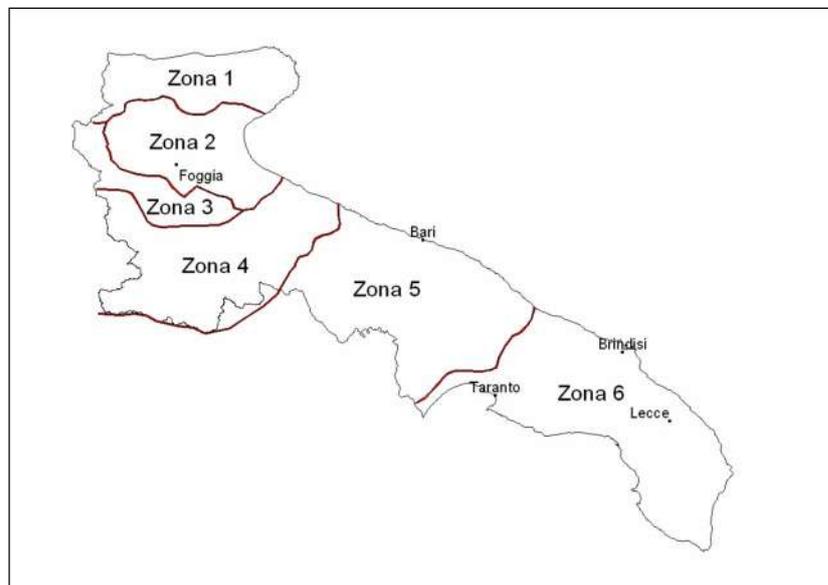


Figura 10 - Regione Puglia: zone omogenee al 3° livello.

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:

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

in cui a è il valor medio, pesato sugli anni di funzionamento, dei valori di $\mu(X_d)$ relativi alle serie con $N \geq 10$ 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).

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 (KT) per la precipitazione media:

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

6.1. 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 **Crispiano**, che interessa interamente il bacino idrografico di interesse e di cui si riporta l'annale idrologico.



Progetto per la realizzazione in area SIN di un impianto fotovoltaico galleggiante (OFFSHORE) della potenza di 100 MW con annesso impianto di produzione di idrogeno verde da 25MW, impianto di mitilcoltura e strutture relative al turismo sostenibile.

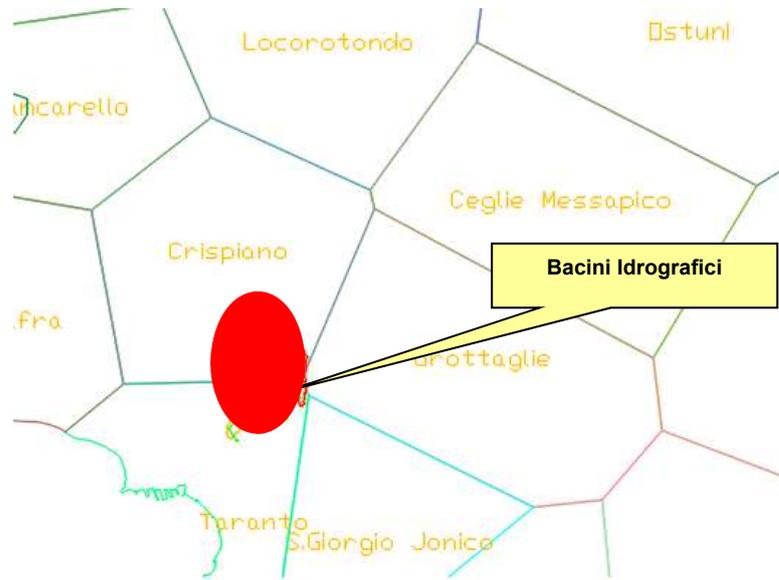


Figura 11 Inquadramento del bacino idrografico nel poligono di Thiessen di Crispiano.

Stazione di:	CRISPIANO				
anni	durate [ore]				
	1	3	6	12	24
1958	20	33,4	46,6	51,4	55,2
1959	51,2	51,2	51,8	64,4	80,2
1961	53,6	79,6	79,6	109,8	119,4
1962	65	81	92,6	96,0	97,0
1963	39,8	44	44,4	45,4	63,6
1964	30,2	54,4	66,8	81,2	90,0
1965	14,8	26,2	43,6	72,0	83,8
1966	56,4	78,2	90,8	108,0	109,2
1967	42,4	63,4	63,4	63,6	63,8
1968	37,8	47	52,2	53,0	54,6
1969	40	49,4	85,8	104,4	104,4
1970	25,4	26,4	28,2	48,6	50,8
1971	28,2	36,8	57,2	83,8	88,4
1972	40	48,6	67,6	106,8	118,0
1973	20	30,8	36,8	36,8	42,0
1974	17,2	39	51,6	71,6	76,8
1975	16	27,2	28,2	30,2	36,4
1976	34	47,4	64,8	72,8	75,2
1977	23,6	24	32,4	37,6	40,2
1978	35	47,6	48,0	53,2	53,2
1979	13	20,4	21,4	26,0	35,6
1981	25,6	25,8	25,8	31,6	34,8



Progetto per la realizzazione in area SIN di un impianto fotovoltaico galleggiante (OFFSHORE) della potenza di 100 MW con annesso impianto di produzione di idrogeno verde da 25MW, impianto di mitilcoltura e strutture relative al turismo sostenibile.

1982	>>	23,8	40,8	41,0	55,2
1983	31,6	38,6	40,4	40,4	44,4
1984	16,2	18,6	26,6	34,4	40,6
1989	56,4	58,8	58,8	59,0	59,0
1991	>>	>>	>>	30,4	30,8
1992	26,8	31	31,6	31,6	>>
1993	29,2	29,2	29,2	30,2	57,8
1996	40	88,6	117,0	138,4	163,4
1997	32	45,4	58,6	60,0	65,6
1999	>>	>>	>>	>>	>>
2000	17,4	18	23,6	37,6	37,6
2001	19	21	21,0	28,6	51,4
2002	27,2	31,8	31,8	31,8	41,4
2003	36,6	61,4	99,8	111,8	124,8
2004	49,2	54,2	63,8	65,2	65,4
2005	27	30,4	37,0	45,8	62,0
2006	66,6	88	135,2	154,6	164,0
2007	25,2	45,2	60,4	71,8	73,4
2008	23,2	45,4	69,6	76,0	77,6
2009	>>	>>	>>	>>	>>
2010	32,2	42,4	62,2	75,2	103,8
2011	19	38,6	59,4	68,0	93,8
2012	29,4	48,4	55,0	56,6	57,2

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 6** (cfr. immagine seguente). Pertanto, si è applicata la relazione (4) e utilizzando i valori della Tabella relativi alla zona 6.



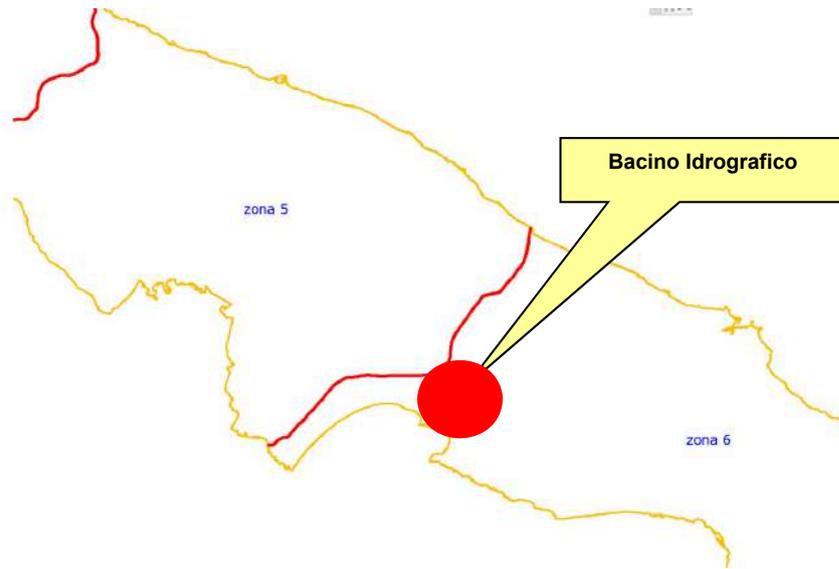


Figura 12 Zona VAPI di interesse del bacino idrografico.

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

$$x(t,z) = 33.7 t^{[0.0022z+4.1223+\ln 0.89-\ln 33.7]}/\ln 24 \quad (5)$$

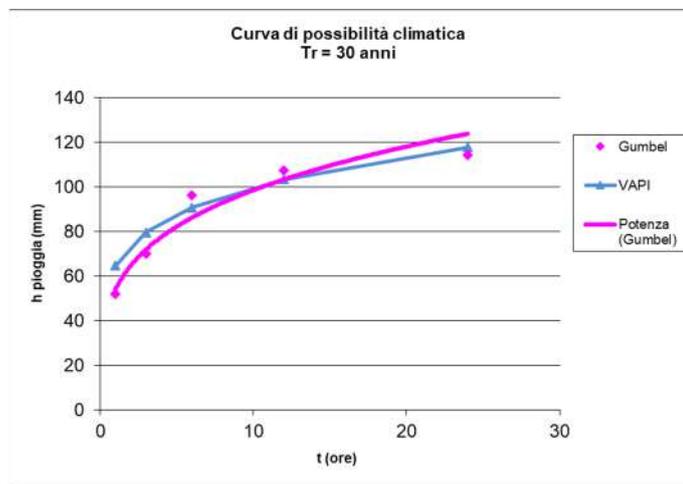
L'elaborazione dei dati pluviometrici ha condotto alla determinazione delle curve di possibilità climatica per i differenti tempi di ritorno e per ogni bacino.

Nel presente studio è stata utilizzata la curva di possibilità climatica determinata dalla metodologia che ha fornito i valori più elevati delle altezze di pioggia. 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):

6.1.1. Bacino 11

Stazione di Crispiano					
Tr = 30					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	51.902	70.044	96.040	107.164	114.044
VAPI	64.602	79.497	90.616	103.290	117.736
Tr = 200					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	68.705	92.919	130.875	143.820	150.479
VAPI	97.629	120.141	136.944	156.097	177.930
Tr = 500					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	76.772	103.903	147.601	161.420	167.973
VAPI	113.581	139.771	159.320	181.603	207.002

Tabella 4 – Tr = 30 – 200 - 500 anni - Altezze di pioggia (mm) – BACINO 11



Progetto per la realizzazione in area SIN di un impianto fotovoltaico galleggiante (OFFSHORE) della potenza di 100 MW con annesso impianto di produzione di idrogeno verde da 25MW, impianto di mitilcoltura e strutture relative al turismo sostenibile.

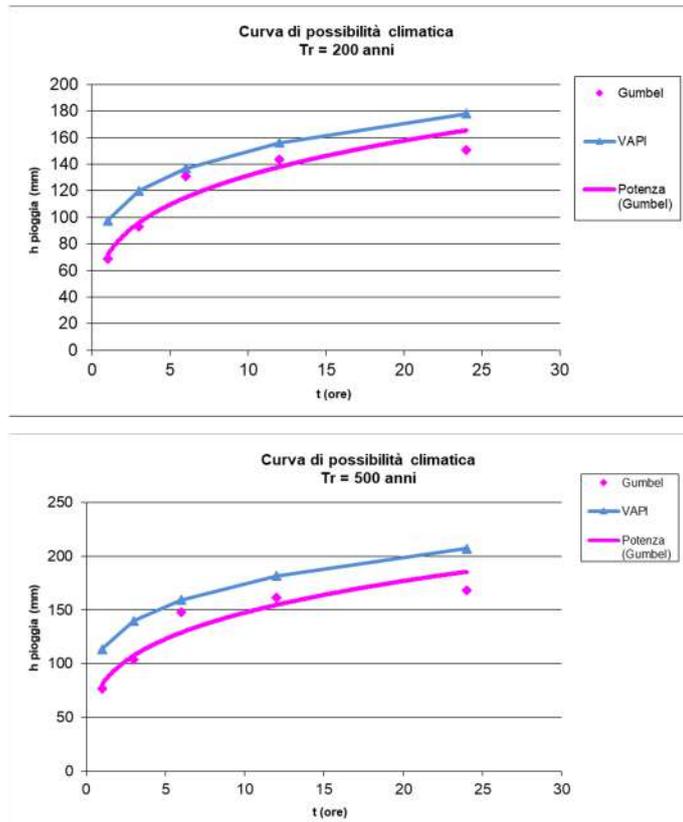


Figura 13 –Curve di possibilità climatica ai diversi tempi di ritorno.

6.1.2. Bacino 10

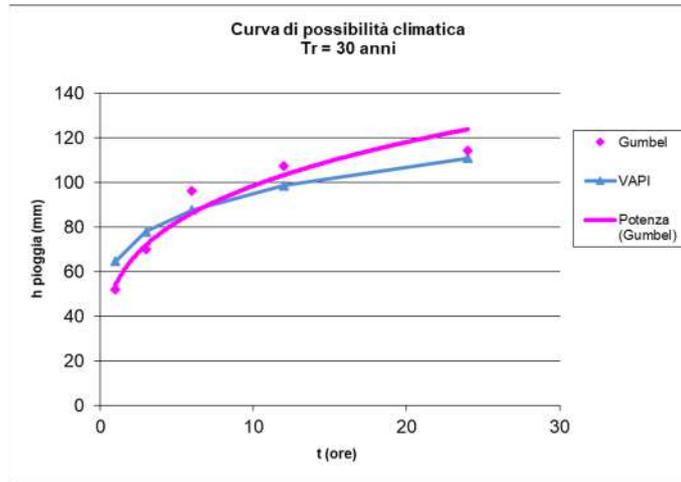
Stazione di Crispiano					
Tr = 30					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	51.902	70.044	96.040	107.164	114.044
VAPI	64.602	77.852	87.577	98.517	110.824
Tr = 200					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	68.705	92.919	130.875	143.820	150.479
VAPI	97.629	117.654	132.351	148.885	167.484



Progetto per la realizzazione in area SIN di un impianto fotovoltaico galleggiante (OFFSHORE) della potenza di 100 MW con annesso impianto di produzione di idrogeno verde da 25MW, impianto di mitilcoltura e strutture relative al turismo sostenibile.

Tr = 500					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	76.772	103.903	147.601	161.420	167.973
VAPI	113.581	136.878	153.977	173.212	194.850

Tabella 5 – Tr = 30 – 200 - 500 anni - Altezze di pioggia (mm) – BACINO 10



Progetto per la realizzazione in area SIN di un impianto fotovoltaico galleggiante (OFFSHORE) della potenza di 100 MW con annesso impianto di produzione di idrogeno verde da 25MW, impianto di mitilcoltura e strutture relative al turismo sostenibile.

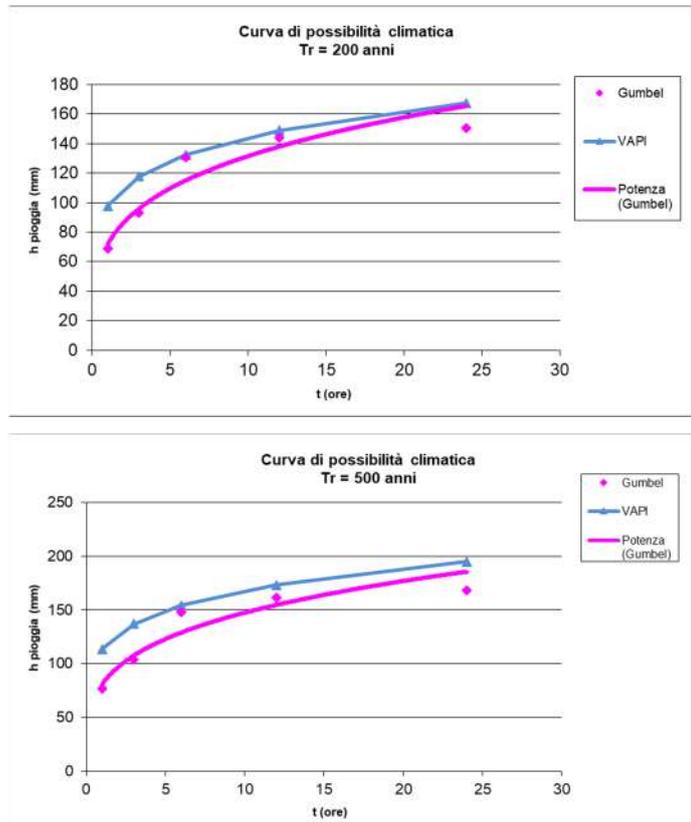


Figura 14 –Curve di possibilità climatica ai diversi tempi di ritorno.

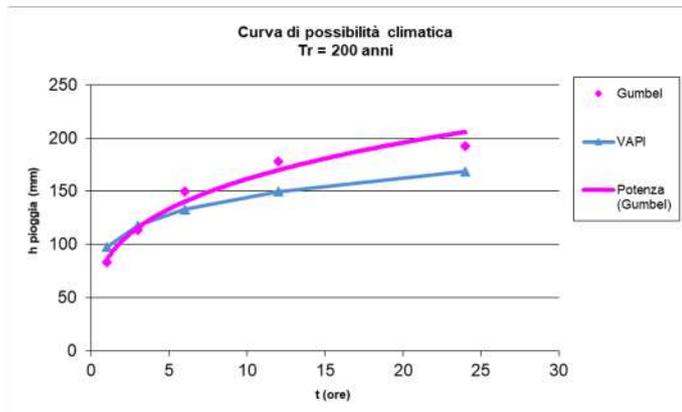
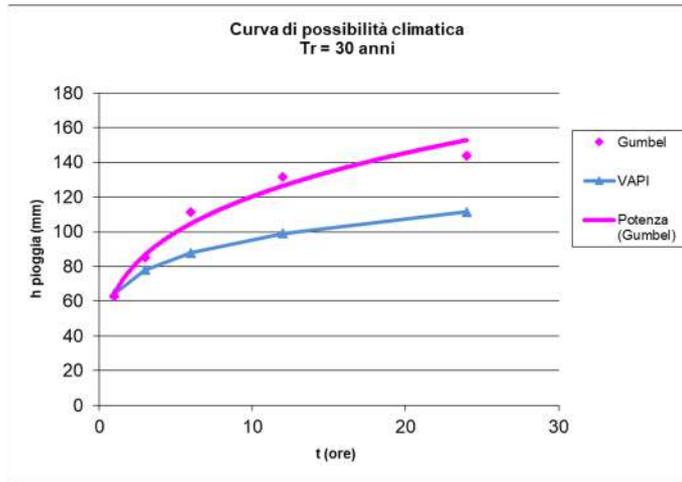
6.1.3. Bacino 9

Stazione di Crispiano					
Tr = 30					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	62.747	85.117	111.472	131.613	143.966
VAPI	64.602	78.030	87.904	99.027	111.558
Tr = 200					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	83.327	113.234	150.064	177.895	192.679
VAPI	97.629	117.923	132.845	149.655	168.593



Tr = 500					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	93.209	126.734	168.593	200.117	216.068
VAPI	113.581	137.191	154.551	174.108	196.140

Tabella 6 – Tr = 30 – 200 - 500 anni - Altezze di pioggia (mm) – BACINO 9



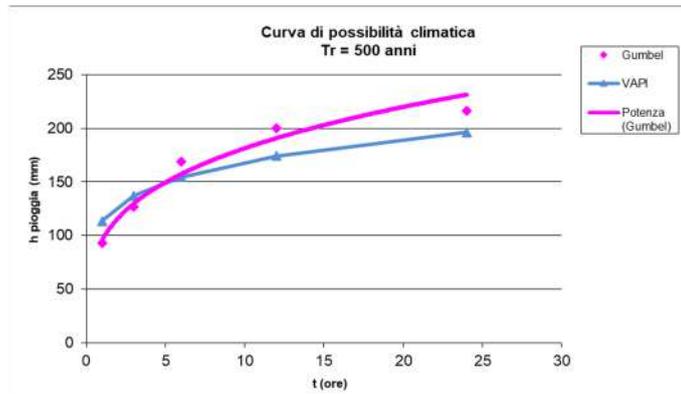


Figura 15 –Curve di possibilità climatica ai diversi tempi di ritorno.

6.1.4. Bacino 9

Stazione di Crispiano					
Tr = 30					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	62,747	85,117	111,472	131,613	143,966
VAPI	64,602	84,613	100,318	118,937	141,013
Tr = 200					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	83,327	113,234	150,064	177,895	192,679
VAPI	97,629	127,871	151,605	179,744	213,106
Tr = 500					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	93,209	126,734	168,593	200,117	216,068
VAPI	113,581	148,765	176,377	209,114	247,927

Tabella 7 – Tr = 30 – 200 - 500 anni - Altezze di pioggia (mm) – BACINO 8

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.



Progetto per la realizzazione in area SIN di un impianto fotovoltaico galleggiante (OFFSHORE) della potenza di 100 MW con annesso impianto di produzione di idrogeno verde da 25MW, impianto di mitilcoltura e strutture relative al turismo sostenibile.

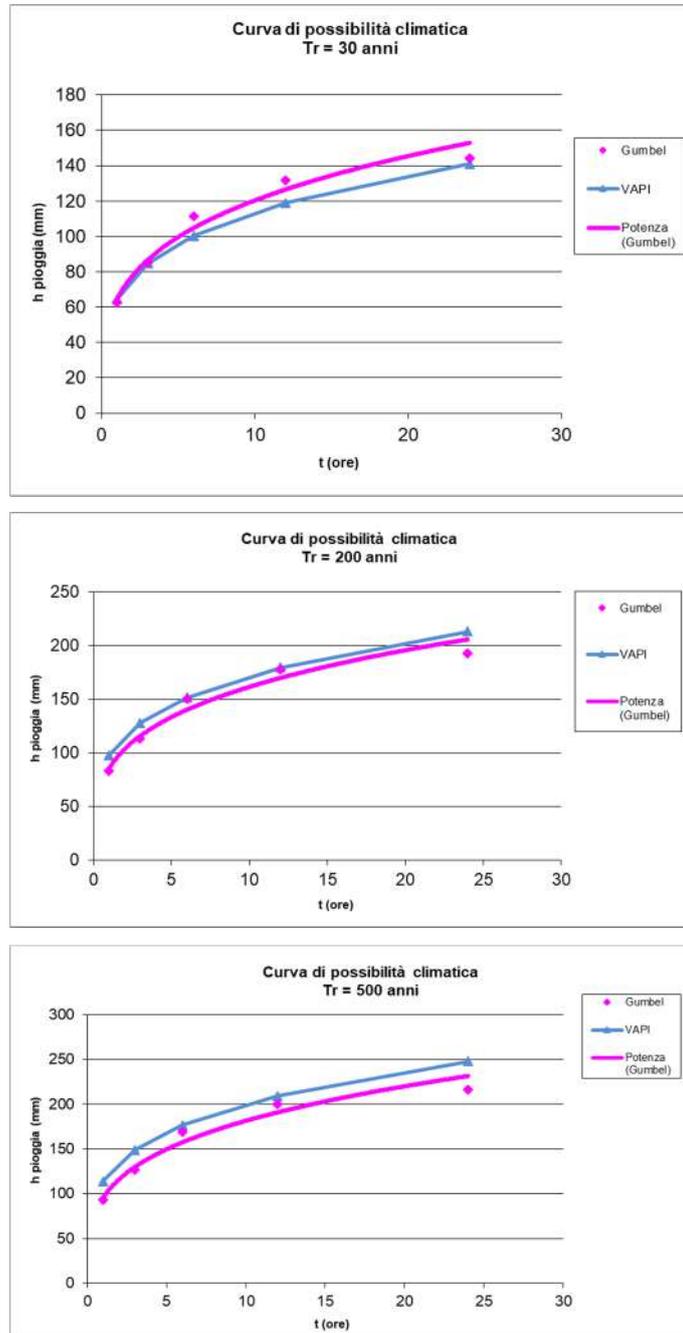


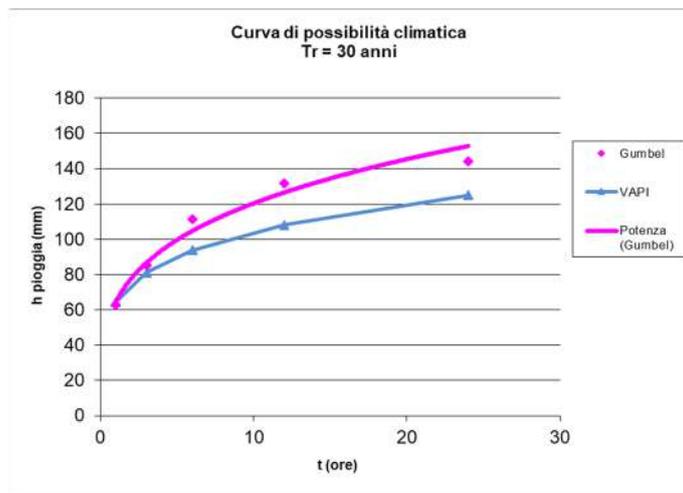
Figura 16 –Curve di possibilità climatica ai diversi tempi di ritorno.

6.1.5. Bacino 7

Stazione di Crispiano					
Tr = 30					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	62,747	85,117	111,472	131,613	143,966
VAPI	64,602	81,147	93,702	108,200	124,942
Tr = 200					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	83,327	113,234	150,064	177,895	192,679
VAPI	97,629	122,633	141,608	163,518	188,819
Tr = 500					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	93,209	126,734	168,593	200,117	216,068
VAPI	113,581	142,671	164,746	190,236	219,671

Tabella 8 – Tr = 30 – 200 - 500 anni - Altezze di pioggia (mm) – BACINO 7

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.



Progetto per la realizzazione in area SIN di un impianto fotovoltaico galleggiante (OFFSHORE) della potenza di 100 MW con annesso impianto di produzione di idrogeno verde da 25MW, impianto di mitilcoltura e strutture relative al turismo sostenibile.

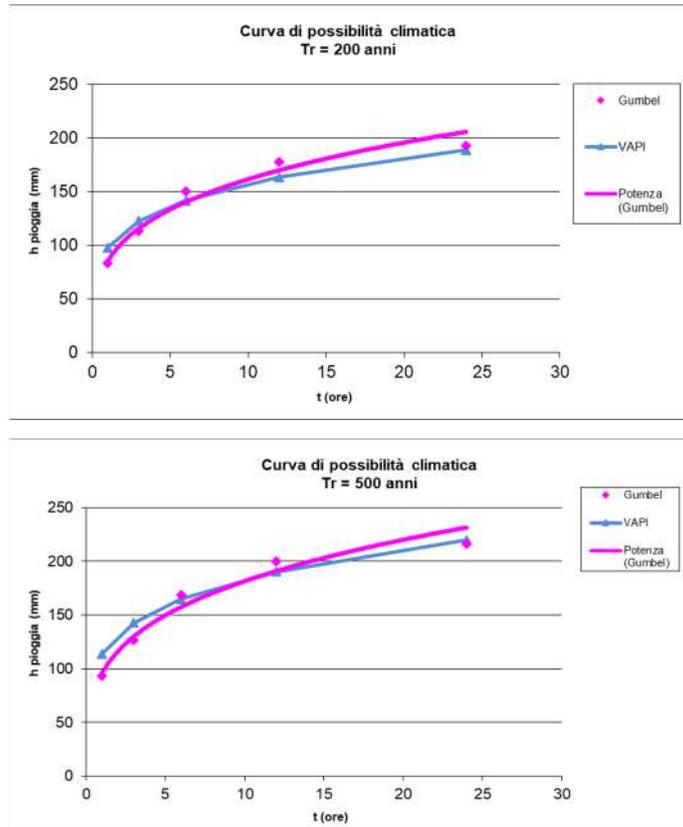


Figura 17 –Curve di possibilità climatica ai diversi tempi di ritorno.

6.1.6. Bacino 6

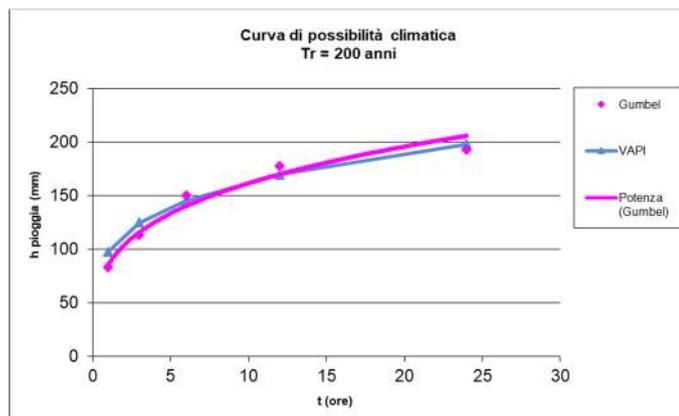
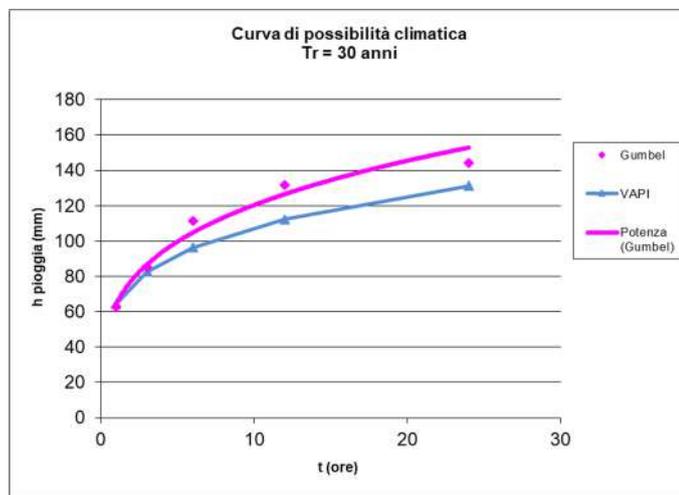
Stazione di Crispiano					
Tr = 30					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	62,747	85,117	111,472	131,613	143,966
VAPI	64,602	82,516	96,294	112,374	131,138
Tr = 200					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	83,327	113,234	150,064	177,895	192,679
VAPI	97,629	124,702	145,525	169,825	198,183



Tr = 500					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	93,209	126,734	168,593	200,117	216,068
VAPI	113,581	145,078	169,303	197,574	230,565

Tabella 9 – Tr = 30 – 200 - 500 anni - Altezze di pioggia (mm) – BACINO 6

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.



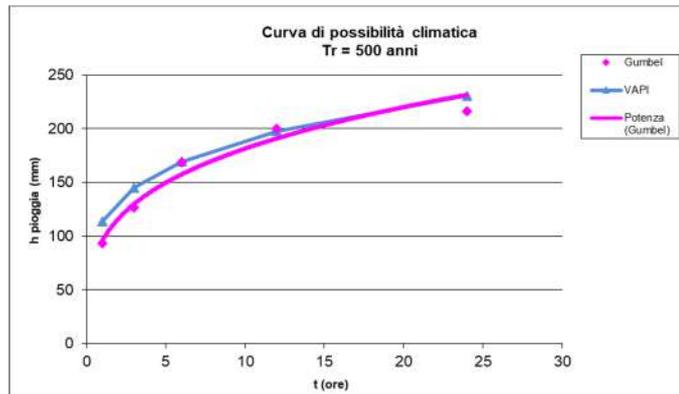


Figura 18 Curve di possibilità climatica ai diversi tempi di ritorno.

6.1.7. Bacino 5

Stazione di Crispiano					
Tr = 30					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	62,747	85,117	111,472	131,613	143,966
VAPI	64,602	82,736	96,713	113,052	132,152
Tr = 200					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	83,327	113,234	150,064	177,895	192,679
VAPI	97,629	125,035	146,158	170,851	199,715
Tr = 500					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	93,209	126,734	168,593	200,117	216,068
VAPI	113,581	145,464	170,040	198,767	232,347

Tabella10 – Tr = 30 – 200 - 500 anni - Altezze di pioggia (mm) – BACINO 5

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.



Progetto per la realizzazione in area SIN di un impianto fotovoltaico galleggiante (OFFSHORE) della potenza di 100 MW con annesso impianto di produzione di idrogeno verde da 25MW, impianto di mitilcoltura e strutture relative al turismo sostenibile.

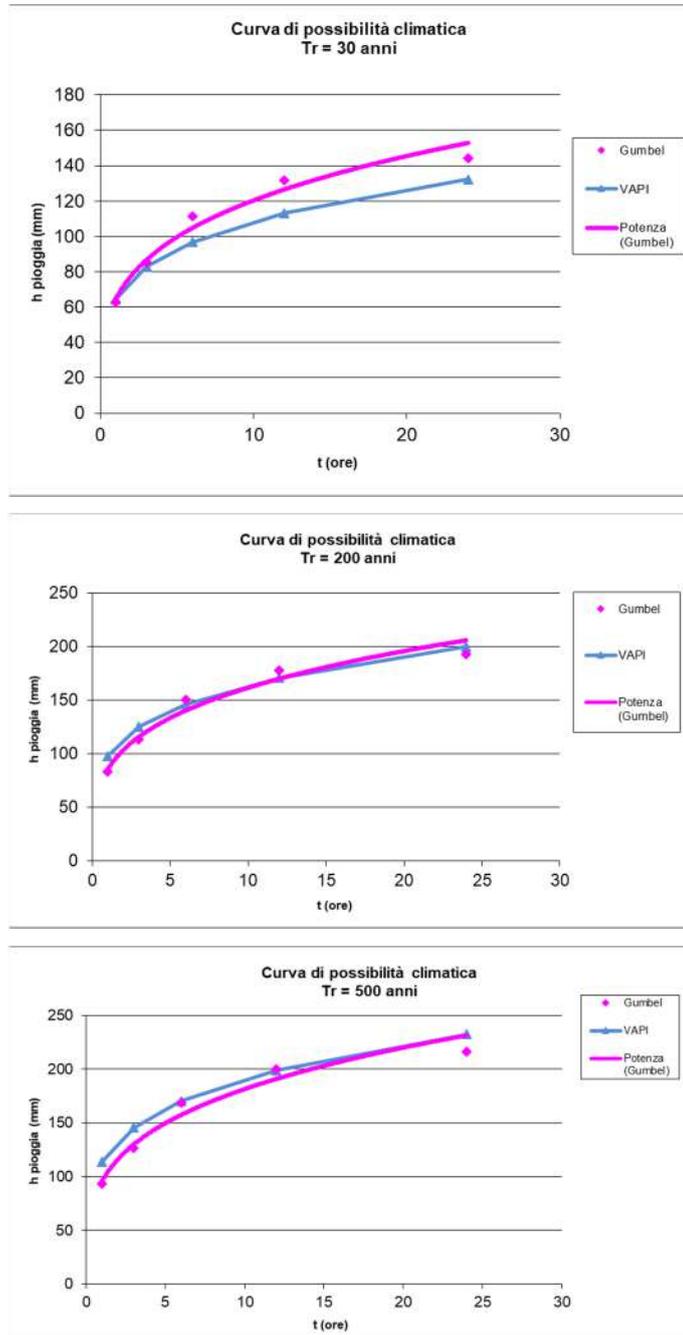


Figura 19 Curve di possibilità climatica ai diversi tempi di ritorno.

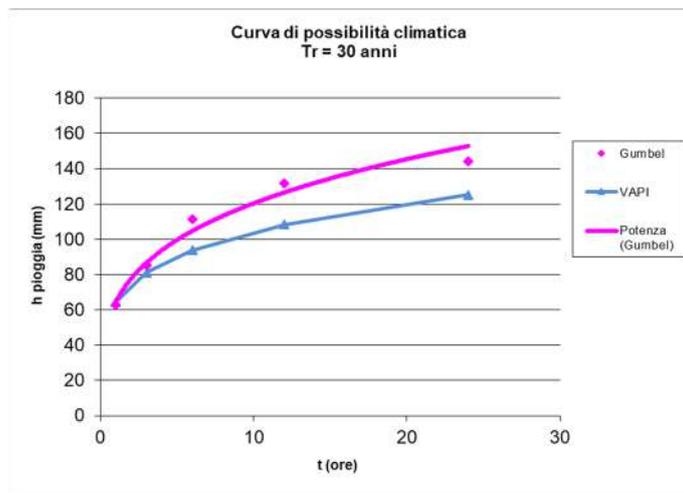


6.1.8. Bacino 4

Stazione di Crispiano					
Tr = 30					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	62,747	85,117	111,472	131,613	143,966
VAPI	64,602	81,208	93,818	108,387	125,217
Tr = 200					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	83,327	113,234	150,064	177,895	192,679
VAPI	97,629	122,726	141,783	163,800	189,235
Tr = 500					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	93,209	126,734	168,593	200,117	216,068
VAPI	113,581	142,779	164,950	190,564	220,155

Tabella 11 – Tr = 30 – 200 - 500 anni - Altezze di pioggia (mm) – BACINO 4

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.



Progetto per la realizzazione in area SIN di un impianto fotovoltaico galleggiante (OFFSHORE) della potenza di 100 MW con annesso impianto di produzione di idrogeno verde da 25MW, impianto di mitilcoltura e strutture relative al turismo sostenibile.

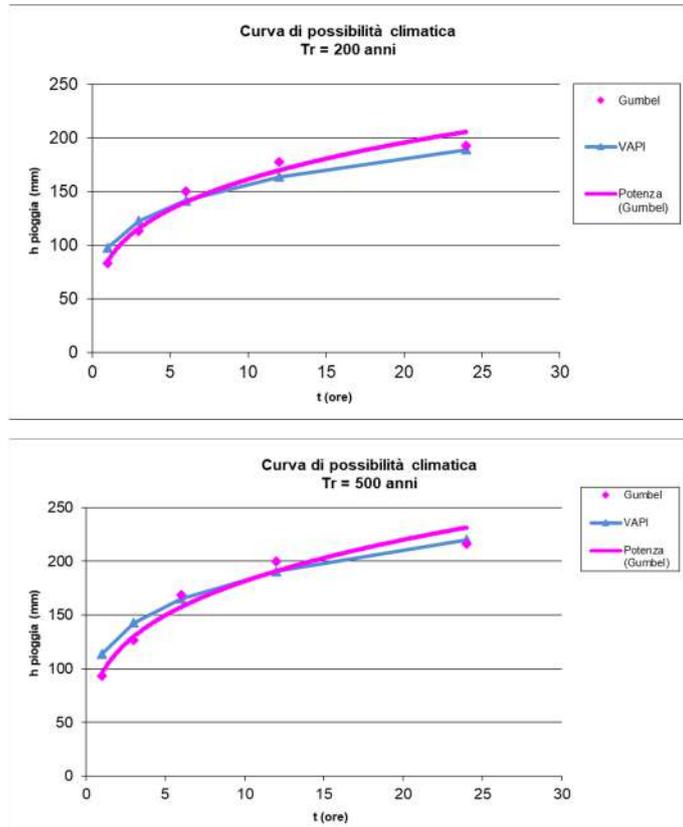


Figura 20 –Curve di possibilità climatica ai diversi tempi di ritorno.

6.1.9. Bacino 3

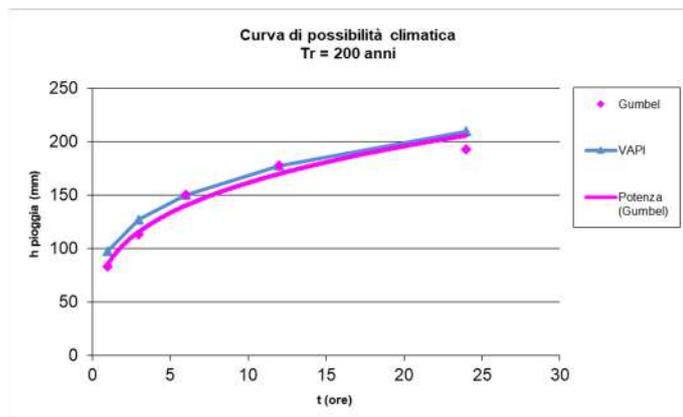
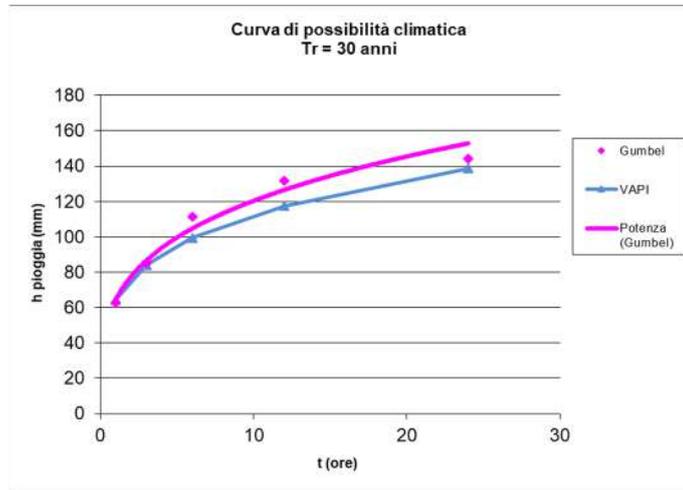
Stazione di Crispiano					
Tr = 30					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	62,747	85,117	111,472	131,613	143,966
VAPI	64,602	84,132	99,389	117,413	138,705
Tr = 200					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	83,327	113,234	150,064	177,895	192,679
VAPI	97,629	127,144	150,201	177,440	209,619



Tr = 500					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	93,209	126,734	168,593	200,117	216,068
VAPI	113,581	147,919	174,744	206,433	243,869

Tabella 12 – Tr = 30 – 200 - 500 anni - Altezze di pioggia (mm) – BACINO 3

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.



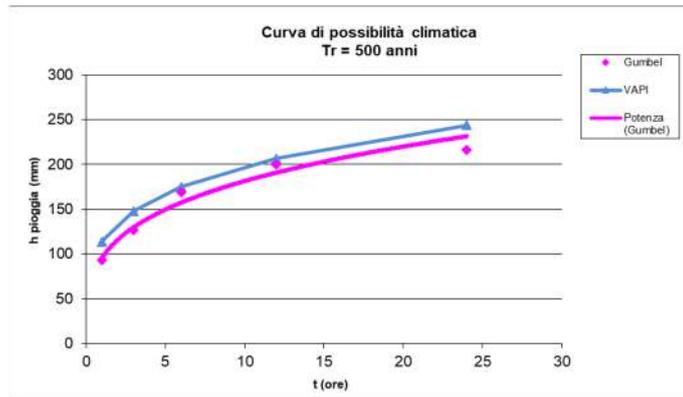


Figura 21 –Curve di possibilità climatica ai diversi tempi di ritorno.

6.1.10. Bacino 2

Stazione di Crispiano					
Tr = 30					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	62,747	85,117	111,472	131,613	143,966
VAPI	64,602	83,749	98,652	116,207	136,886
Tr = 200					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	83,327	113,234	150,064	177,895	192,679
VAPI	97,629	126,565	149,088	175,618	206,870
Tr = 500					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	93,209	126,734	168,593	200,117	216,068
VAPI	113,581	147,245	173,448	204,313	240,671

Tabella 13 – Tr = 30 – 200 - 500 anni - Altezze di pioggia (mm) – BACINO 2

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.



Progetto per la realizzazione in area SIN di un impianto fotovoltaico galleggiante (OFFSHORE) della potenza di 100 MW con annesso impianto di produzione di idrogeno verde da 25MW, impianto di mitilcoltura e strutture relative al turismo sostenibile.

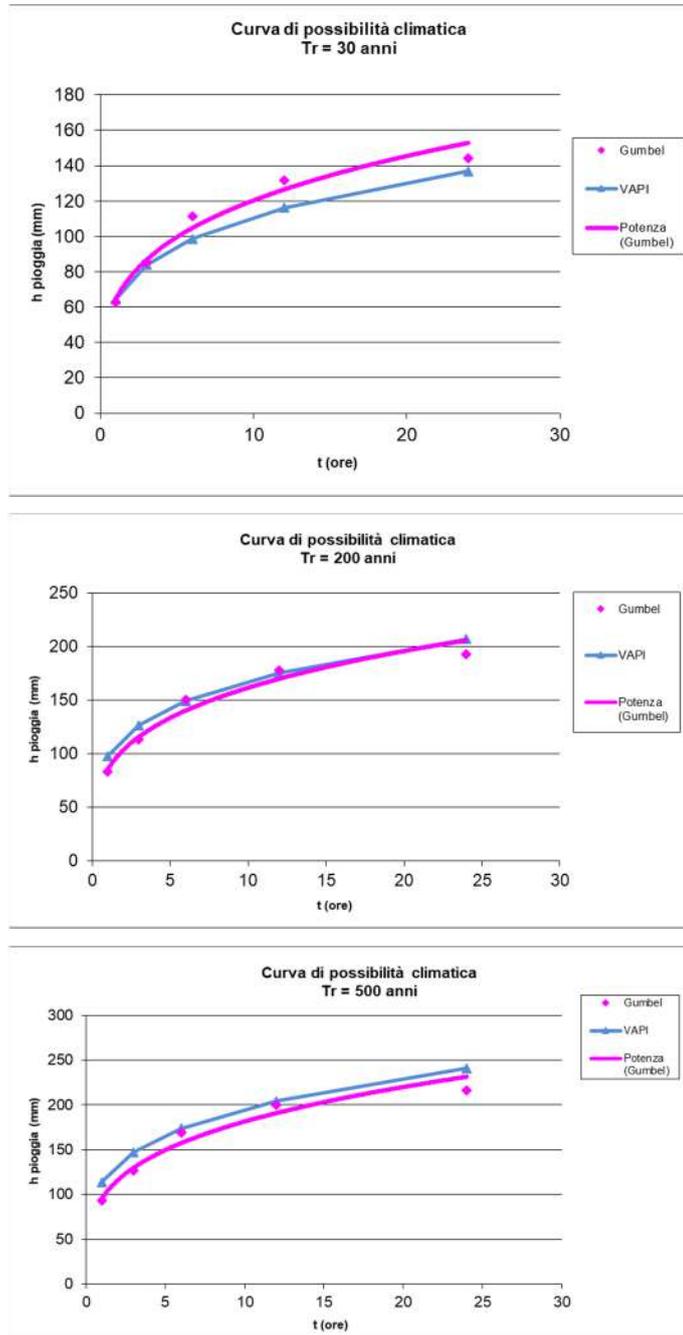


Figura 22 – Curve di possibilità climatica ai diversi tempi di ritorno.

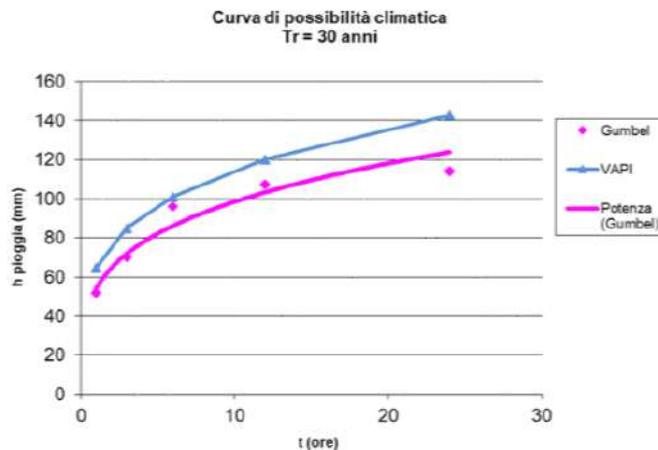


6.1.11. Bacino 1

Stazione di Crispiano					
Tr = 30					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	51.902	70.044	96.040	107.164	114.044
VAPI	64.602	84.967	101.004	120.068	142.729
Tr = 200					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	68.705	92.919	130.875	143.820	150.479
VAPI	97.629	128.407	152.643	181.453	215.700
Tr = 500					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	76.772	103.903	147.601	161.420	167.973
VAPI	113.581	149.388	177.584	211.101	250.945

Tabella 14 – Tr = 30 – 200 - 500 anni - Altezze di pioggia (mm) – BACINO 1

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.



Progetto per la realizzazione in area SIN di un impianto fotovoltaico galleggiante (OFFSHORE) della potenza di 100 MW con annesso impianto di produzione di idrogeno verde da 25MW, impianto di miticoltura e strutture relative al turismo sostenibile.

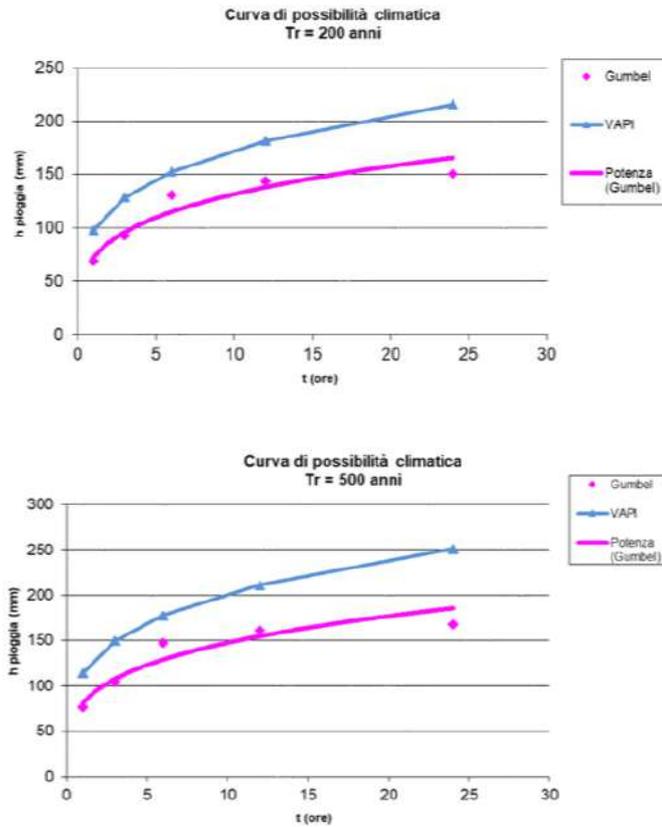


Figura 23 –Curve di possibilità climatica ai diversi tempi di ritorno.



7. 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.

7.1. 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 ha:

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

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:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m}} \quad (6)$$

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 H_m, 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.

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

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:

$$t_c = 0.02221 \left(\frac{L}{\sqrt{i_a}} \right)^{0.8} \quad (11)$$

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 vari 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.

Tutti i valori del tempo di corrivazione desunti sono riportati nella tabella seguente:



Tc	P-C-W-K (h)	Giandotti (h)	Pezzoli (h)	Valore medio (h)
BACINO 11	1.351	2.181	1.560	1.697
BACINO 10	0.522	1.732	0.475	0.910
BACINO 9	0.360	1.552	0.298	0.613
BACINO 8	1,736	2,568	2,135	1,887
BACINO 7	0,518	1,270	0,470	0,651
BACINO 6	0,666	1,456	0,645	0,802
BACINO 5	1,021	1,663	1,099	1,112
BACINO 4	0,780	1,449	0,785	0,882
BACINO 3	1,250	2,049	1,416	1,381
BACINO 2	0,183	0,797	0,128	0,309
BACINO 1	0.265	0.922	0.204	0.939

Tabella 13 – Tempo di corrivazione.

Per ciò che concerne il coefficiente di deflusso ϕ , 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	ϕ		
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

Per i bacini di interesse è stato utilizzato un **coefficiente di deflusso pari a 0,400**.

Applicando i valori precedenti nella formula razionale

Con

Tr	a	n
30 anni	64,259	0,273
200 anni	85,427	0,277
500 anni	95,590	0,278

sono stati ottenuti i seguenti valori per le portate di piena:

Bacino	Tr	tc [h]	h [mm]	ic [mm]	Q [mc/s]
11	30 anni	1.697	61.939	36.500	13.491
	200 anni	1.697	82.565	48.654	17.984
	500 anni	1.697	92.467	54.489	20.141
10	30 anni	0.910	52.630	57.857	8.598
	200 anni	0.910	70.106	77.068	11.453
	500 anni	0.910	78.495	86.291	12.824
9	30 anni	0.613	56.241	91.699	8.682
	200 anni	0.613	74.616	121.660	11.519
	500 anni	0.613	83.439	136.046	12.881
8	30 anni	1,887	76,405	40,486	31,772
	200 anni	1,887	101,842	53,965	42,349
	500 anni	1,887	114,055	60,436	47,428
7	30 anni	0,651	57,166	87,792	11,789
	200 anni	0,651	75,863	116,505	15,644
	500 anni	0,651	84,840	130,292	17,495
6	30 anni	0,802	60,513	75,427	14,127



	200 anni	0,802	80,373	100,183	18,764
	500 anni	0,802	89,909	112,069	20,990
5	30 anni	1,112	66,146	59,481	10,849
	200 anni	1,112	87,975	79,111	14,429
	500 anni	1,112	98,455	88,535	16,148
4	30 anni	0,882	62,096	70,403	5,076
	200 anni	0,882	82,509	93,547	6,744
	500 anni	0,882	92,310	104,659	7,546
3	30 anni	1,381	70,167	50,816	24,714
	200 anni	1,381	93,407	67,646	32,900
	500 anni	1,381	104,564	75,726	36,829
2	30 anni	0,309	46,637	151,130	6,031
	200 anni	0,309	61,698	199,938	7,979
	500 anni	0,309	68,931	223,376	8,914
1	30 anni	0.393	42.268	107.570	10.722
	200 anni	0.393	56.249	143.151	14.269
	500 anni	0.393	62.961	160.232	15.971

Tabella 14 – Valori delle portate di piena con il metodo razionale dei Bacini 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 I_a 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 15 – 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 3 – 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 adottare un valore di Curve Number pari al CN(II) pari a 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:

$$t_b = 2.67t_a$$

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 Km², 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	Tr	P [mm]	Pnet	TL [h]	V [mm]	ta [h]	Qp [mc/s]
11	30 anni	71.387	43.156	1.153	43.156	2.002	11.933
	200 anni	107.884	76.679	1.153	76.679	2.002	21.202
	500 anni	125.512	93.383	1.153	93.383	2.002	25.821
10	30 anni	63.571	36.291	0.443	36.291	0.898	8.996
	200 anni	96.072	65.635	0.443	65.635	0.898	16.270
	500 anni	111.770	80.341	0.443	80.341	0.898	19.916
9	30 anni	59.394	33.720	0.286	33.720	0.593	10.080
	200 anni	89.760	61.088	0.286	61.088	0.593	18.261
	500 anni	104.426	74.812	0.286	74.812	0.593	22.364
8	30 anni	75,508	48,016	1,762	48,016	2,706	26,067
	200 anni	114,111	83,984	1,762	83,984	2,706	45,593



	500 anni	132,756	101,819	1,762	101,819	2,706	55,276
7	30 anni	59,098	33,463	0,771	33,463	1,097	7,671
	200 anni	89,312	60,673	0,771	60,673	1,097	13,908
	500 anni	103,905	74,321	0,771	74,321	1,097	17,037
6	30 anni	61,507	35,556	1,083	35,556	1,484	8,400
	200 anni	92,953	64,056	1,083	64,056	1,484	15,133
	500 anni	108,141	78,321	1,083	78,321	1,484	18,503
5	30 anni	66,165	39,649	1,174	39,649	1,730	7,823
	200 anni	99,992	70,640	1,174	70,640	1,730	13,938
	500 anni	116,331	86,096	1,174	86,096	1,730	16,988
4	30 anni	62,934	36,803	0,758	36,803	1,199	4,142
	200 anni	95,110	66,067	0,758	66,067	1,199	7,435
	500 anni	110,650	80,698	0,758	80,698	1,199	9,081
3	30 anni	69,813	42,893	1,253	42,893	1,943	20,095
	200 anni	105,505	75,830	1,253	75,830	1,943	35,525
	500 anni	122,744	92,216	1,253	92,216	1,943	43,202
2	30 anni	48,932	24,863	0,360	24,863	0,514	3,611
	200 anni	73,949	46,607	0,360	46,607	0,514	6,769
	500 anni	86,031	57,639	0,360	57,639	0,514	8,371
1	30 anni	51.174	26.724	0.853	26.724	1.049	6.336
	200 anni	77.337	49.676	0.853	49.676	1.049	11.778
	500 anni	89.974	61.287	0.853	61.287	1.049	14.531

Tabella 16 – Valori delle portate di piena con il metodo del CN del Bacino di interesse.

7.2. Considerazioni finali sulla portata di piena

Per ogni bacino, a vantaggio di sicurezza, si ritiene opportuno utilizzare il valore più alto della portata duecentennale ottenuta; di seguito si sintetizza una tabella contenente i valori di portata ottenuti con le due metodologie descritte ai paragrafi precedenti.

Bacino	Tr	Metodo razionale	metodo Curve Number (CN)
		Q [mc/s]	Qp [mc/s]
11	30 anni	13.491	11.933
	200 anni	17.984	21.202
	500 anni	20.141	25.821



10	30 anni	8.598	8.996
	200 anni	11.453	16.270
	500 anni	12.824	19.916
9	30 anni	8.682	10.080
	200 anni	11.519	18.261
	500 anni	12.881	22.364
8	30 anni	31,772	26,067
	200 anni	42,349	45,593
	500 anni	47,428	55,276
7	30 anni	11,789	7,671
	200 anni	15,644	13,908
	500 anni	17,495	17,037
6	30 anni	14,127	8,400
	200 anni	18,764	15,133
	500 anni	20,990	18,503
5	30 anni	10,849	7,823
	200 anni	14,429	13,938
	500 anni	16,148	16,988
4	30 anni	5,076	4,142
	200 anni	6,744	7,435
	500 anni	7,546	9,081
3	30 anni	24,714	20,095
	200 anni	32,900	35,525
	500 anni	36,829	43,202
2	30 anni	6,031	3,611
	200 anni	7,979	6,769
	500 anni	8,914	8,371
1	30 anni	10.722	6.336
	200 anni	14.269	11.778
	500 anni	15.971	14.531

Tabella 17 – Portate finali di calcolo.



8. MODELLAZIONE IDRAULICA

Come già precisato le intersezioni del cavidotto con il reticolo idrografico avvengono tutte su strade esistenti; per gli attraversamenti n.1 e 5, e per il parallelismo n.11 viste le condizioni al contorno, si è previsto di ricorrere all'utilizzo della trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.). Si è reso pertanto necessario effettuare una modellazione idraulica

per individuare compiutamente le aree di esondazione della piena duecentennale.

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 del modello 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 le tre aste studiate un **modello geometrico**, come base di input per il software HEC-RAS, costituito da un alveo, formato da **sezioni** (numerate progressivamente da monte verso valle).

Per l'Interferenza 1, sull'omonima ASTA 1 sono state individuate n.21 sezioni, per l'Interferenza 5, sull'omonima ASTA 5 sono state individuate n.21 sezioni, mentre l'Interferenza 11, sull'omonima ASTA 11 sono state individuate n.12 sezioni.

Tutte le sezioni sono poste a distanza costante con passo di circa 50 m.

Definito il **modello geometrico dello stato di fatto**, si è provveduto ad effettuare l'ipotesi di calcolo.

Risultati delle simulazioni

Nel seguito, si riportano e si commentano i risultati dello studio idraulico, effettuato in condizioni di moto permanente, in riferimento all'asta modellata.

In particolare, sono riportati i risultati della simulazione effettuata, in condizioni di moto permanente in corrispondenza di portate di piena caratterizzate dal tempo di ritorno di 200 anni.

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



Tutte queste informazioni sono indicate 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 EI** = Quote del fondo dell'alveo;
- c) **W.S. Elev** = Quota del pelo libero;
- d) **Crit W.S.** = Quota critica del pelo libero;
- e) **E.G. Elev** = Quota della linea dell'energia;
- f) **E.G. Slope** = Pendenza della linea dell'energia;
- g) **Vel Chnl** = Velocità media della corrente nell'alveo;
- h) **Flow area** = Area totale della sezione liquida effettiva;
- i) **Top Width** = Larghezza superficiale della sezione liquida;
- j) **Froude** = Numero di Froude dell'alveo.

I risultati ottenuti sono riportati nelle tabelle seguenti (cfr. tabelle seguenti).



ASTA 1 (INT. 1)

Profile Output Table - Standard Table 1

File Options Std. Tables Locations Help

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 1	21	PF 1	14.27	105.29	105.89	105.92	106.07	0.020001	1.89	7.53	25.62	1.11
Asta 1	20	PF 1	14.27	104.00	104.61	104.63	104.78	0.017957	1.81	7.87	26.33	1.06
Asta 1	19	PF 1	14.27	102.70	103.23	103.33	103.53	0.036386	2.41	5.91	21.88	1.48
Asta 1	18	PF 1	14.27	101.03	101.36	101.40	101.61	0.040054	2.22	6.43	29.07	1.51
Asta 1	17	PF 1	14.27	98.96	99.25	99.25	99.25	0.000003	0.02	236.35	209.72	0.01
Asta 1	16	PF 1	14.27	95.24	95.38	95.58	98.90	2.078387	8.31	1.72	20.68	9.21
Asta 1	15	PF 1	14.27	92.00	92.21	92.26	92.38	0.035168	1.82	7.84	43.57	1.36
Asta 1	14	PF 1	14.27	89.66	90.07	90.12	90.24	0.064431	1.82	7.85	68.60	1.71
Asta 1	13	PF 1	14.27	87.00	87.55	87.60	87.90	0.035097	2.62	5.55	19.23	1.49
Asta 1	12	PF 1	14.27	85.41	85.84	85.91	86.08	0.036405	2.20	6.48	27.57	1.45
Asta 1	11	PF 1	14.27	84.13	84.72	84.72	84.87	0.016712	1.71	8.36	29.00	1.02
Asta 1	10	PF 1	14.27	83.00	83.26	83.29	83.43	0.042233	1.82	7.86	49.92	1.46
Asta 1	9	PF 1	14.27	82.00	82.51	82.38	82.56	0.004199	0.98	14.52	41.01	0.53
Asta 1	8	PF 1	14.27	82.00	82.38	82.38	82.50	0.015704	1.59	9.32	37.90	0.98
Asta 1	7	PF 1	14.27	78.66	78.90	79.07	80.22	0.375360	5.08	2.81	19.65	4.28
Asta 1	6	PF 1	14.27	78.00	78.32	78.32	78.32	0.000074	0.09	88.23	191.90	0.06
Asta 1	5	PF 1	14.27	77.34	77.66	77.78	78.25	0.142776	3.40	4.20	26.01	2.70
Asta 1	4	PF 1	14.27	75.77	76.02	76.02	76.02	0.000014	0.03	185.65	348.01	0.03
Asta 1	3	PF 1	14.27	72.69	72.92	73.09	75.74	1.125997	7.44	1.92	17.24	7.12
Asta 1	2	PF 1	14.27	71.04	71.43	71.45	71.57	0.021836	1.62	8.79	40.29	1.11
Asta 1	1	PF 1	14.27	69.88	70.14	70.17	70.28	0.030554	1.67	8.61	50.01	1.27

ASTA 5 (INT. 5)

HEC-RAS Plan: Plan 02 River: ASTA 5 Reach: ASTA 5 Profile: PF 1 Reload Data

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 5	7	PF 1	14.43	52.16	52.61	52.99	54.99	0.370671	6.83	2.11	9.33	4.58
ASTA 5	6	PF 1	14.43	51.42	52.24	52.24	52.46	0.014123	2.09	6.89	15.44	1.00
ASTA 5	5	PF 1	14.43	50.45	51.07	51.18	51.45	0.030495	2.72	5.30	14.31	1.43
ASTA 5	4	PF 1	14.43	49.14	50.16	50.00	50.29	0.005844	1.58	9.15	16.16	0.67
ASTA 5	3	PF 1	14.43	49.00	49.63	49.63	49.84	0.014614	2.05	7.05	16.82	1.01
ASTA 5	2	PF 1	14.43	48.00	48.25	48.34	48.56	0.054650	2.47	5.84	28.38	1.74
ASTA 5	1	PF 1	14.43	47.00	47.19	47.19	47.27	0.020147	1.26	11.47	72.48	1.01



ASTA 11 (INT. 11-parallelismo)

Profile Output Table - Standard Table 1

File Options Std. Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: Plan 05 River: ASTA 1 Reach: ASTA 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
ASTA 1	12	PF 1	21.20	3.00	4.04	3.31	4.05	0.000140	0.29	72.41	98.20	0.11
ASTA 1	11	PF 1	21.20	3.00	4.03		4.04	0.000260	0.36	58.72	93.83	0.14
ASTA 1	10	PF 1	21.20	3.00	3.87		3.99	0.008029	1.56	14.20	42.84	0.75
ASTA 1	9	PF 1	21.20	2.60	3.39		3.56	0.009152	1.83	11.60	23.12	0.82
ASTA 1	8	PF 1	21.20	2.02	2.76	2.76	3.00	0.013734	2.15	9.84	20.77	1.00
ASTA 1	7	PF 1	21.20	1.11	1.44	1.55	1.78	0.053551	2.57	8.24	37.01	1.74
ASTA 1	6	PF 1	21.20	0.40	1.08	0.86	1.13	0.003036	0.97	21.92	49.72	0.46
ASTA 1	5	PF 1	21.20	0.28	0.98		1.04	0.004194	1.04	20.45	55.18	0.53
ASTA 1	4	PF 1	21.20	0.25	0.95		0.96	0.000600	0.49	43.55	81.94	0.21
ASTA 1	3	PF 1	21.20	0.21	0.89		0.92	0.001576	0.64	33.23	86.79	0.33
ASTA 1	2	PF 1	21.20	0.12	0.75	0.50	0.77	0.002286	0.68	31.38	98.55	0.38
ASTA 1	1	PF 1	21.20	0.00	0.40	0.40	0.52	0.017403	1.52	13.90	59.00	1.00

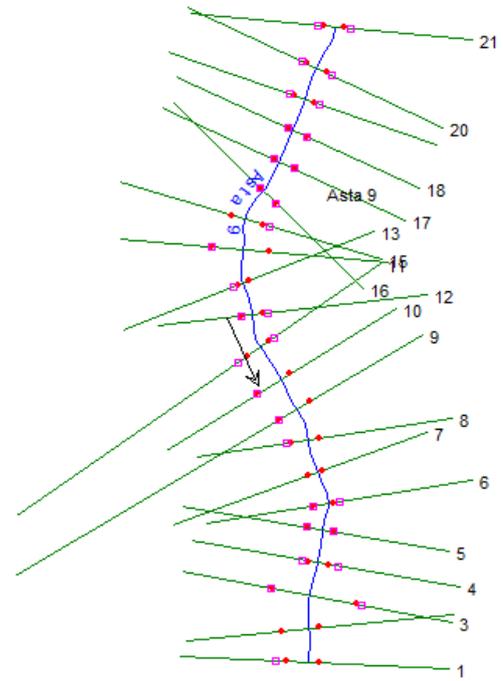
Figura 24 Parametri idraulici del calcolo in moto permanente

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.

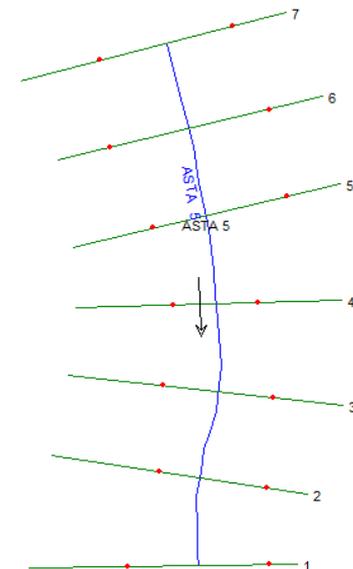
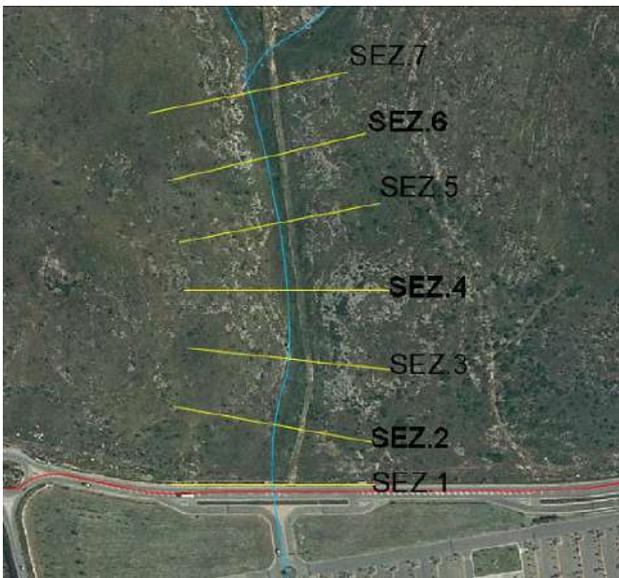
Nelle figure seguenti (cfr. figure seguenti) sono riportati la planimetria con le sezioni trasversali, sia su dwg che su interfaccia Hecras, il profilo longitudinale al passaggio dell'onda di piena due centennale.



Progetto per la realizzazione in area SIN di un impianto fotovoltaico galleggiante (OFFSHORE) della potenza di 100 MW con annesso impianto di produzione di idrogeno verde da 25MW, impianto di mitilcoltura e strutture relative al turismo sostenibile.



ASTA 1



ASTA 5



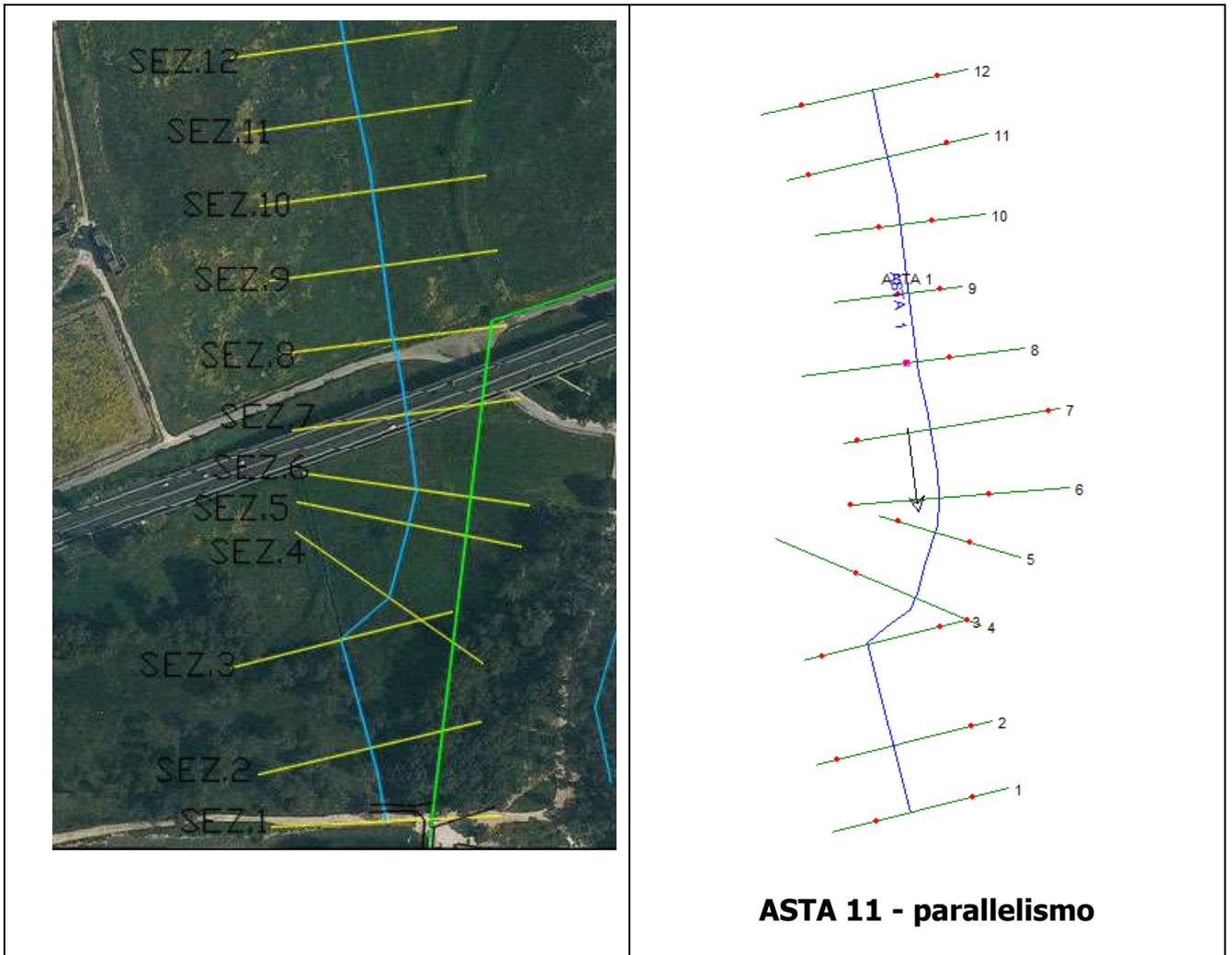
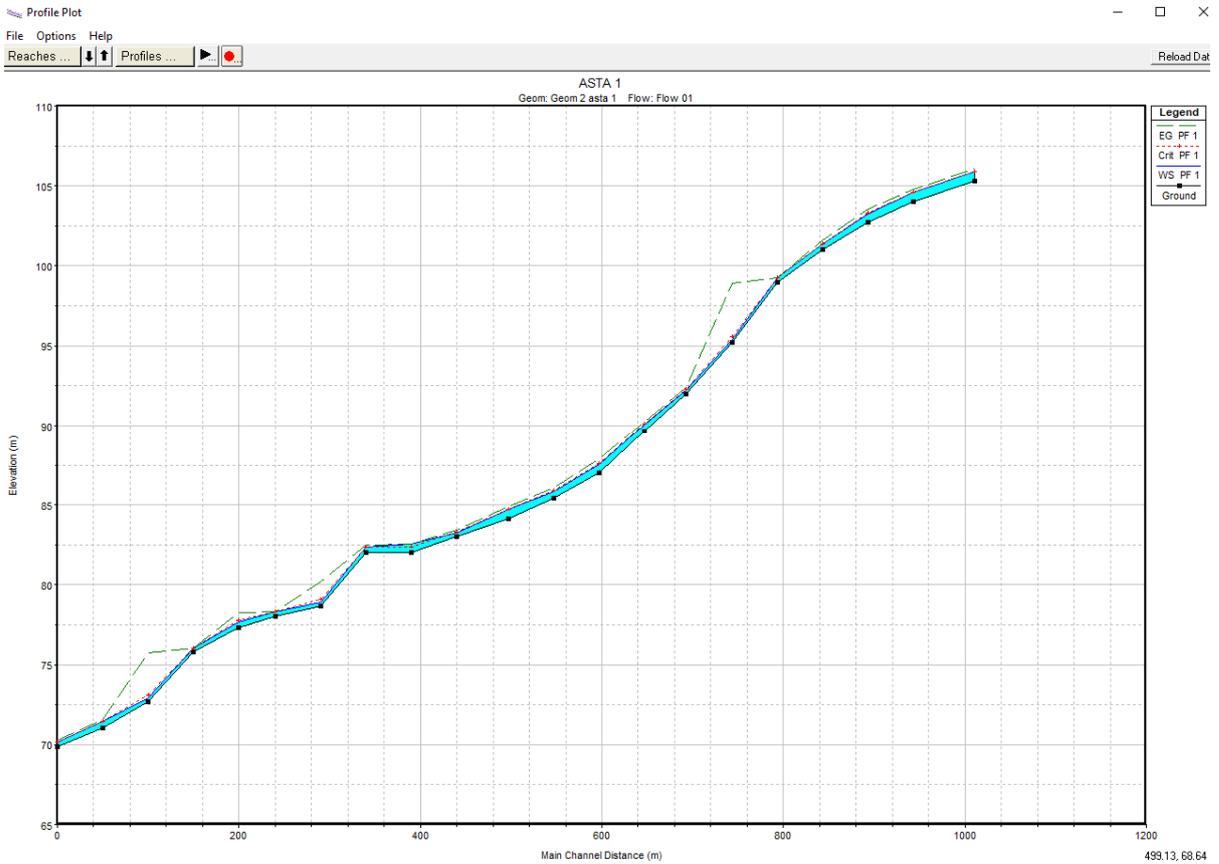


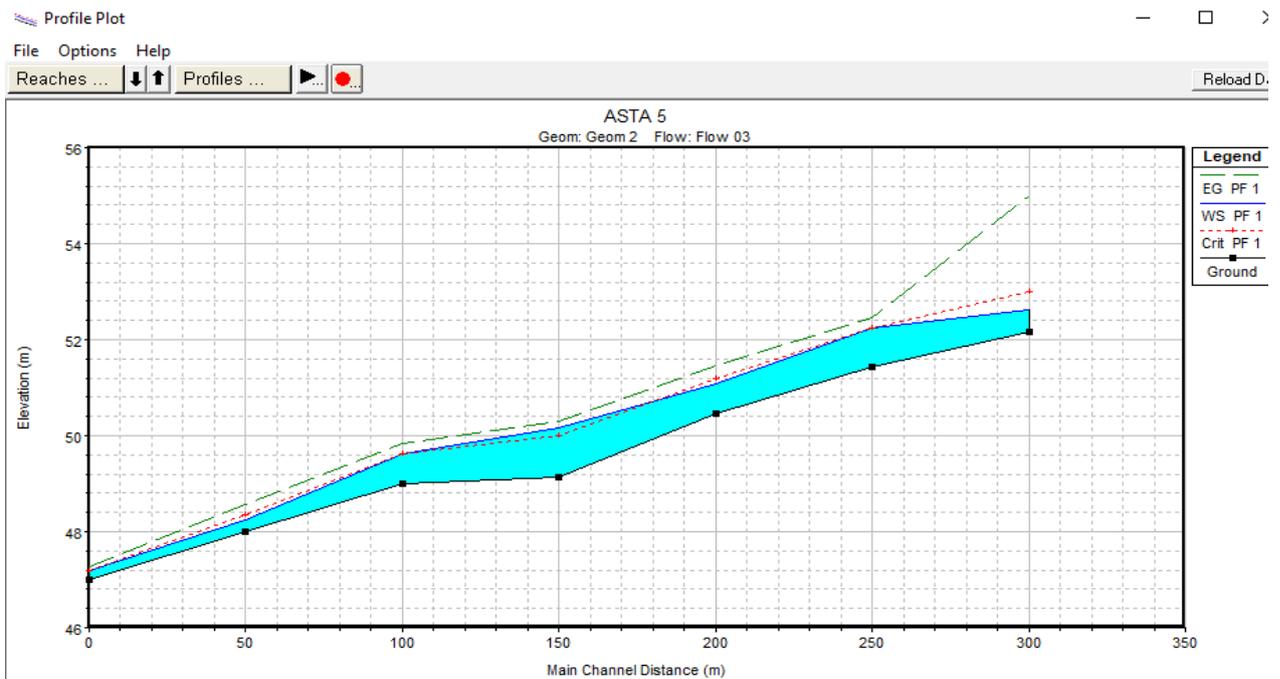
Figura 25 – Planimetria con indicazione delle sezioni su Hec-Ras

Progetto per la realizzazione in area SIN di un impianto fotovoltaico galleggiante (OFFSHORE) della potenza di 100 MW con annesso impianto di produzione di idrogeno verde da 25MW, impianto di miticoltura e strutture relative al turismo sostenibile.

ASTA 1



ASTA 5



ASTA 11

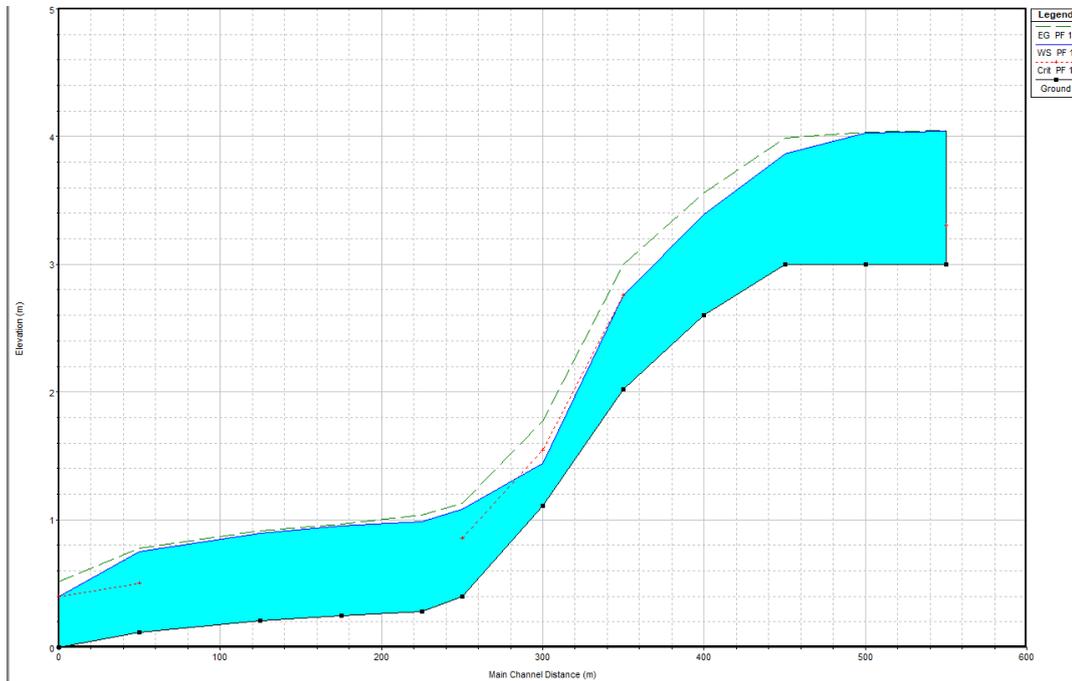


Figura 26 –ASAT 1, ASTA 5 e ASTA 11 Profilo longitudinale di moto permanente

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

Osservando gli output di HEC-RAS si evince come **il corso d'acqua in esame sia sufficiente a contenere la portata di piena bi-centenaria, quasi sempre contenuta in alveo o nelle sue aree golenali.**

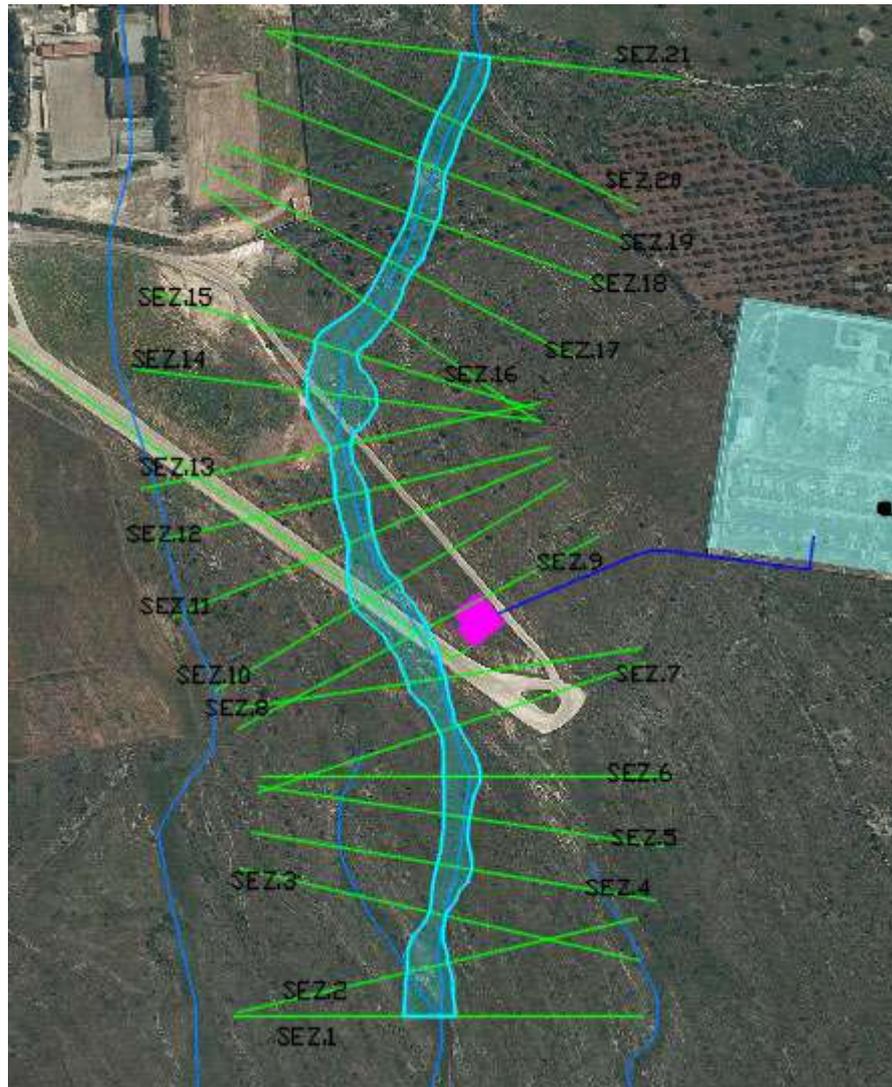


Figura 27 – ASTA 1 Planimetria con indicazione delle aree inondabili duecentennali.

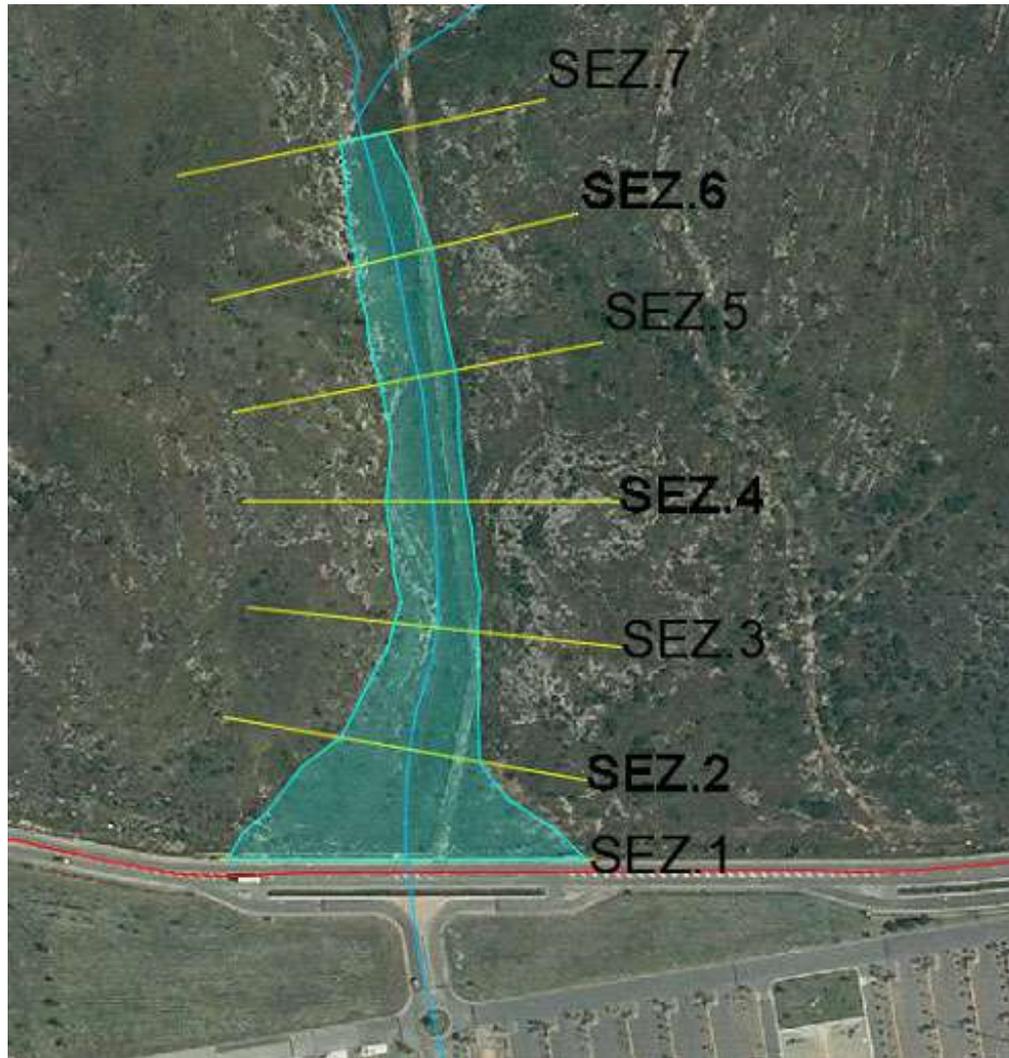


Figura 28_ ASTA 5 Planimetria con indicazione delle aree inondabili duecentennali.

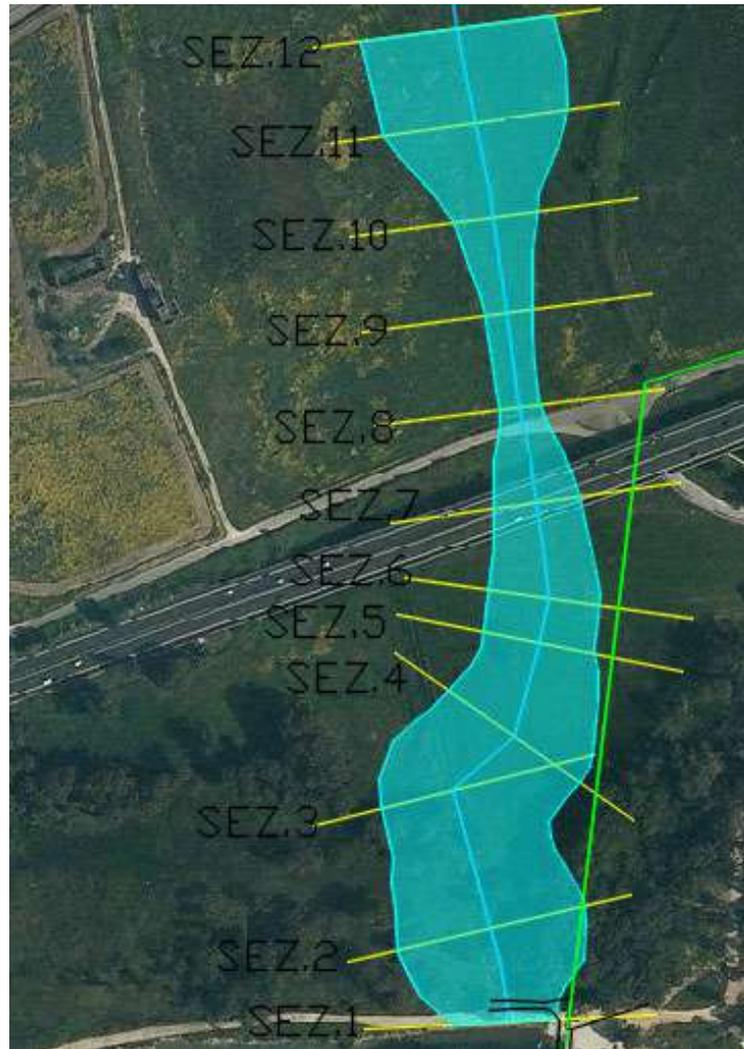


Figura 29 ASTA 11 Planimetria con indicazione delle aree inondabili duecentennali.

Progetto per la realizzazione in area SIN di un impianto fotovoltaico galleggiante (OFFSHORE) della potenza di 100 MW con annesso impianto di produzione di idrogeno verde da 25MW, impianto di mitilcoltura e strutture relative al turismo sostenibile.

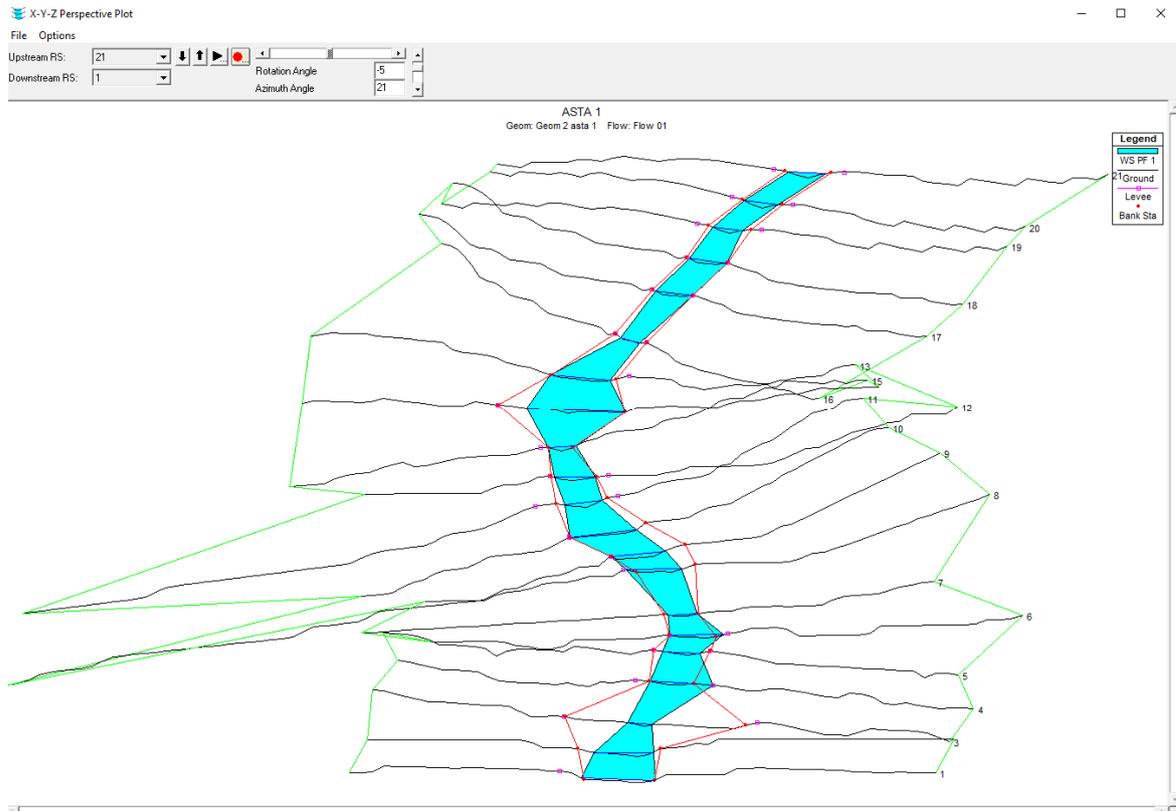


Figura 30 – ASTA 1 Vista tridimensionale andamento planoaltimetrico del reticolo con indicazione delle aree inondabili duecentennali.

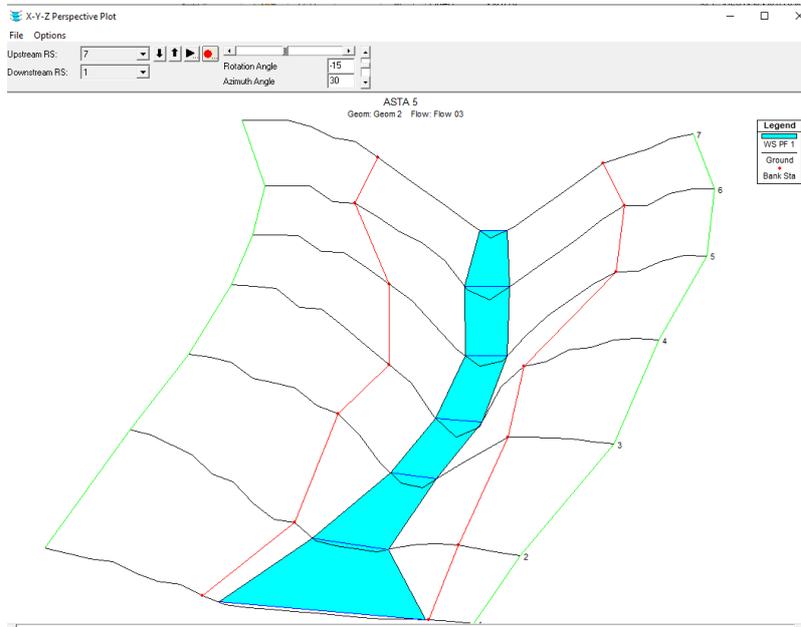


Figura 31_ASTA 5 Vista tridimensionale andamento planoaltimetrico del reticolo con indicazione delle aree inondabili duecentennali.



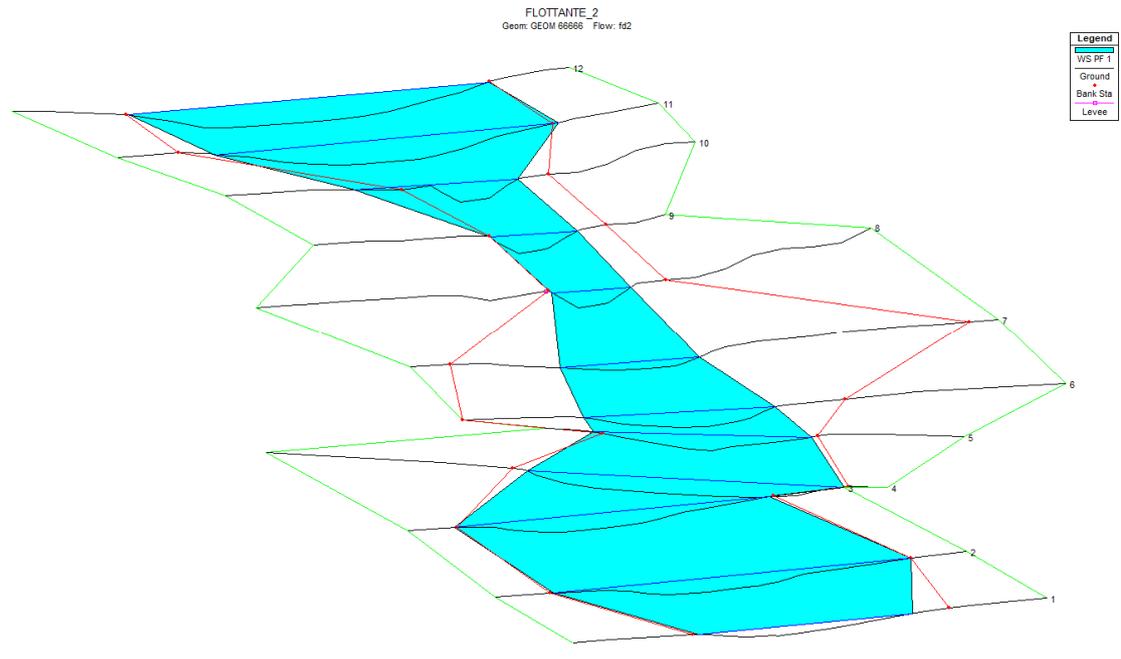


Figura 32 ASTA 11 Vista tridimensionale andamento planoaltimetrico del reticolo con indicazione delle aree inondabili duecentennali.

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

9. CONCLUSIONI

Dall'analisi dei risultati condotti con il presente studio si è potuto desumere che le opere previste in progetto non comportano alcuna modifica della morfologia degli alvei e nessuna variazione del livello di sicurezza delle aree adiacenti.

L'area della Stazione Utente è stata posizionata al di fuori delle aree di esondazione individuate in corrispondenza dell'asta che genera l'interferenza 1.

Nello specifico, a valle della modellazione idraulica effettuata per l'intersezioni del tracciato del cavidotto con il reticolo idrografico identificate come n.1, 5 e 11, **si può asserire che la realizzazione mediante la tecnica della trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.), che prevede una posa del cavo ad una profondità minima di 1,5 m dal piano campagna e l'ubicazione dei due pozzetti di estremità al di fuori delle aree inondabili individuate, non comporta 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.**

Inoltre i pozzetti prefabbricati di partenza e di arrivo, previsti alle estremità del tratto di cavidotto interrato, saranno realizzati con anelli prefabbricati in cemento armato sigillati con malta idroespansiva, dotati di chiusini con guarnizioni a tenuta in grado di funzionare correttamente anche in caso di eventi alluvionali.

Pertanto, gli interventi di progetto risultano essere compatibili con le finalità e le prescrizioni del PAI.



10. ALLEGATI

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

ALLEGATO B.2 – Individuazione dei Bacini Idrografici su Ortofoto

ALLEGATO B.3 – Planimetria con indicazione degli attraversamenti del cavidotto su Ortofoto

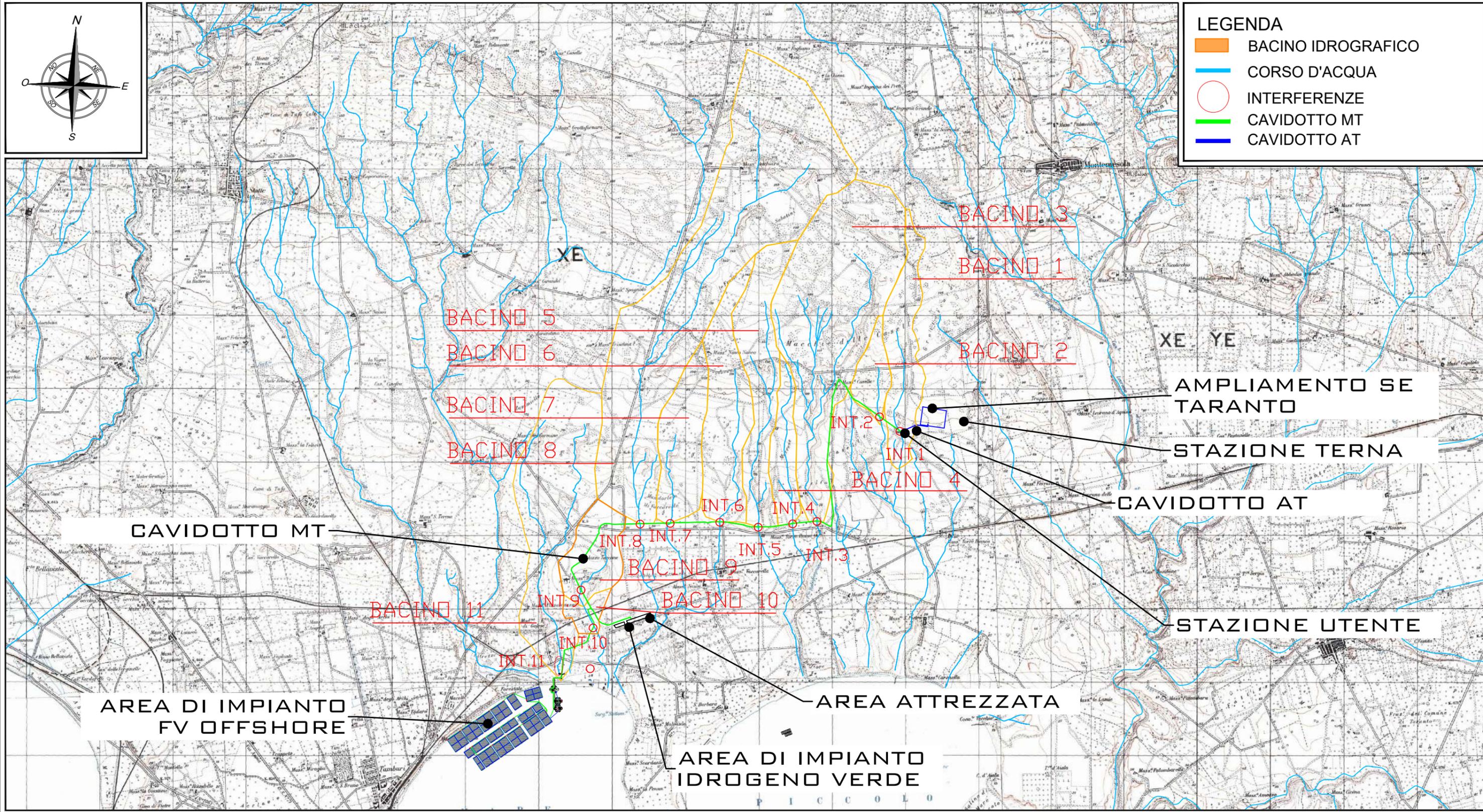
ALLEGATO B.4 – Planimetria con indicazione delle aree di esondazione – Intersezione n.1

ALLEGATO B.5 – Planimetria con indicazione delle aree di esondazione – Intersezione n.5

ALLEGATO B.6 – Planimetria con indicazione delle aree di esondazione – Intersezione n.11



STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA RELATIVO ALLA REALIZZAZIONE IN AREA SIN DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO GALLEGGIANTE (OFFSHORE) DELLA POTENZA DI 100 MW CON ANNESSO IMPIANTO DI PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE DA 25 MW, IMPIANTO DI MITICOLTURA E STRUTTURE RELATIVE AL TURISMO SOSTENIBILE - COMUNE DI TARANTO (TA)



LEGENDA

- BACINO IDROGRAFICO
- CORSO D'ACQUA
- INTERFERENZE
- CAVIDOTTO MT
- CAVIDOTTO AT

Committente:
M FLOATING MAR PICCOLO SRL
 P.zza Fontana n.6
 20122 - Milano (MI)
 P IVA 13013890960



Progettista:
ATECH srl
 Via Caduti di Nassirya, 55
 70124- Bari (BA)
 pec: atechsrl@legalmail.it



Direttore Tecnico: Ing. Orazio Tricarico

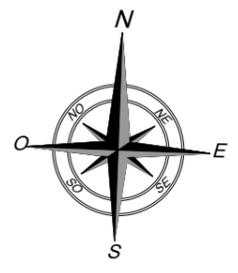
Titolo Allegato:
INDIVIDUAZIONE BACINO IDROGRAFICO SU IGM 1:25.000

Data: **NOVEMBRE 2023**

Scala: **1:50.000**

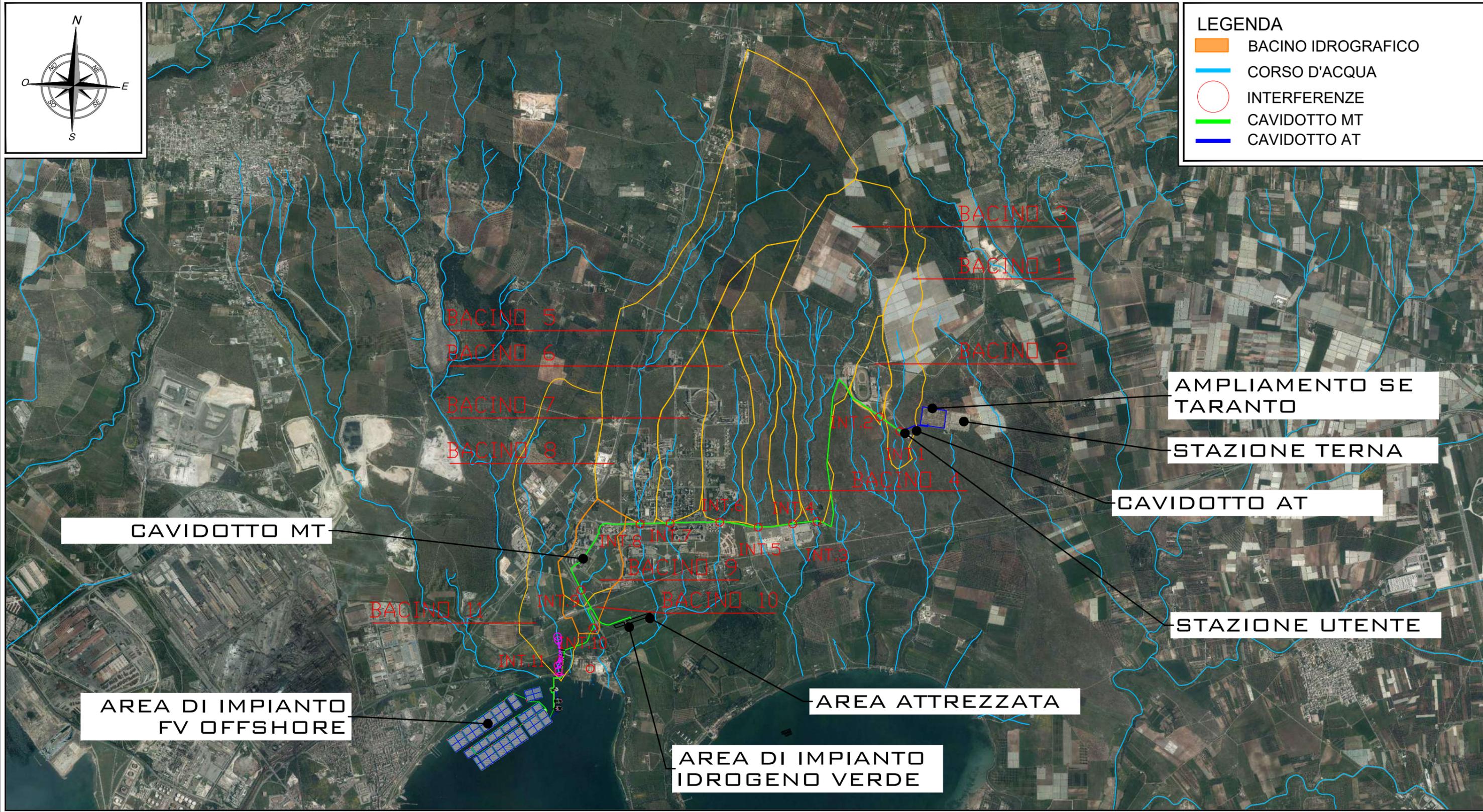
Elaborato: **B.1**

STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA RELATIVO ALLA REALIZZAZIONE IN AREA SIN DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO GALLEGGIANTE (OFFSHORE) DELLA POTENZA DI 100 MW CON ANNESSO IMPIANTO DI PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE DA 25 MW, IMPIANTO DI MITICOLTURA E STRUTTURE RELATIVE AL TURISMO SOSTENIBILE - COMUNE DI TARANTO (TA)



LEGENDA

- BACINO IDROGRAFICO
- CORSO D'ACQUA
- INTERFERENZE
- CAVIDOTTO MT
- CAVIDOTTO AT



Committente:
M FLOATING MAR PICCOLO SRL
 P.zza Fontana n.6
 20122 - Milano (MI)
 P IVA 13013890960

FLOATING MAR PICCOLO

Progettista:
ATECH srl
 Via Caduti di Nassirya, 55
 70124- Bari (BA)
 pec: atechsrl@legalmail.it

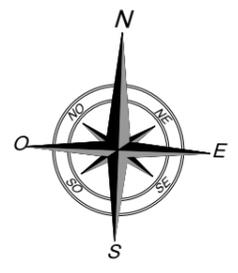
Direttore Tecnico: Ing. Orazio Tricarico

Titolo Allegato:
INDIVIDUAZIONE BACINO IDROGRAFICO SU ORTOFOTO

Data: **NOVEMBRE 2023**

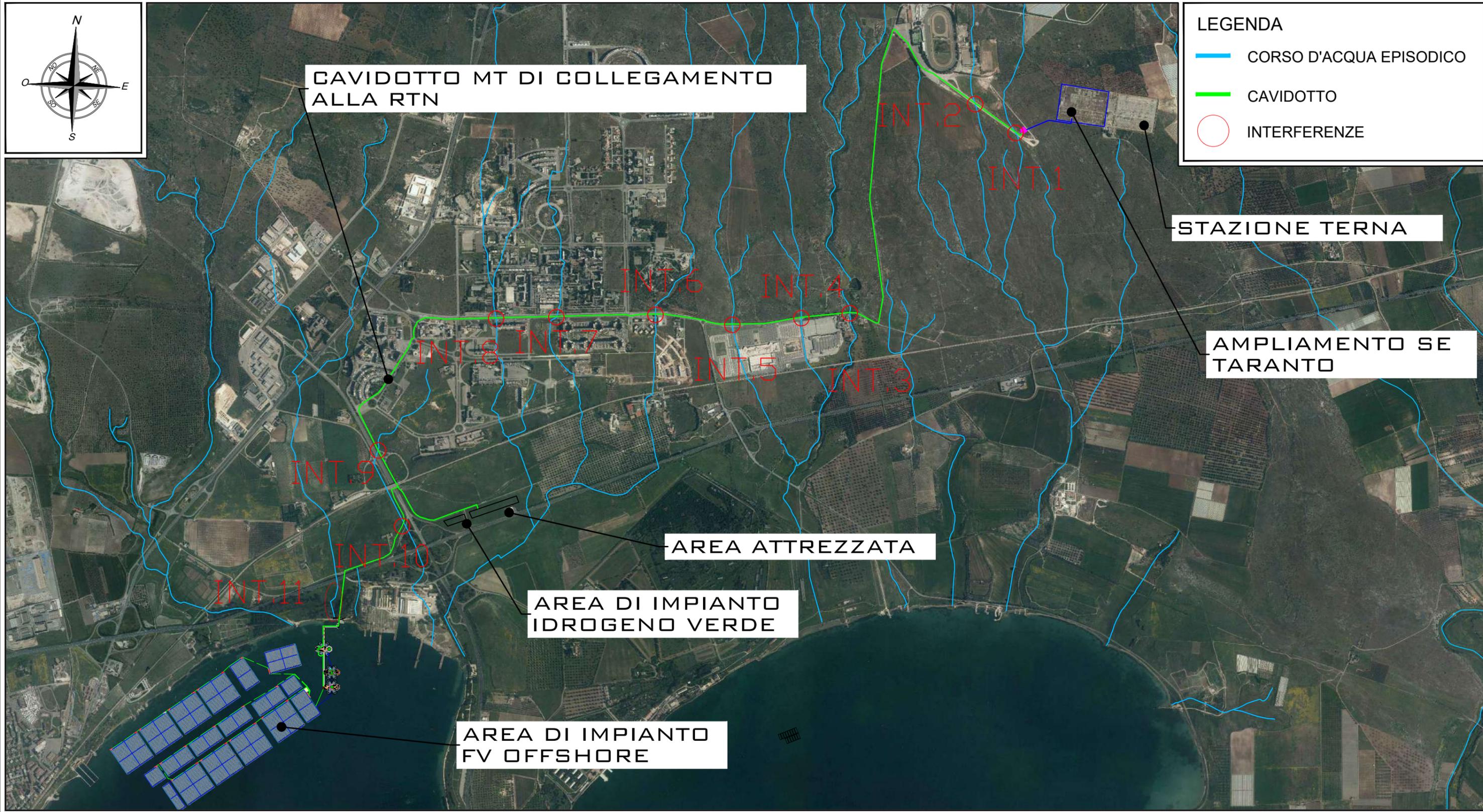
Scala: **1:50.000**

Elaborato: **B.2**



LEGENDA

- CORSO D'ACQUA EPISODICO
- CAVIDOTTO
- INTERFERENZE



Committente:
M FLOATING MAR PICCOLO SRL
 P.zza Fontana n.6
 20122 - Milano (MI)
 P IVA 13013890960

Progettista:
ATECH srl
 Via Caduti di Nassirya, 55
 70124- Bari (BA)
 pec: atechsrl@legalmail.it

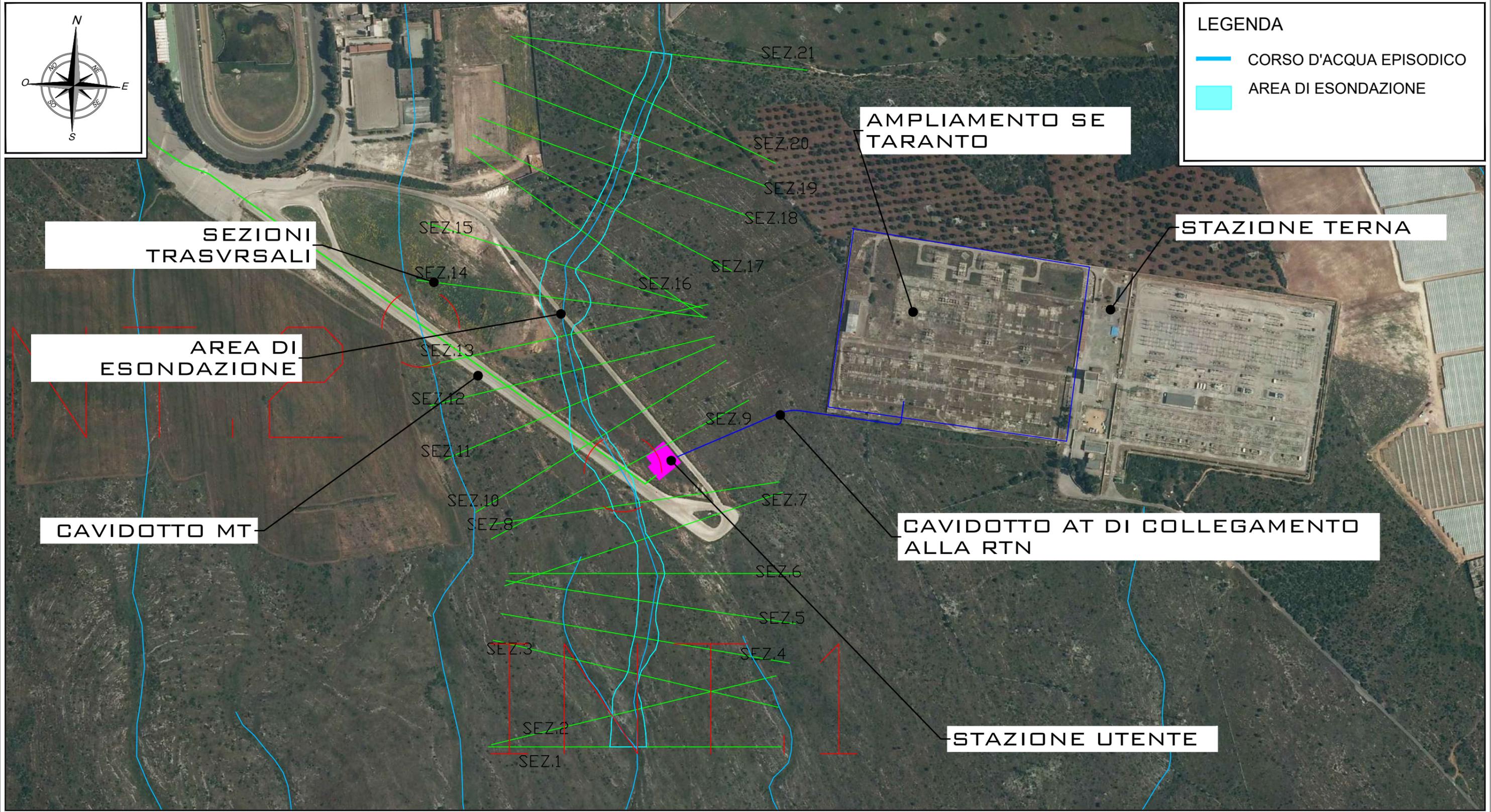
Direttore Tecnico: Ing. Orazio Tricarico

Titolo Allegato:
INDIVIDUAZIONE DELLE INTERFERENZE SU ORTOFOTO

Data: **NOVEMBRE 2023**

Scala: **1:25.000**

Elaborato: **B.3**



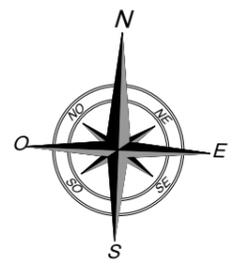
Committente:
M FLOATING MAR PICCOLO SRL
 P.zza Fontana n.6
 20122 - Milano (MI)
 P.IVA 13013890960

Progettista:
ATECH srl
 Via Caduti di Nassirya, 55
 70124- Bari (BA)
 pec: atechsrl@legalmail.it

Direttore Tecnico: Ing. Orazio Tricarico

Titolo Allegato:
PLANIMETRIA CON INDICAZIONE DELLE AREE DI ESONDAZIONE INTERFERENZA 1 SU ORTOFOTO

Data:	SETTEMBRE 2023
Scala:	1:5.000
Elaborato:	B.4



LEGENDA

-  CORSO D'ACQUA EPISODICO
-  AREA DI ESONDAZIONE



Committente:
M FLOATING MAR PICCOLO SRL
P.zza Fontana n.6
20122 - Milano (MI)
P IVA 13013890960



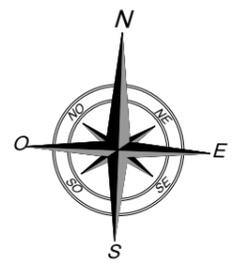
Progettista:
ATECH srl
Via Caduti di Nassirya, 55
70124- Bari (BA)
pec: atechsrl@legalmail.it



Direttore Tecnico: Ing. Orazio Tricarico

Titolo Allegato:
PLANIMETRIA CON INDICAZIONE DELLE AREE DI ESONDAZIONE INTERFERENZA 5 SU ORTOFOTO

Data:	NOVEMBRE 2023
Scala:	1:2.500
Elaborato:	B.5



LEGENDA

-  CORSO D'ACQUA EPISODICO
-  AREA DI ESONDAZIONE



SEZIONI TRASVRSALI

AREA DI ESONDAZIONE

CAVIDOTTO MT

Committente:
M FLOATING MAR PICCOLO SRL
P.zza Fontana n.6
20122 - Milano (MI)
P IVA 13013890960



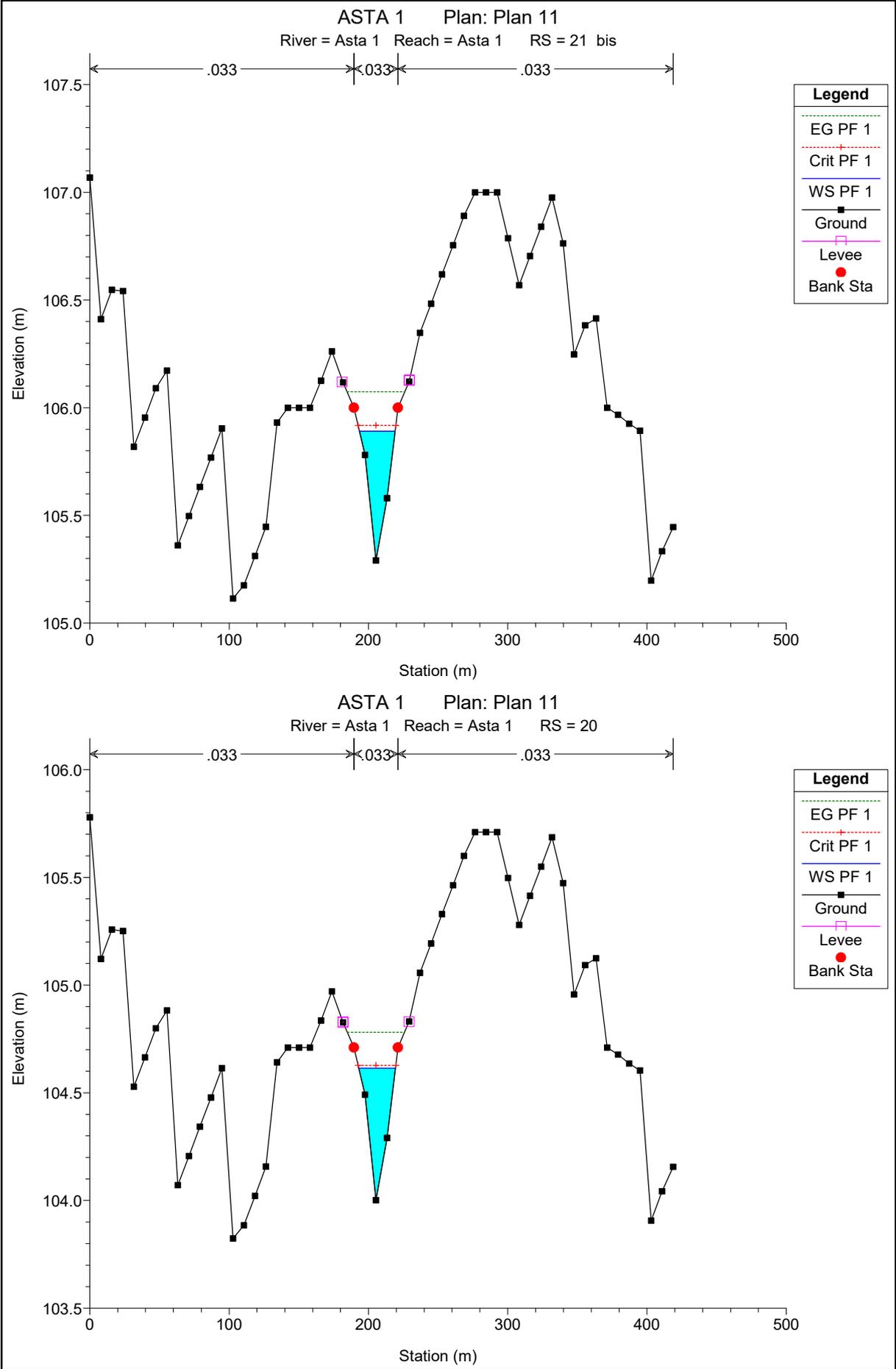
Progettista:
ATECH srl
Via Caduti di Nassirya, 55
70124- Bari (BA)
pec: atechsrl@legalmail.it

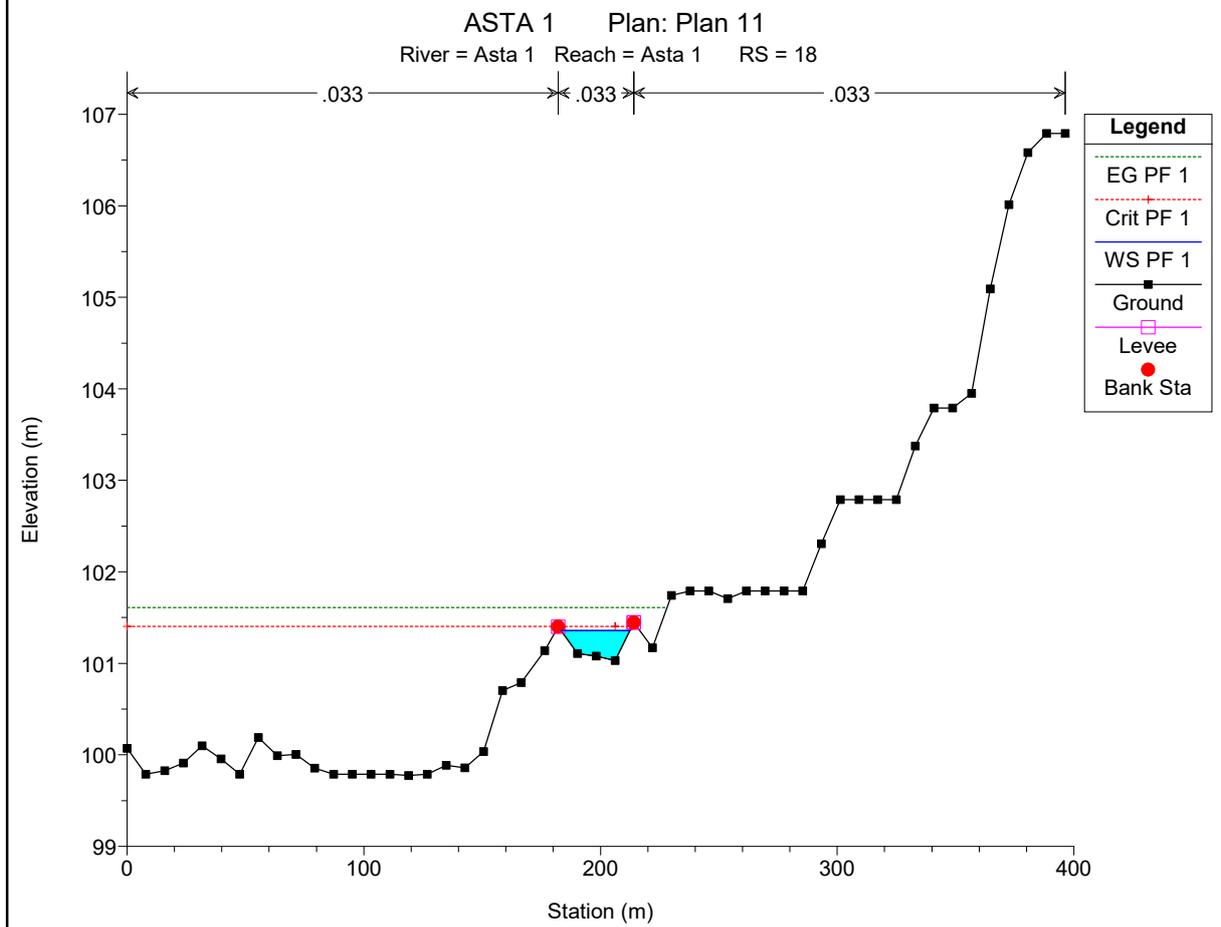
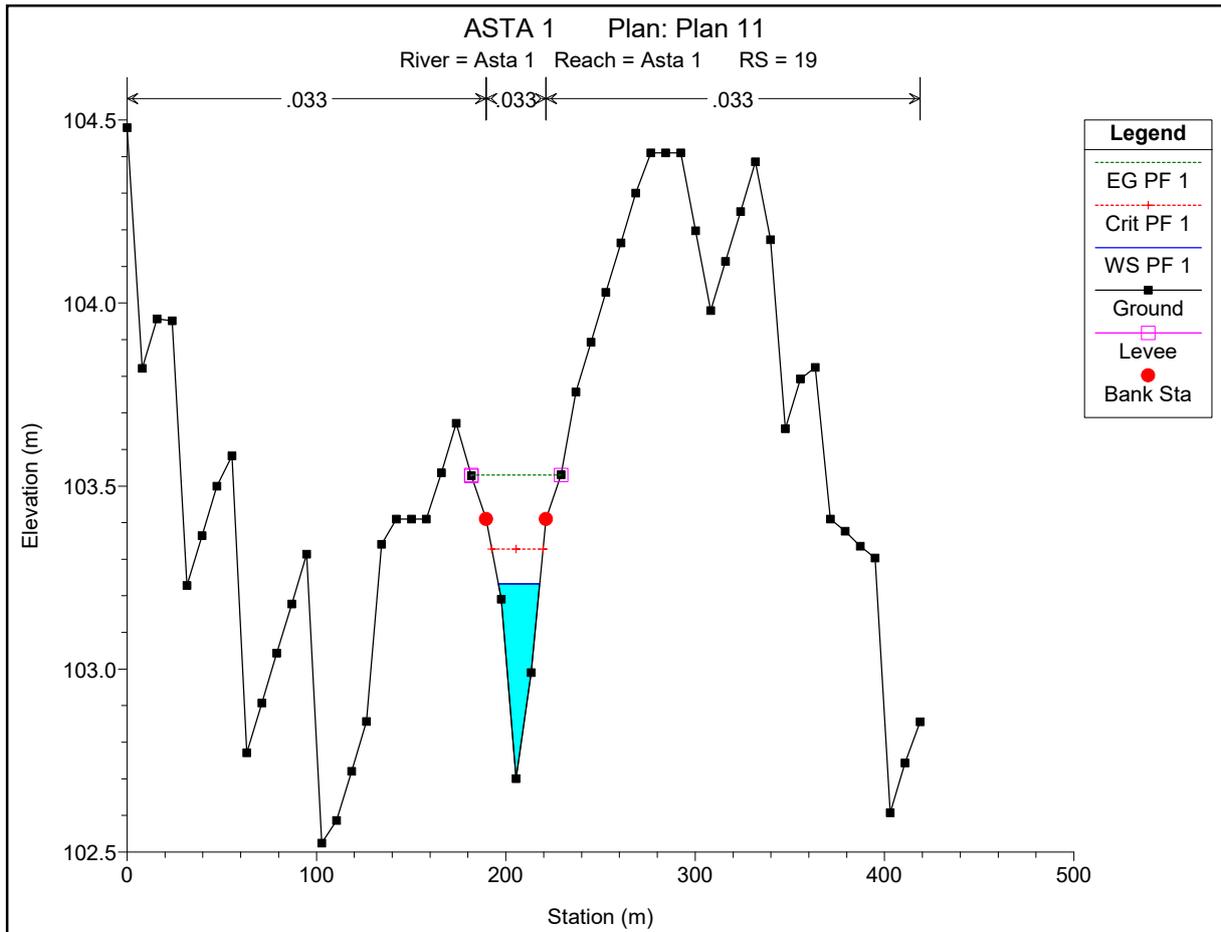


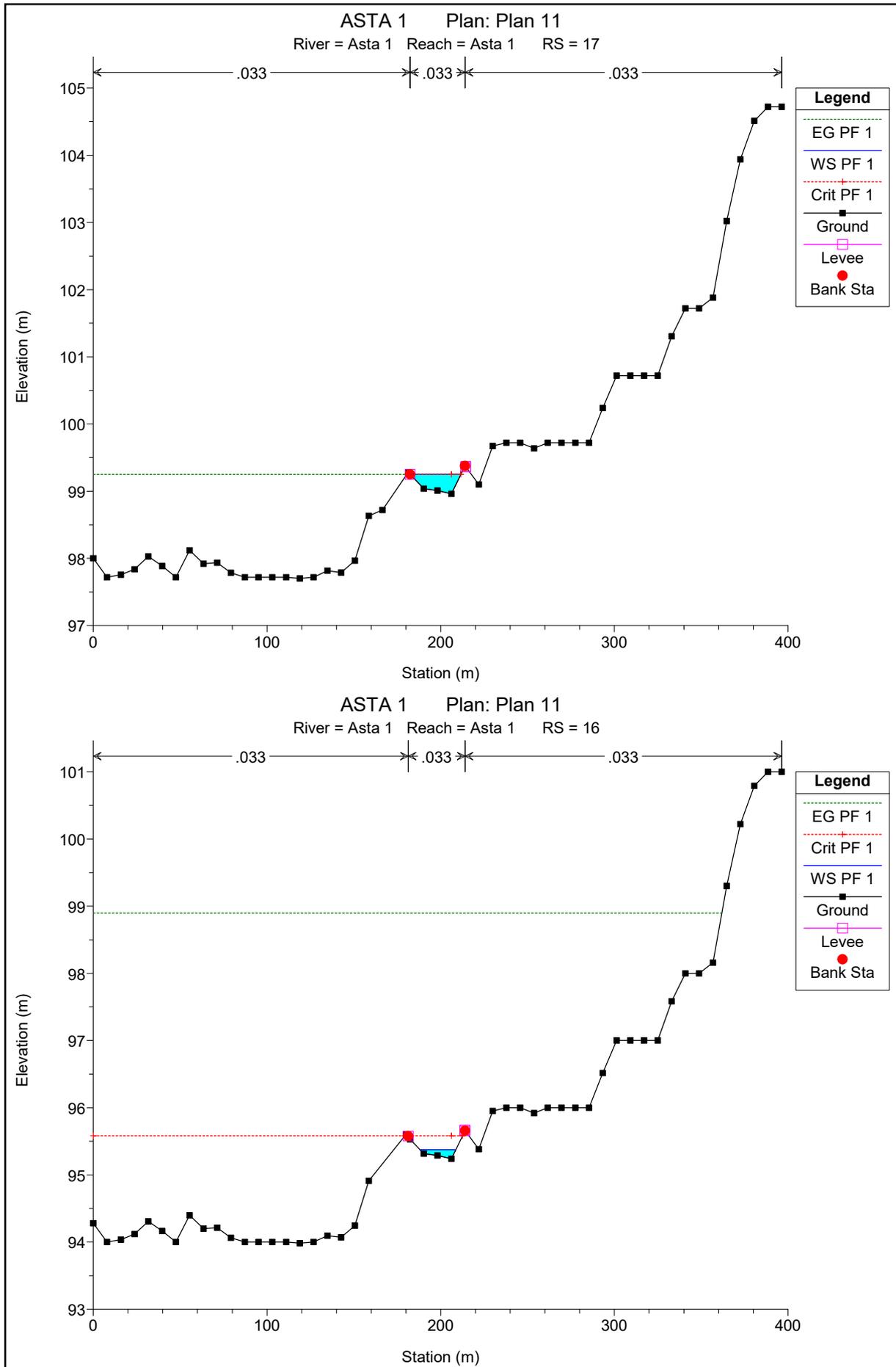
Direttore Tecnico: Ing. Orazio Tricarico

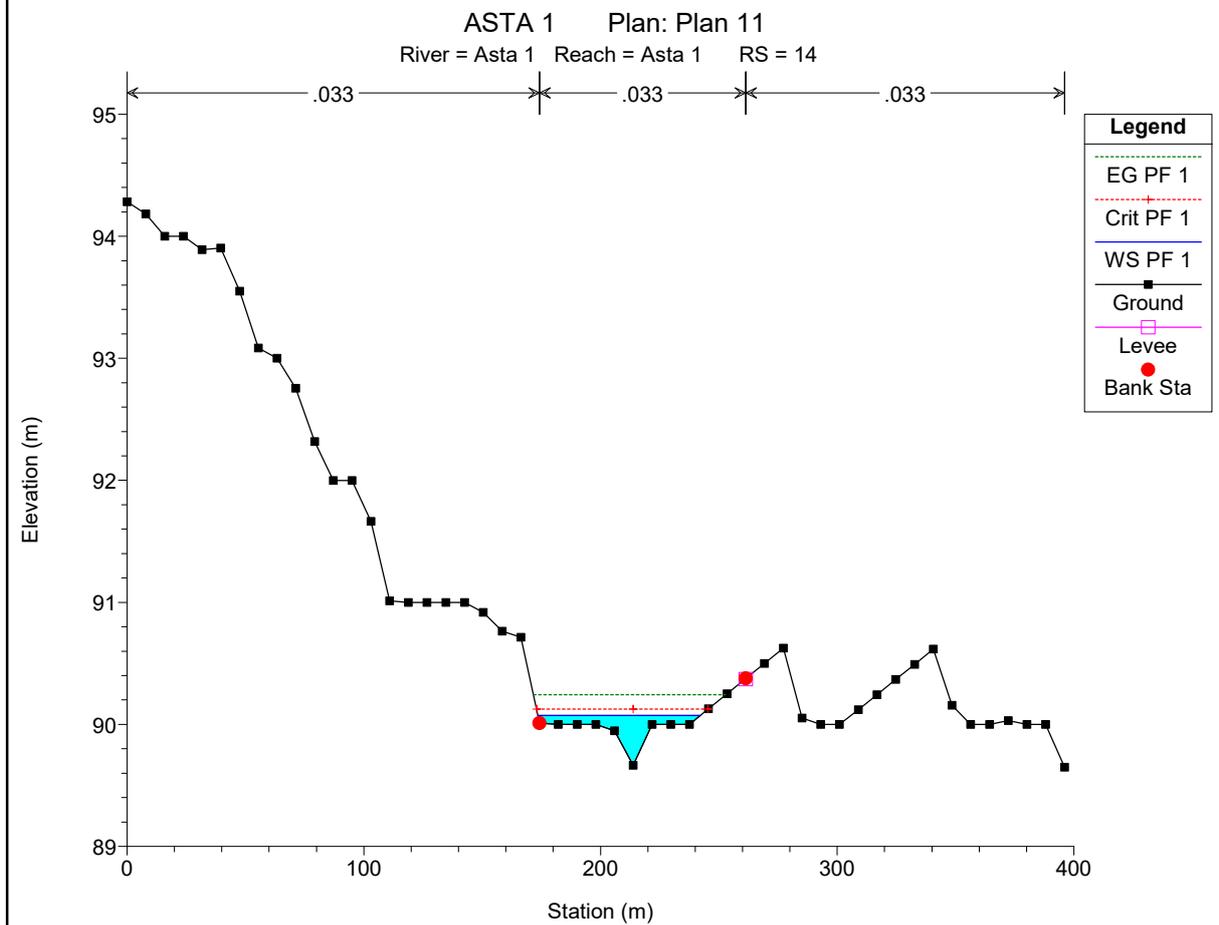
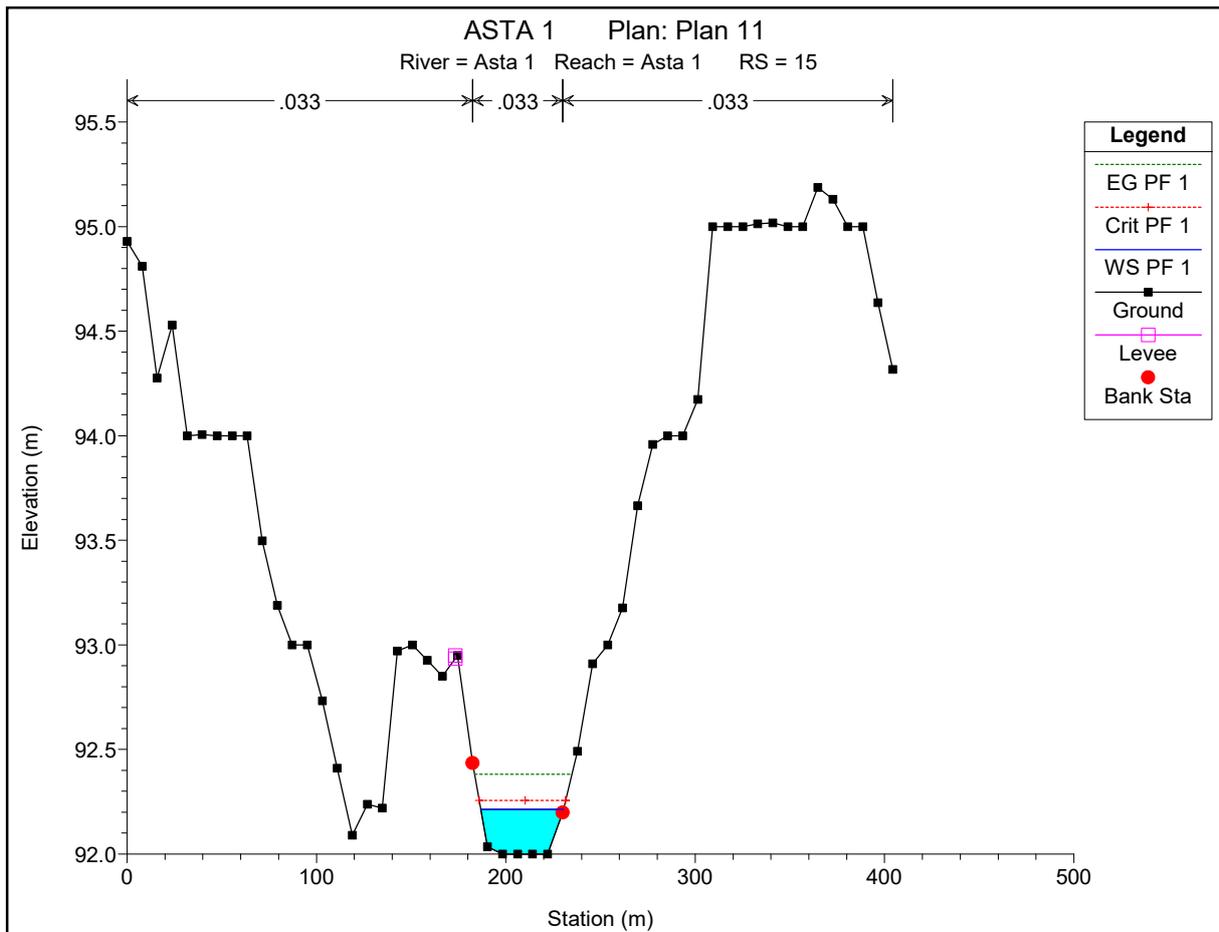
Titolo Allegato:
PLANIMETRIA CON INDICAZIONE DELLE AREE DI ESONDAZIONE INTERFERENZA PARALLELISMO 11 SU ORTOFOTO

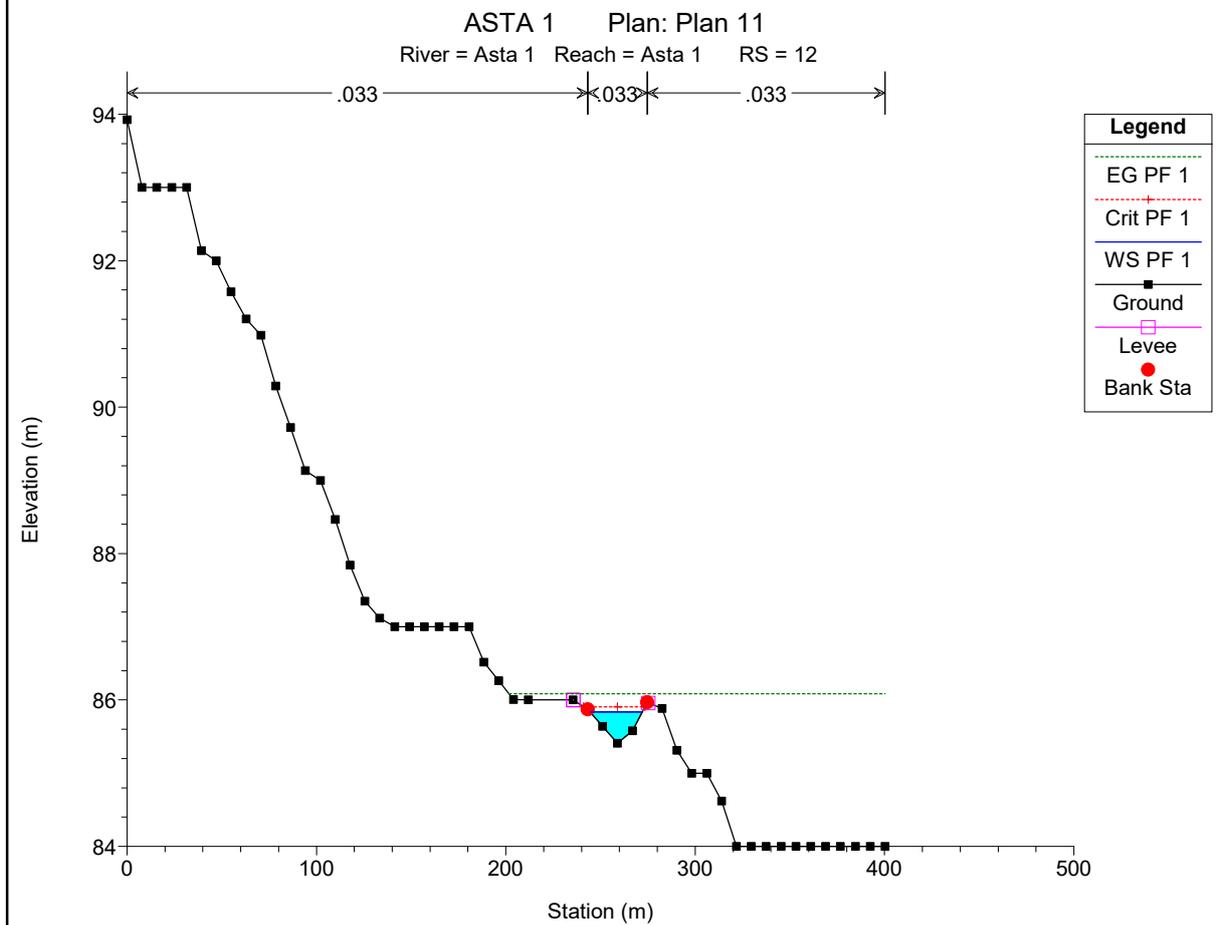
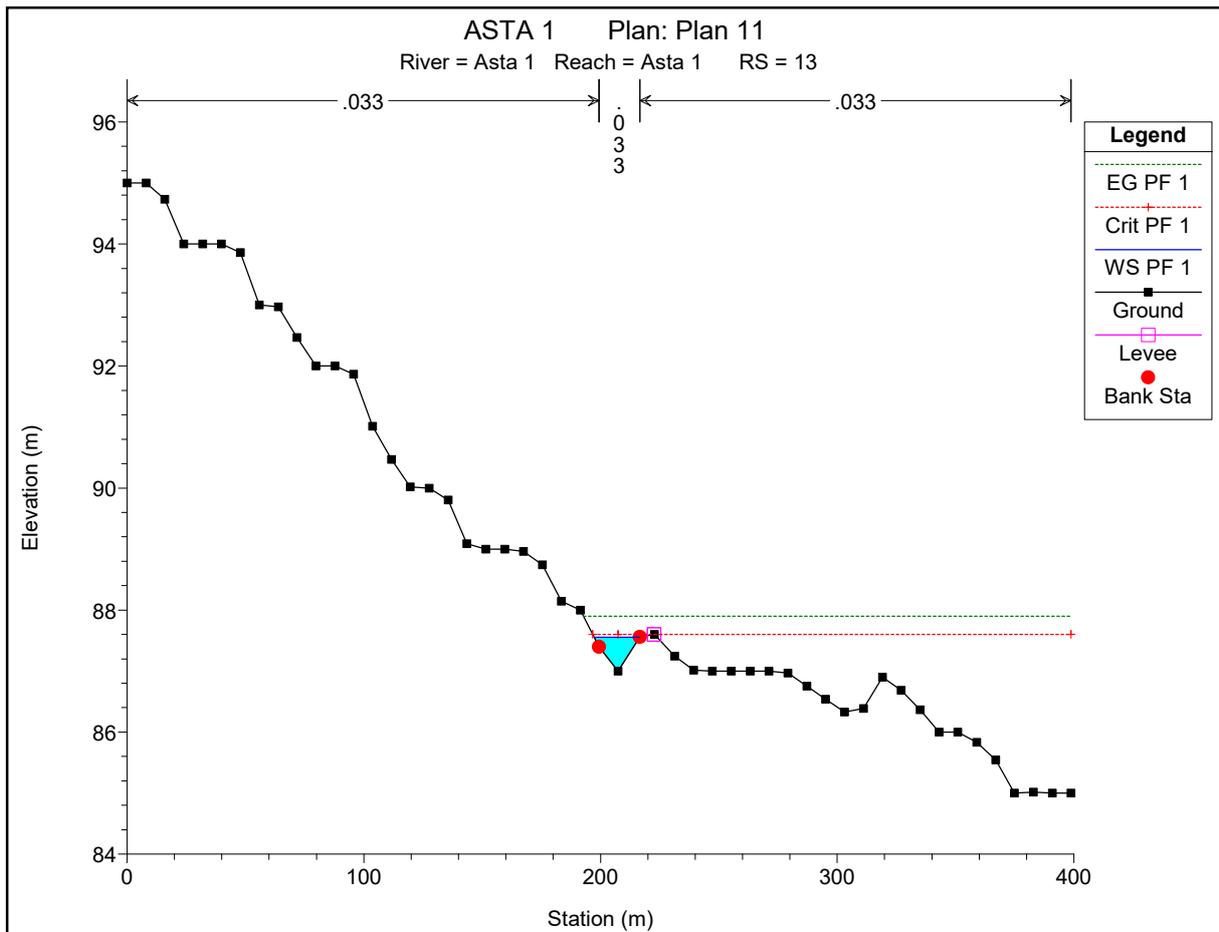
Data:	NOVEMBRE 2023
Scala:	1:2.500
Elaborato:	B.6

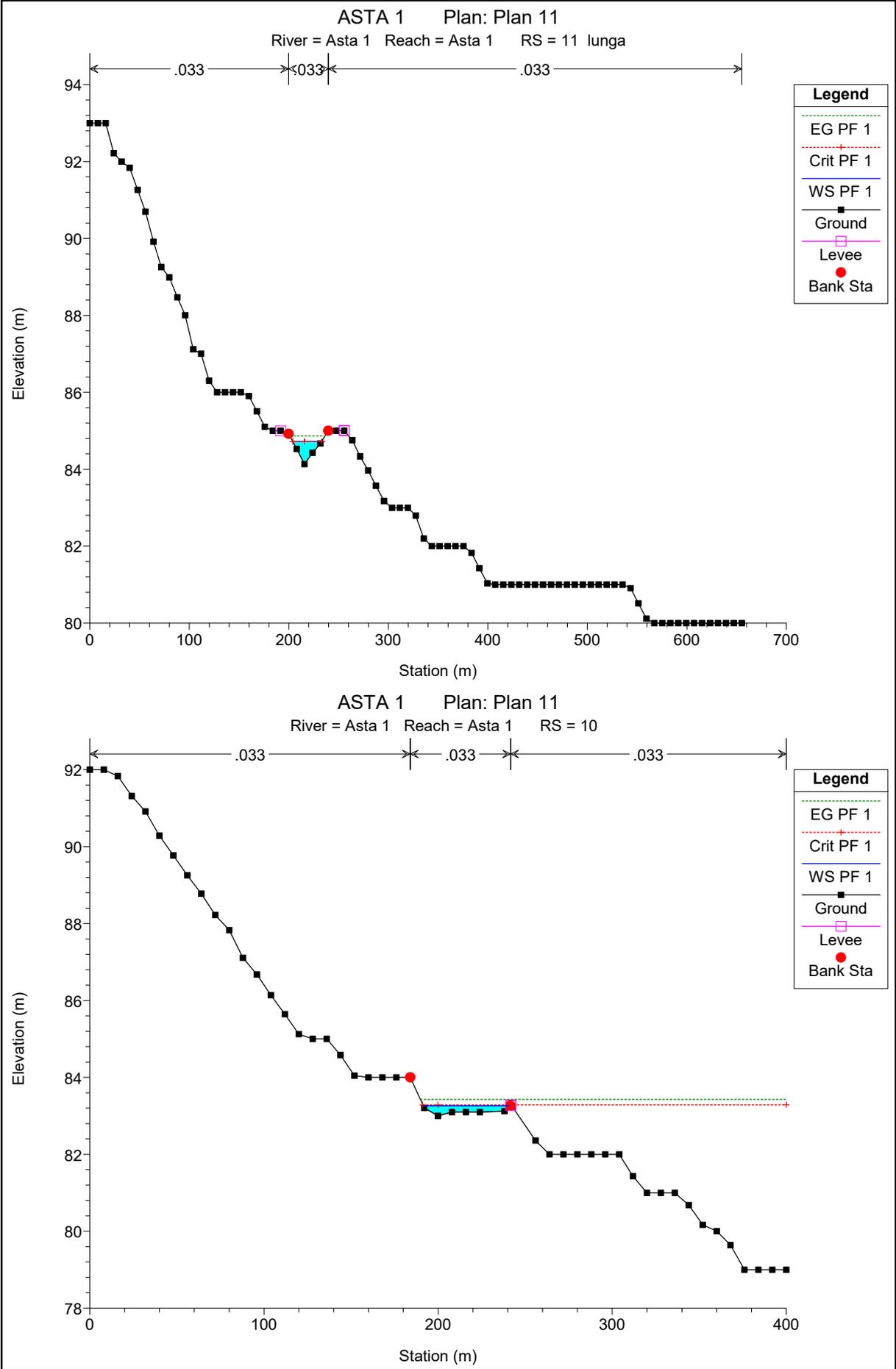


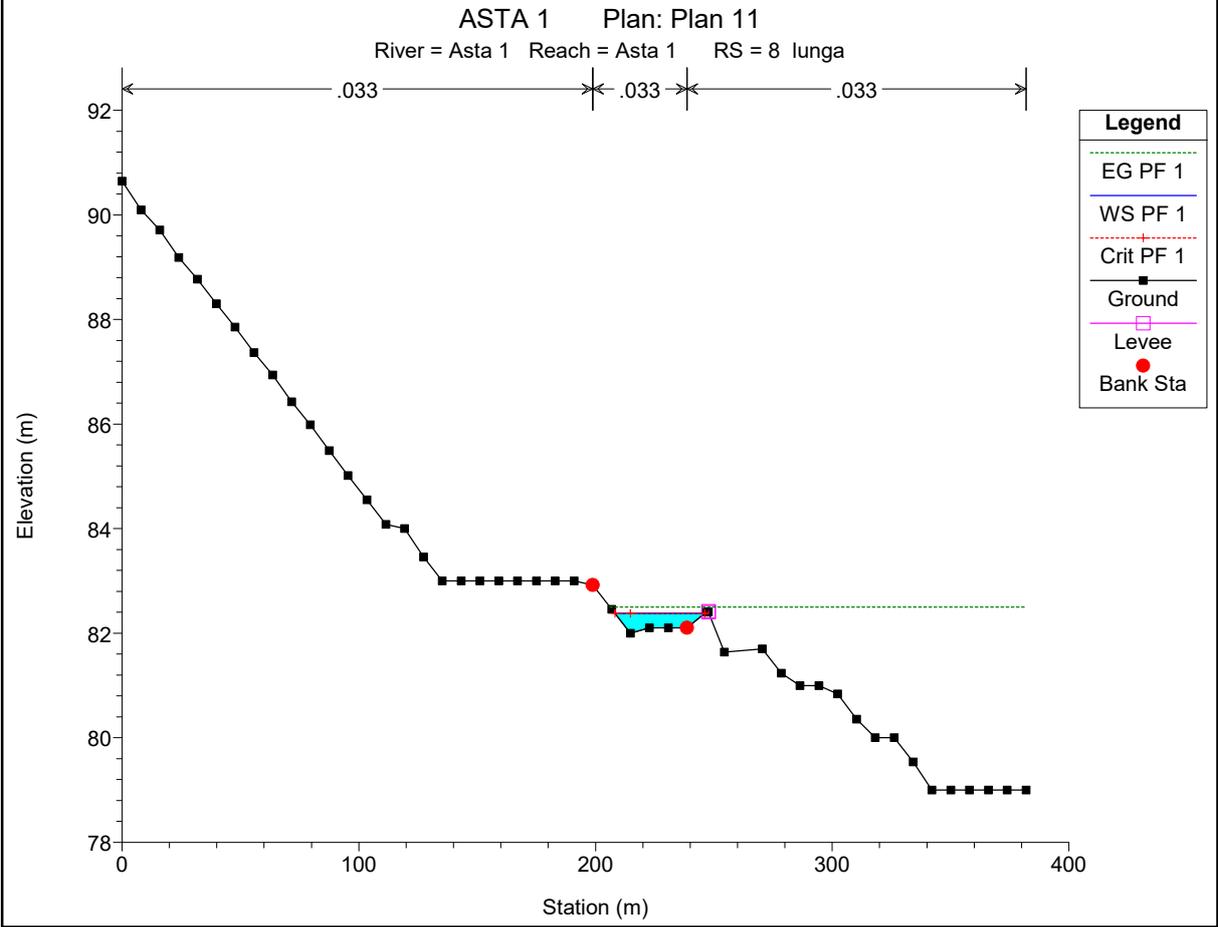
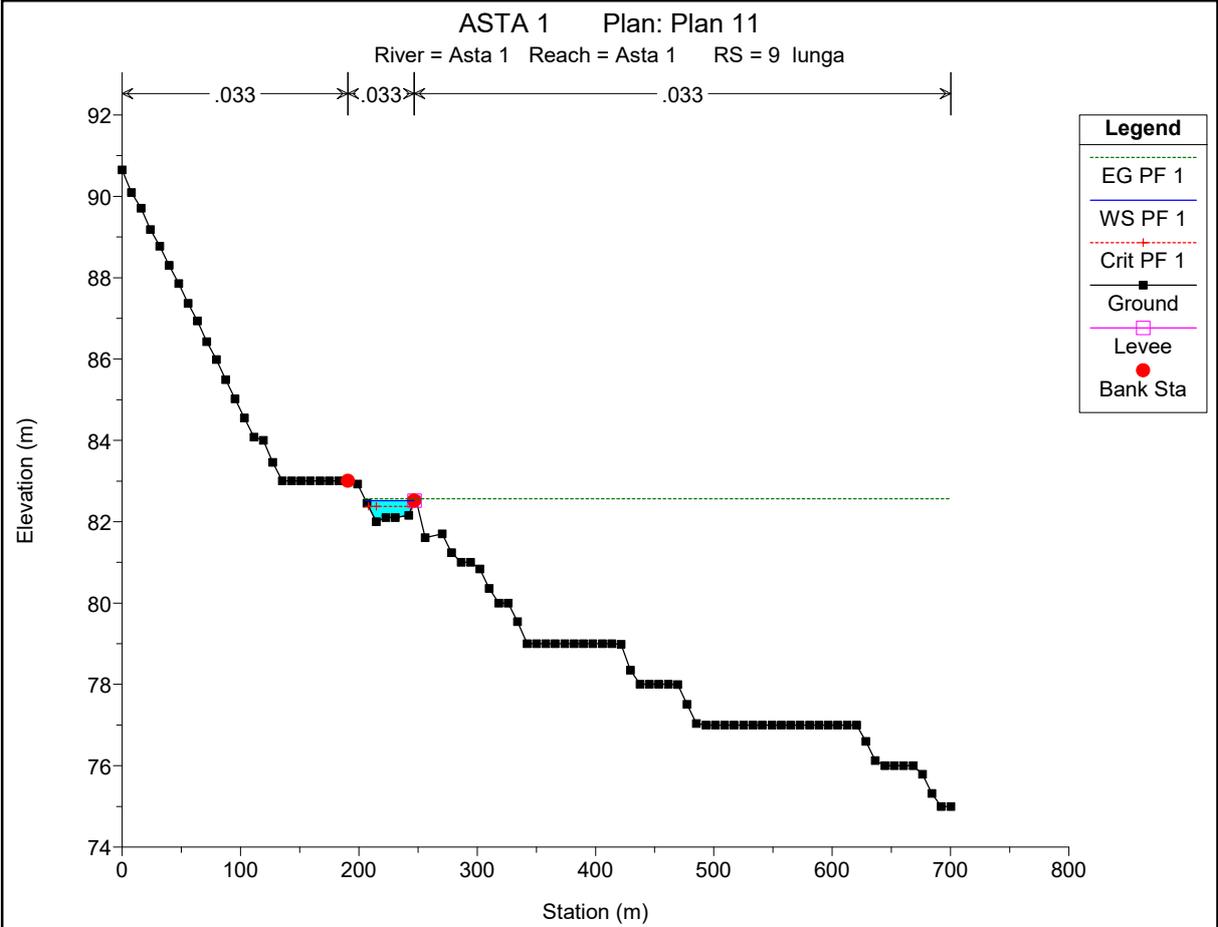


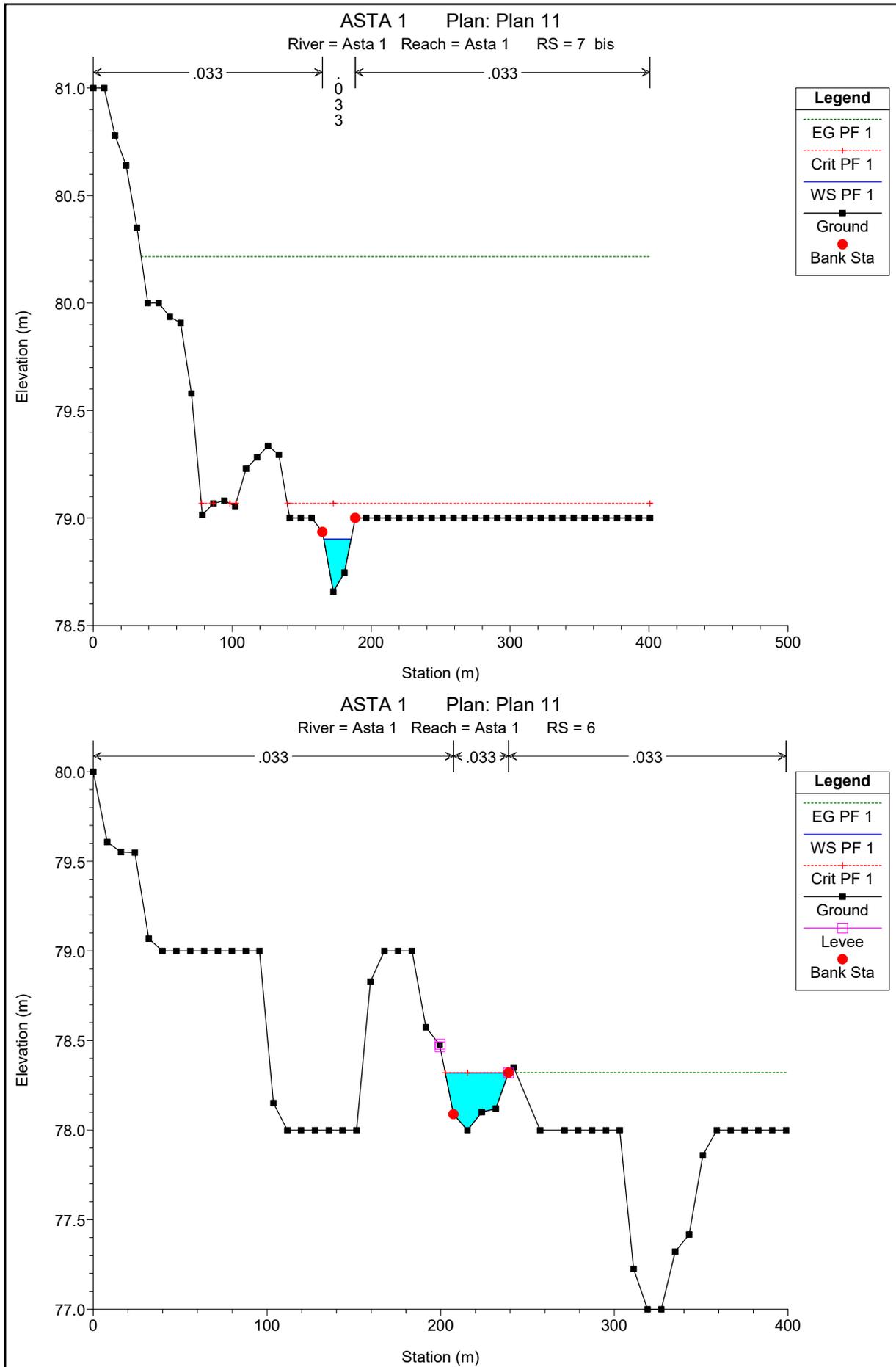


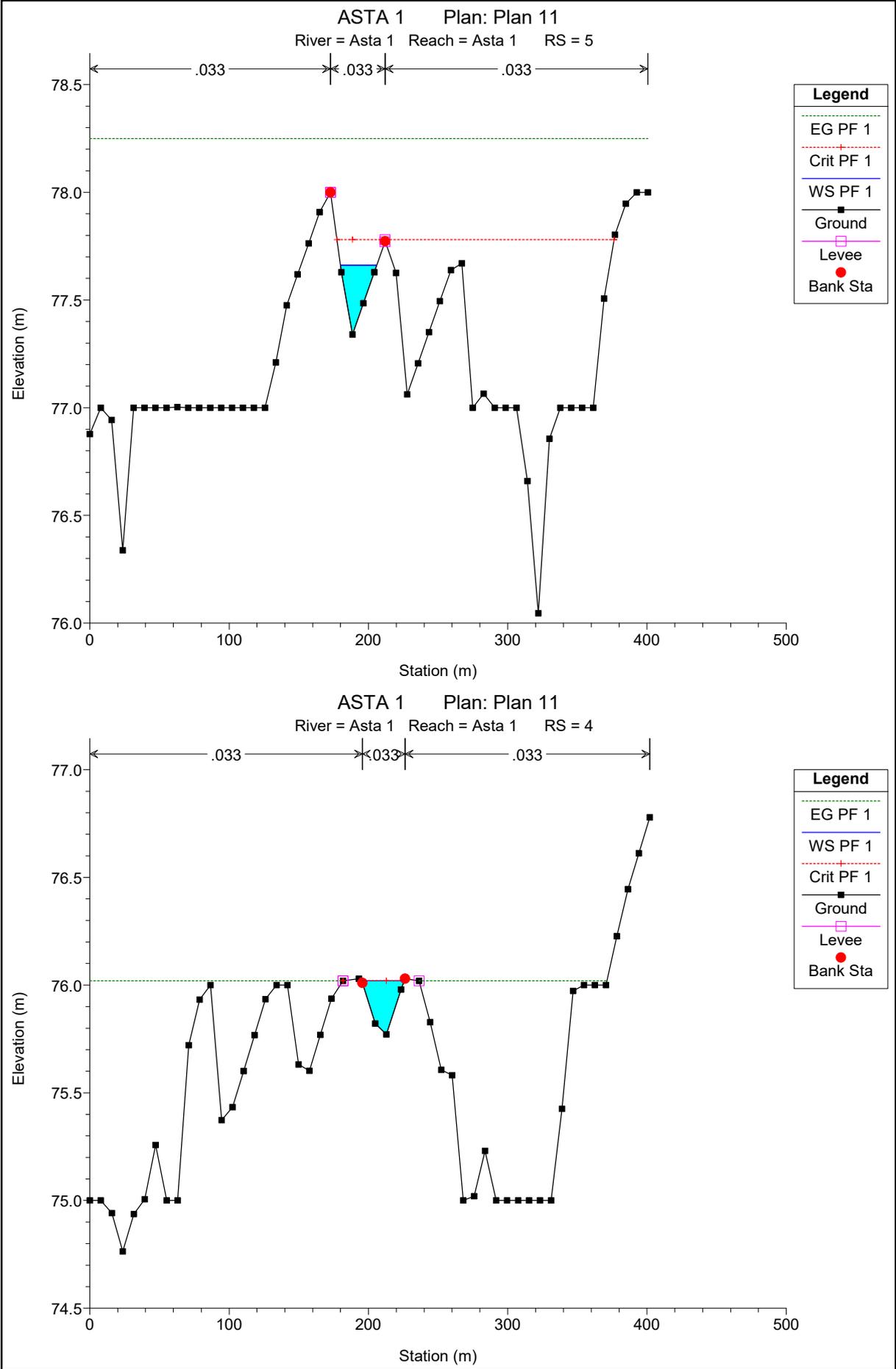


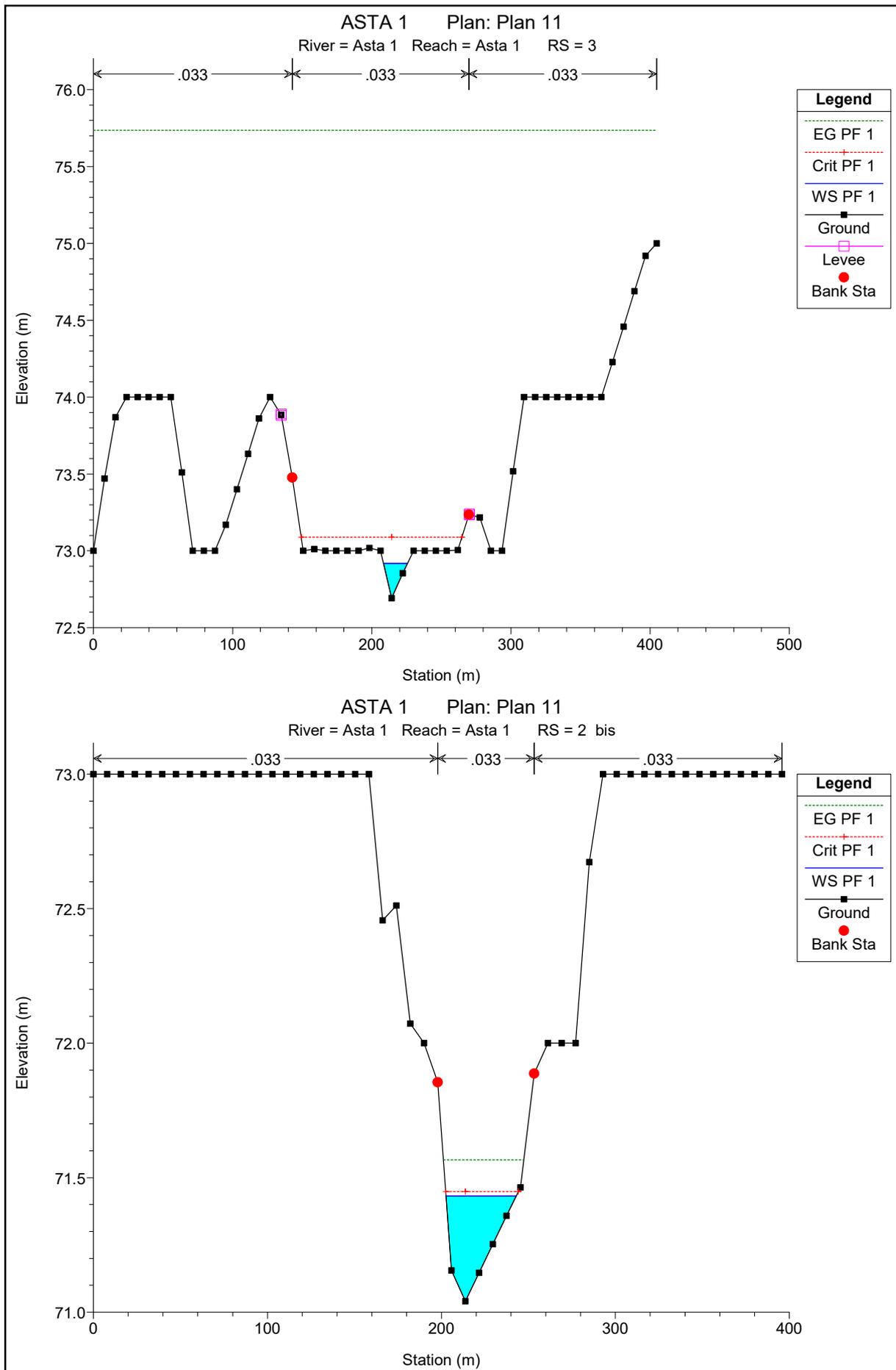


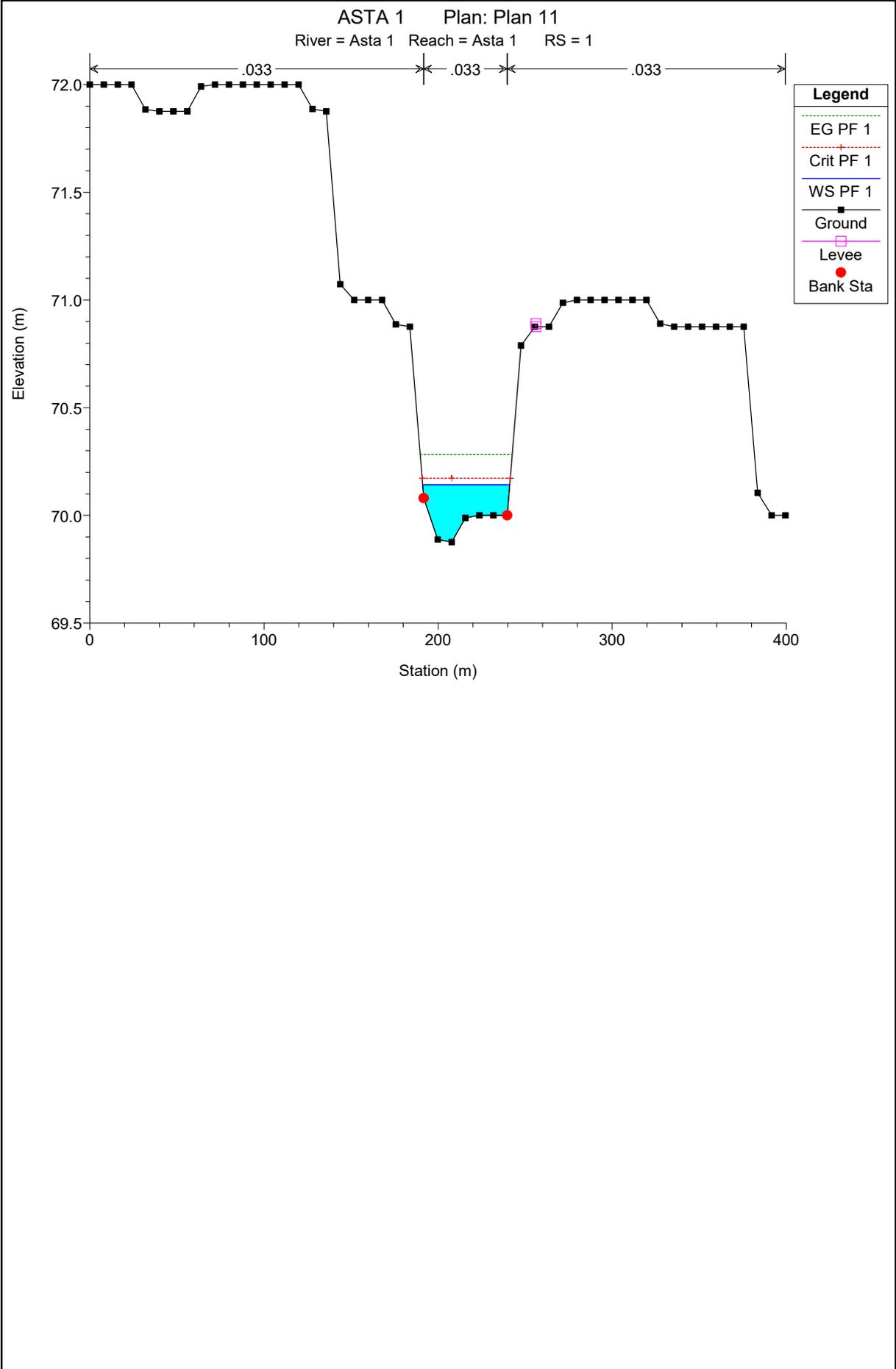


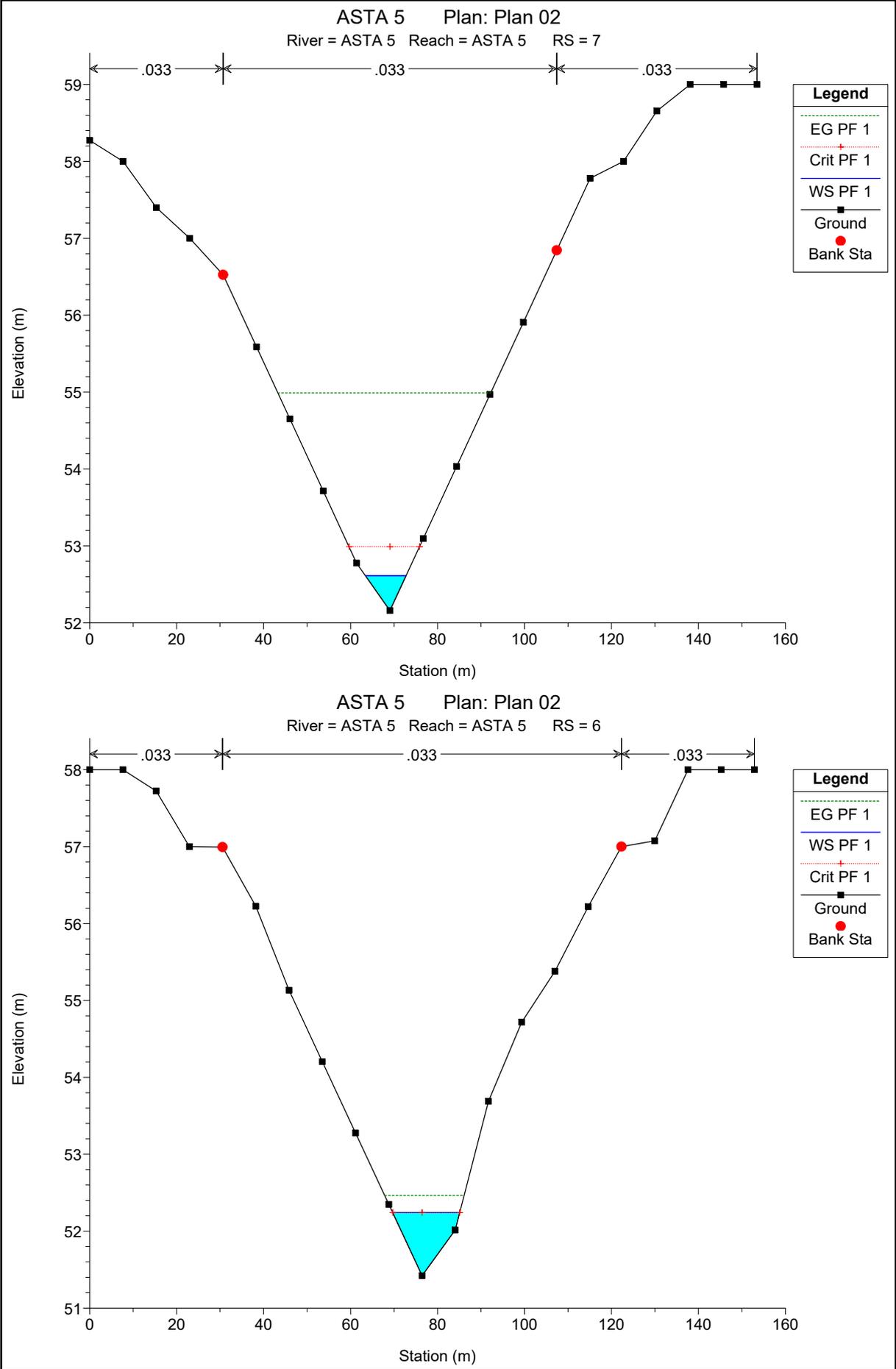


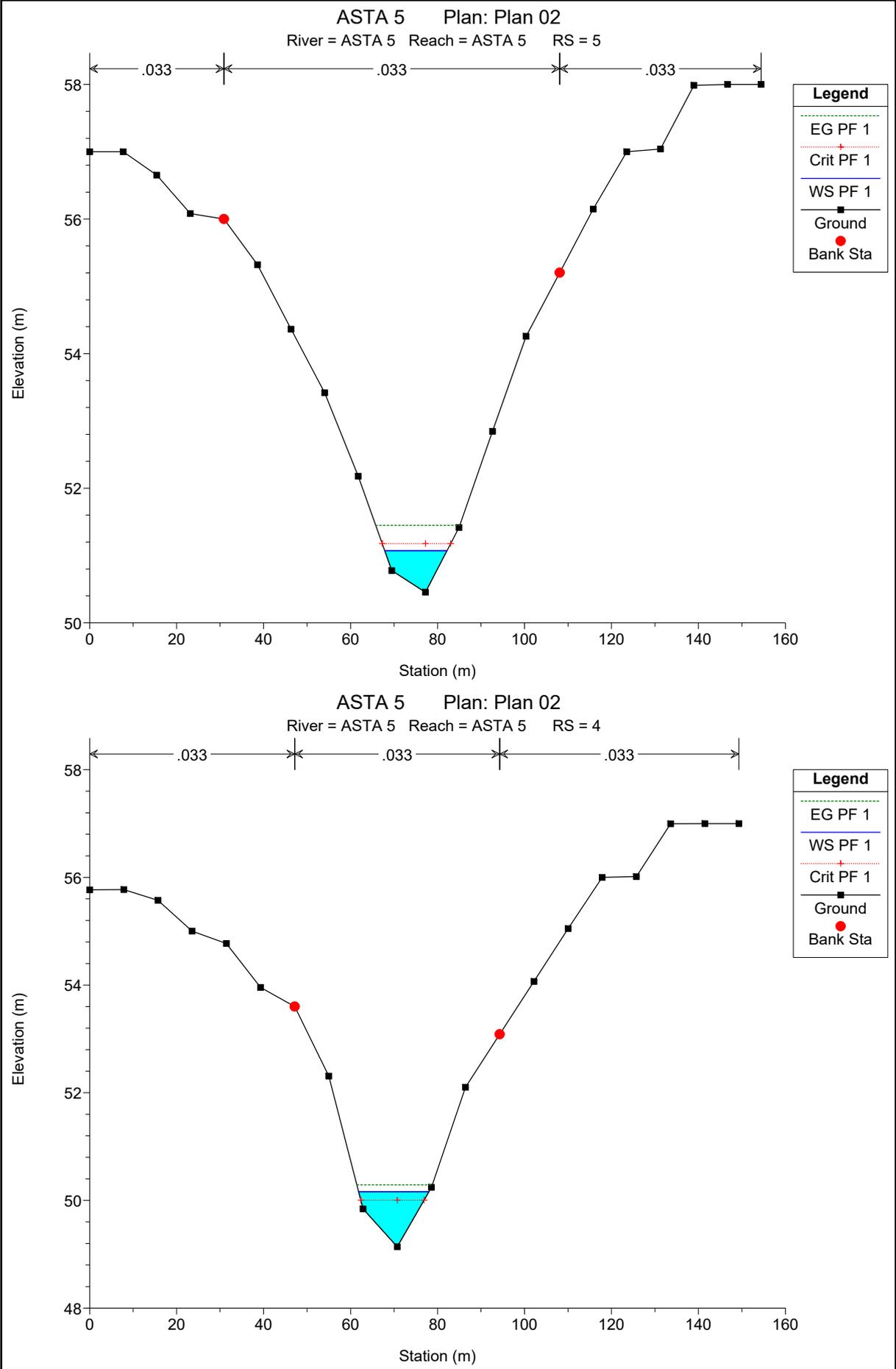


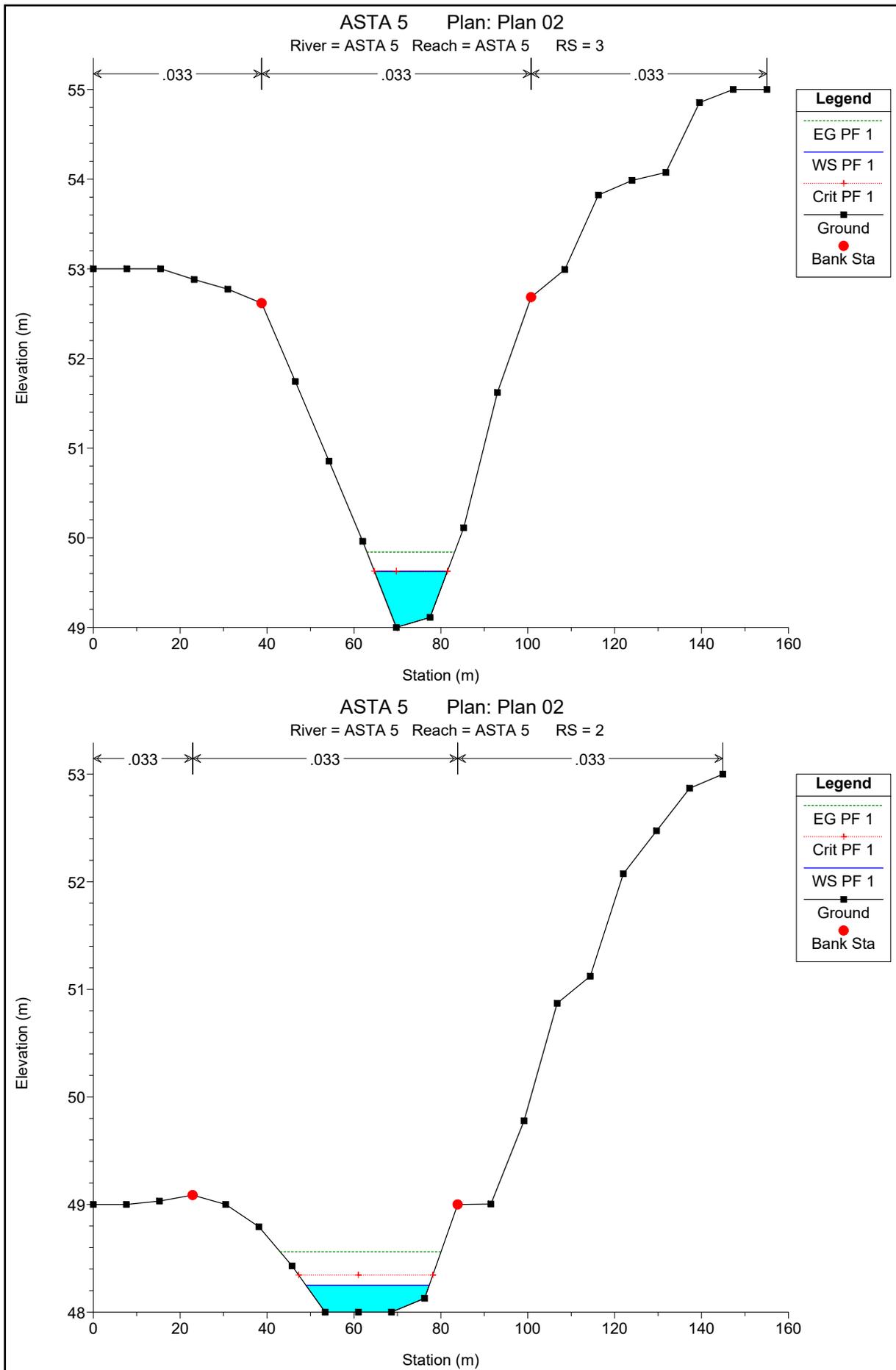












ASTA 5 Plan: Plan 02
River = ASTA 5 Reach = ASTA 5 RS = 1

