



CITTA' DI MESAGNE

Impianto agrovoltaico "Fruttidoro"

della potenza di 20,00 MW in immissione e 23,49 MW in DC

PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE:



SONNEDIX SANTA CATERINA s.r.l.
Via Ettore de Sonnaz, 19 - 10121 Torino (TO)
P.IVA: 12214320017
Tel. 02 49524310
emailpec: sxcaterina.pec@maildoc.it

PROGETTAZIONE:



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



PROGETTISTA:

Dott. Ing. Renato Pertuso
(Direttore Tecnico)

LEGALE RAPPRESENTANTE:

dott. Renato Mansi

CONSULENTE:

Atech s.r.l.



TEKNE srl
SOCIETÀ DI INGEGNERIA
IL PRESIDENTE
Dott. RENATO MANSI



PD

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA E IDRAULICA

Tavola: **RE02.1**

Filename:
TKA595-PD-RE02.1-Relazione Geom-IdroIdraul-RO.pdf

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

TKA595



INDICE

1.	PREMESSA	2
2.	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	4
3.	AREE SOGGETTE A TUTELA DA PARTE DELL'AUTORITA' DI BACINO DELLA PUGLIA	5
4.	INQUADRAMENTO DEI BACINI IDROGRAFICI	12
4.1	Inquadramento geologico	14
4.2	Uso del suolo	18
5.	ANALISI REGIONALE DELLE PIOGGE IN PUGLIA	20
5.1	Curve di possibilità climatica	25
6.	ANALISI IDRAULICA	29
6.1	Valutazione portate di piena	29
6.2	Considerazioni finali sulla portata di piena	39
7.	STIMA DEL VOLUME EFFETTIVO E DELLA QUOTA DI SFIORO DEL BACINO ENDOREICO	40
8.	CONCLUSIONI	54
	ALLEGATI	59



1. PREMESSA

La presente **Relazione di Compatibilità Idrologica ed Idraulica** è stata redatta nell'ambito di un progetto per **la realizzazione di un impianto agrovoltaiico**, in zona classificata agricola, non di pregio, dal vigente strumento urbanistico comunale, da ubicare a nord del centro abitato del comune di **Mesagne (BR) in Località Fruttidoro**.

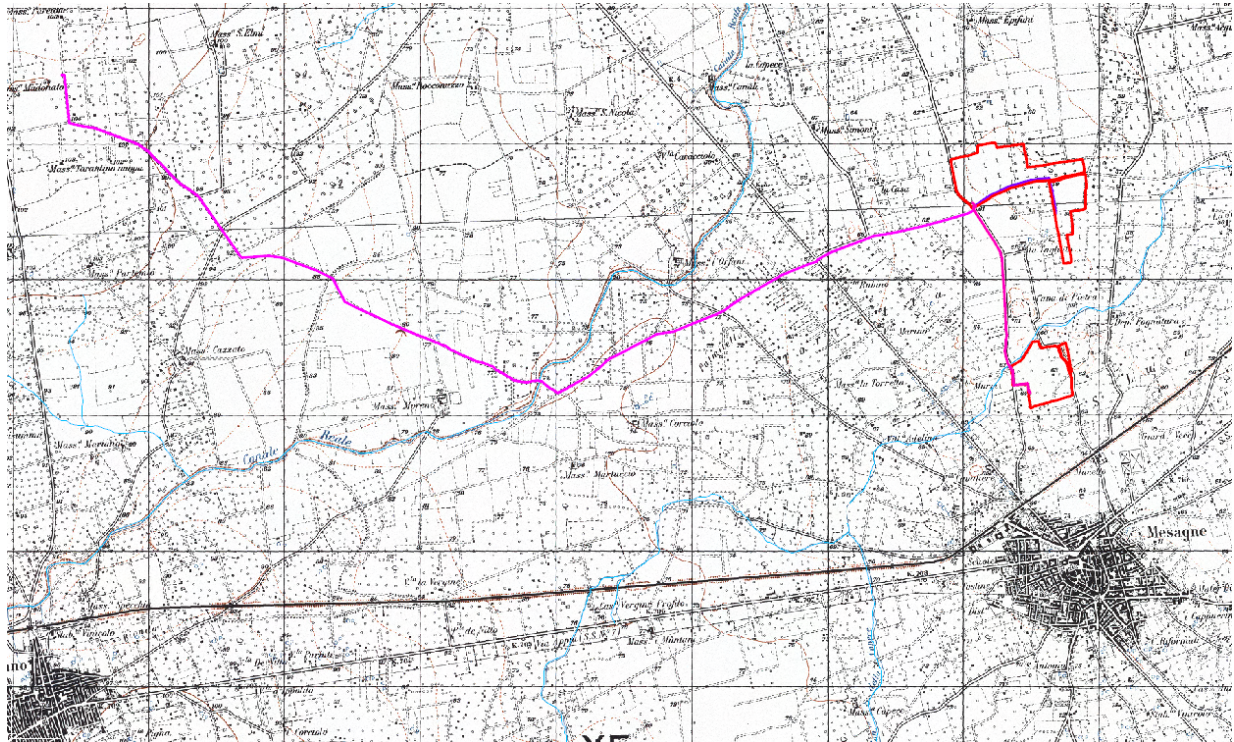


Figura 1 - Stralcio Corografia

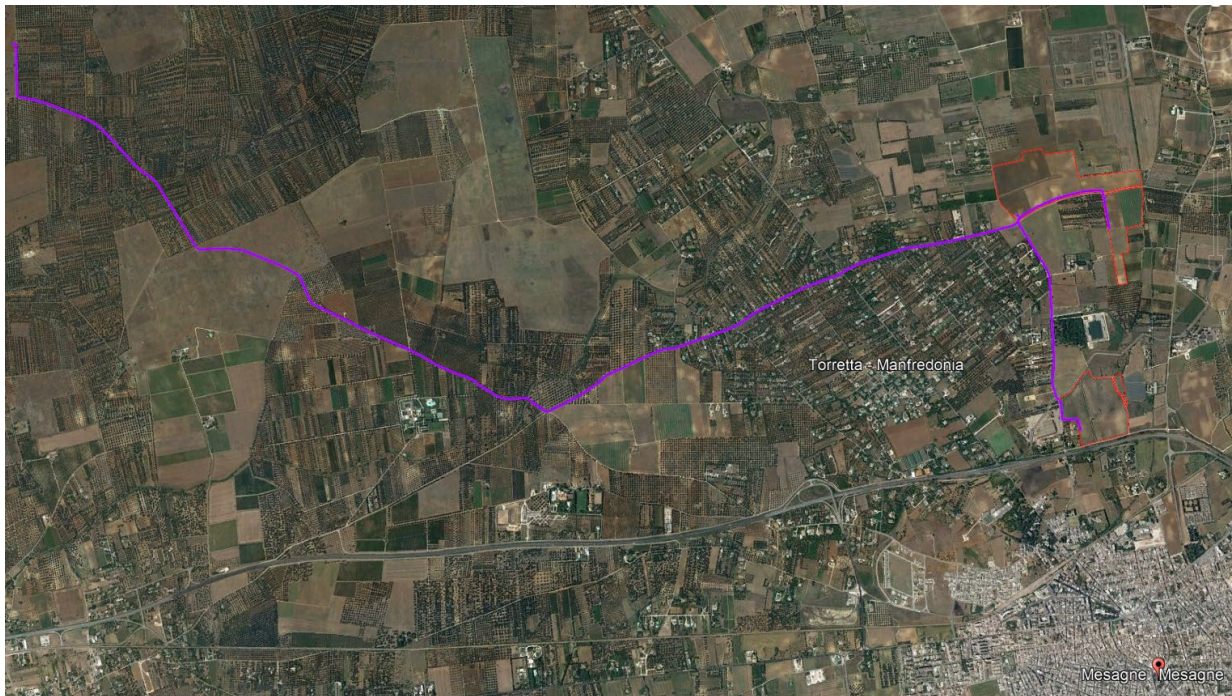


Figura 2 - Stralcio Google Earth



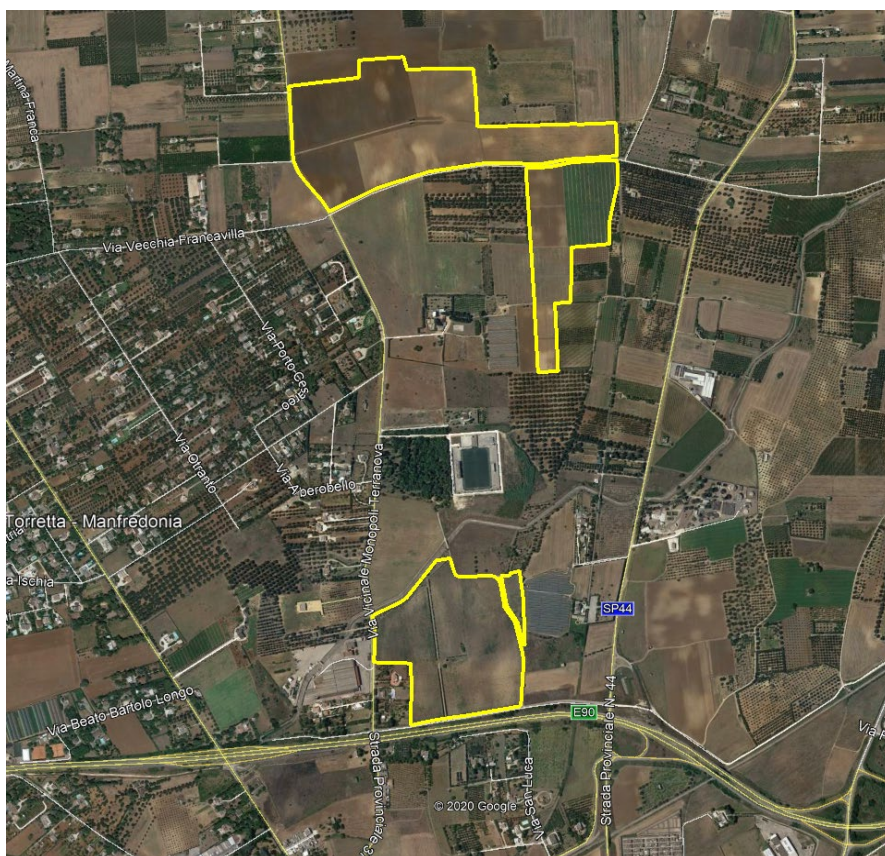
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il sito interessato alla realizzazione dell'impianto denominato "Fruttidoro" si sviluppa nel territorio del Comune di Mesagne (Br), in località "Masseria La Tagliata", ricade nel Catasto Terreni ai fogli 15, 19 e 31, nonché al foglio 9 del Comune di Latiano (Br) per la stazione di elevazione MT/AT e per la nuova stazione elettrica Terna.

L'area di impianto è distinta in tre lotti, due dei quali sono ubicati a ridosso della Strada Comunale Laviaro, prosecuzione della Via Vecchia Francavilla, mentre il terzo, quello più a sud, è raggiungibile dalla S.P. n° 37 e dalla complanare alla S.S. n° 7. La superficie lorda dell'area di intervento è di 47,42 ettari circa.

L'area oggetto di realizzazione del parco agrovoltaico si trova ad un'altitudine media di m 60 s.l.m. e le coordinate geografiche, nel sistema Geografico-WGS84 sono:

LOTTO NORD	LOTTO SUD
- latitudine: 40.586085 Nord	- latitudine: 40.572637 Nord
- longitudine: 17.802519 Est	- longitudine: 17.805913 Est





3. AREE SOGGETTE A TUTELA DA PARTE DELL'AUTORITÀ' DI BACINO DELLA PUGLIA

Poiché l'area di intervento ricade su un suolo di competenza dell'Autorità di Bacino della Regione 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 della Puglia ha individuato i tempi di ritorno T_r in 30, 200 e 500 anni per l'individuazione, rispettivamente, delle aree soggette ad Alta Probabilità (A.P.), Media Probabilità (M.P.) e Bassa Probabilità (B.P.) di esondazione.

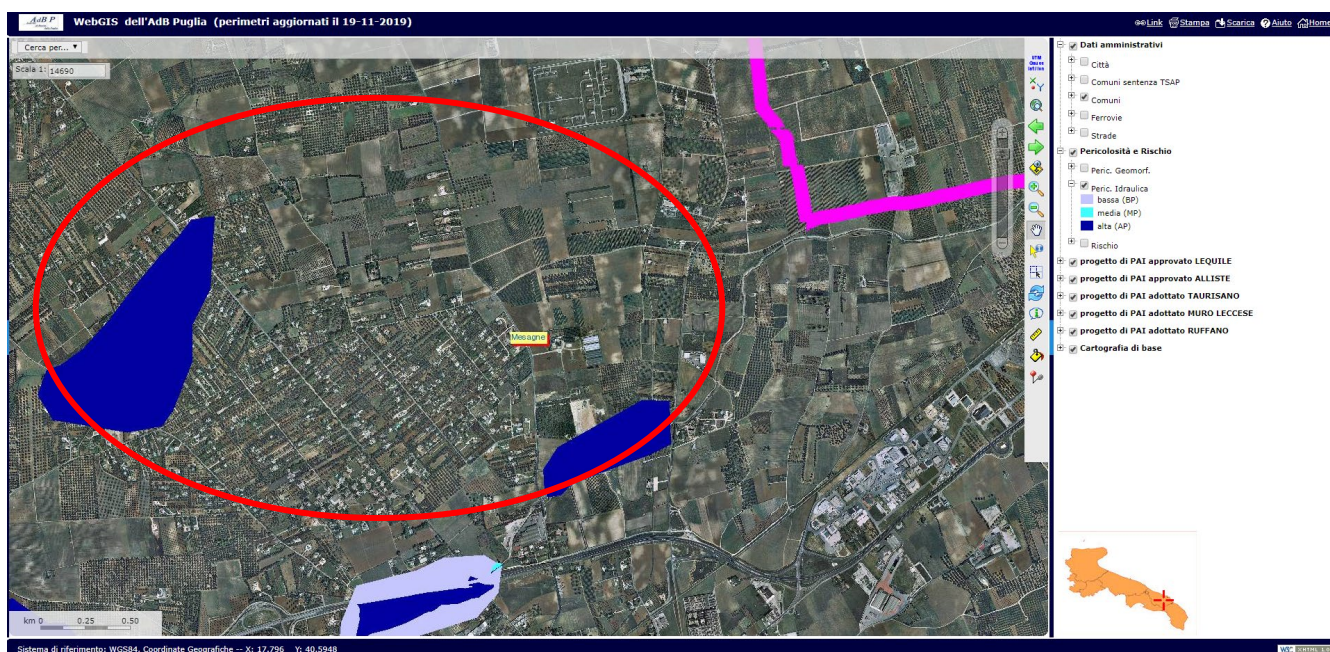


Figura 3 – WebGis AdB con aree a pericolosità idraulica e geomorfologica

Dall'analisi della Carta delle Aree soggette a Rischio Idrogeologico del PAI, l'area di intervento è **perimetrata per pericolosità idraulica alta**. Tuttavia l'area di impianto è totalmente esterna ad essa e il suo perimetro è modellato proprio per non coinvolgere l'area inondabile individuata dall'Autorità di Bacino.

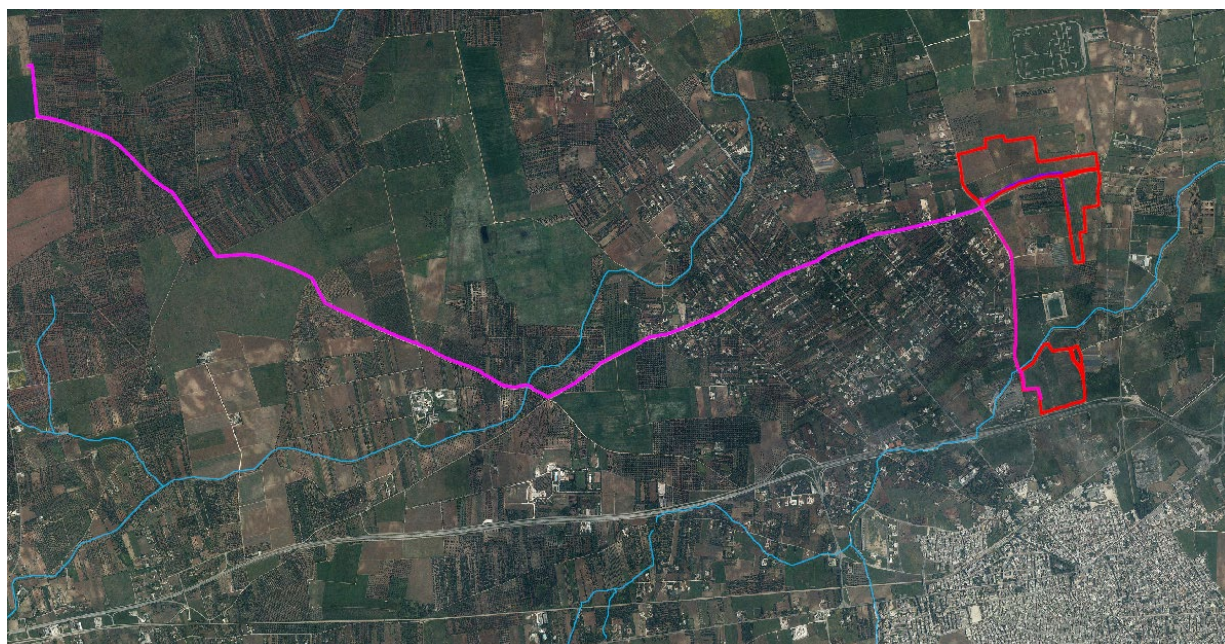


Figura 4- Stralcio Ortofoto con reticolo idrogeomorfologico

Tuttavia, come è possibile desumere dall'immagine precedente, che riporta uno stralcio della carta idrogeomorfologica redatta dall'AdB Puglia, l'area di installazione dei pannelli fotovoltaici (in rosso) è interessata dalla presenza del reticolo ufficiale (per l'area sita più a sud) e da un bacino endoreico (per l'area sita più a nord).

Inoltre è possibile individuare n. 2 intersezioni tra il reticolo idrografico e il cavidotto (in magenta). Non vi sono parallelismi siti a meno di 150 m tra il reticolo ufficiale e il cavidotto.



Figura 5.1- Stralcio Ortofoto con indicazione delle intersezioni tra reticolo idrografico e cavidotto



3.1 Descrizione delle intersezioni tra cavidotto e reticolo idrografico

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.

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

N°	NOME	PLANIMETRIA	FOTO	TIPOLOGIA ATTRAVERSAMENTO
1	Attraversamento corso d'acqua principale con ponticello			TOC + TOMBINO IN CEMENTO ARMATO
2	Attraversamento corso d'acqua principale con ponticello			TOC + TOMBINO IN CEMENTO ARMATO

Sulla base delle informazioni rilevate su ortofoto, è stato possibile classificare le caratteristiche degli attraversamenti, su strade asfaltate, presenti lungo l'alveo dei corsi d'acqua, principali e secondari, interferenti con il cavidotto. Sono stati individuati n.2 attraversamenti, che sono caratterizzati dalla seguente tipologia di intervento:

- **Trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.)**

Tali scelte progettuali garantiscono che, nella sezione di attraversamento:

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



Le intersezioni avvengono tutte su strade esistenti saranno risolte con l'utilizzo della trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.), ad una profondità di 2 m rispetto al fondo alveo, in maniera da non interferire minimamente sia con il deflussi superficiali che degli eventuali scorrimenti in subalvea.

I pozzetti infatti saranno posizionati esternamente alle aree inondabili desunte con successiva modellazione idraulica.

La scelta della tecnica della trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.) per tutti gli attraversamenti, oltre che per motivi di minore interferenza sul regime idraulico ed, in generale, minore impatto ambientale, deriva anche dalla impossibilità tecnica di eseguire sistemi alternativi.

In prossimità del reticolo idrografico il cavidotto elettrico, posto alla profondità di cm 200 dal piano stradale, verrà spinto oltre il reticolo con la tecnica della trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.).



Figure 1-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.



Figure 2 – Schema della fase di realizzazione del foro pilota.

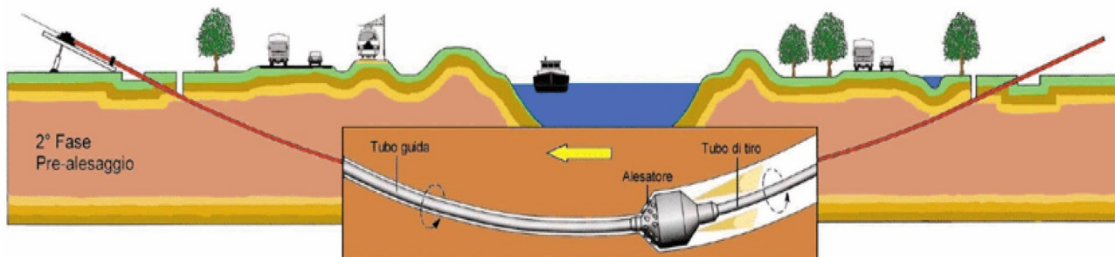


Figure 6.1- Schema della fase di trivellazione di allargamento del perforo.



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

Tuttavia, gli impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, tra cui è compreso un impianto di energia rinnovabile, sono **opere di pubblica utilità** ai sensi del Decreto Legislativo 29 Dicembre 2003, n.387 (Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità), e pertanto sono consentite anche in aree classificate come Alvei fluviali in modellamento attivo e Aree golenali, **ai sensi dell'art. 6 e 10 delle NTA del PAI**, purché coerenti con gli obiettivi del Piano stesso.

Tra i principi che hanno portato alla scelta localizzativa dell'impianto agrovoltaiico in questione ci sono le considerazioni operate al fine di ridurre l'estensione complessiva delle opere e contenere l'impatto ambientale delle infrastrutture di rete, per tale ragione le opere così come progettate **non risultano essere delocalizzabili**.

Nello specifico, l'opera 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, contermina all’area golenale, come individuata all’art. 6 comma 8, di ampiezza comunque non inferiore a 75 m.”

In considerazione di quanto su citato la presente relazione viene richiesta come integrazione alla documentazione progettuale ai fini della valutazione del rilascio del nulla osta da parte della stessa AdBP.

Lo studio è stato suddiviso nei seguenti punti:

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

4. INQUADRAMENTO DEI BACINI IDROGRAFICI

Dall'analisi dell'orografia dell'area di intervento sono stati individuati **tre bacini idrografici**, uno afferente alla sezione di chiusura individuata a valle dell'area di installazione dei pannelli fotovoltaici sita a sud e l'area di scorrimento superficiale contribuente al deflusso verso la vora del bacino endoreico. Il terzo bacino è stato individuato a ovest dell'area di installazione dei pannelli.

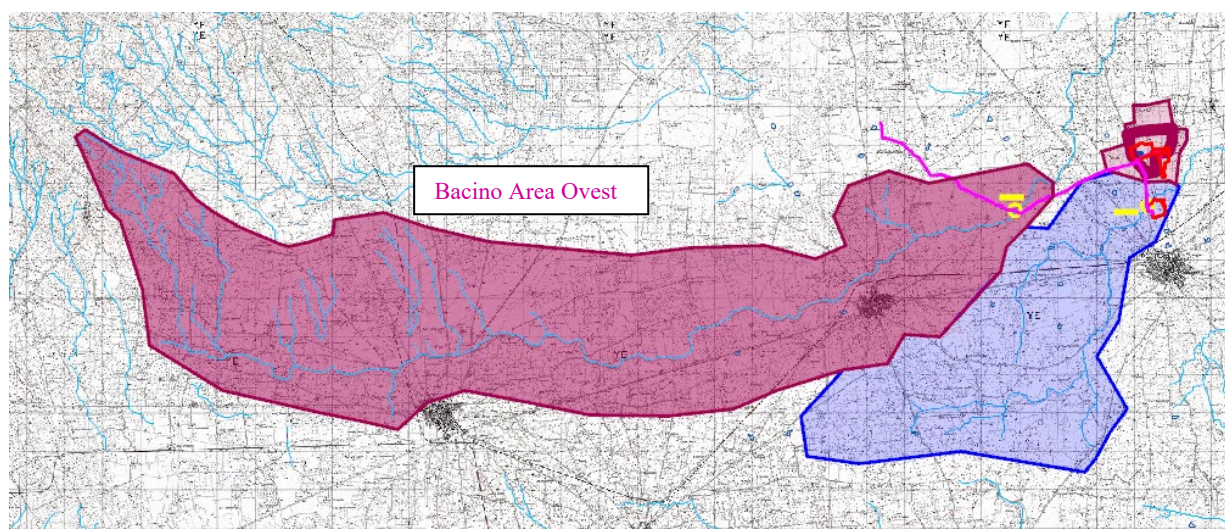
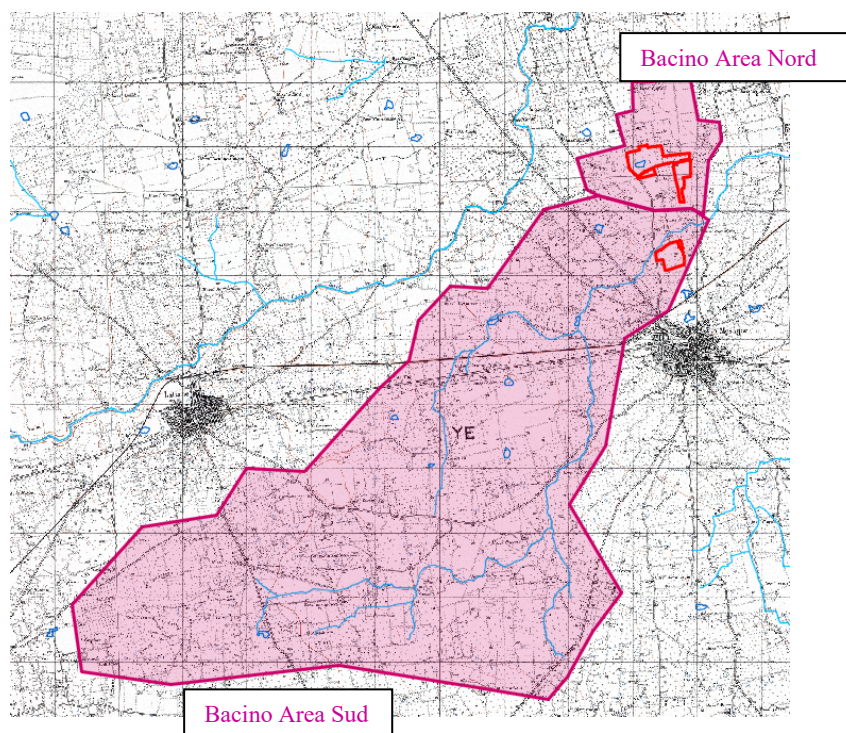
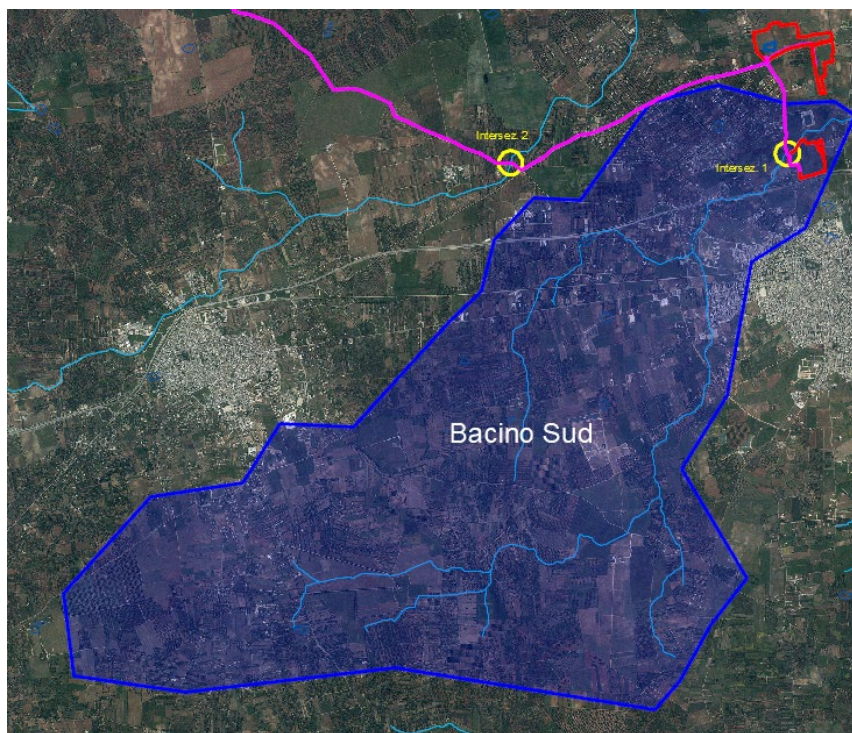


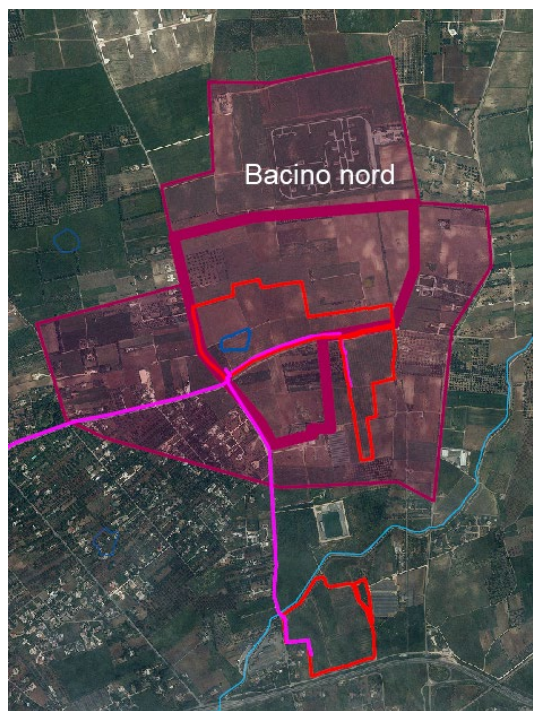
Figura 6 - Inquadramento dei bacini idrografici su IGM



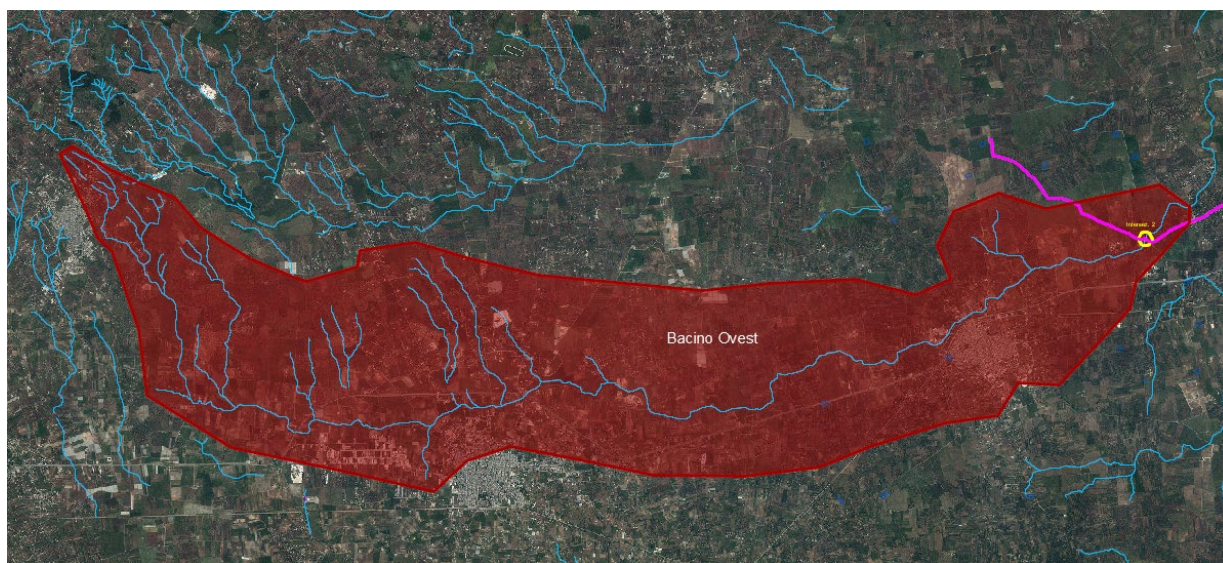
I parametri geomorfologici caratteristici del bacino idrografico sono indicati nelle tabelle seguenti:



Bacino Area Sud		
<i>Lungh. dell'asta princ.</i>	[Km]	8.25
<i>H massima del bacino</i>	[m]	117.00
<i>H media del bacino</i>	[m]	88.50
<i>H minima del bacino</i>	[m]	60.00
<i>H monte dell'asta princ.</i>	[m]	100.00
<i>H media dell'asta princ</i>	[m]	80.00
<i>Superficie del Bacino</i>	[Kmq]	37.67
<i>Pendenza media del bacino</i>	[%]	0.69
<i>Pendenza media dell'asta principale</i>	[m/m]	0.01



Bacino Endoreico Area Nord		
<i>Lungh. dell'asta princ.</i>	[Km]	1.40
<i>H massima del bacino</i>	[m]	65.00
<i>H media del bacino</i>	[m]	62.50
<i>H minima del bacino</i>	[m]	60.00
<i>H monte dell'asta princ.</i>	[m]	62.00
<i>H media dell'asta princ</i>	[m]	61.00
<i>Superficie del Bacino</i>	[Kmq]	2.98
<i>Pendenza media del bacino</i>	[%]	0.36
<i>Pendenza media dell'asta principale</i>	[m/m]	0.01



Bacino Area Ovest		
<i>Lungh. dell'asta princ.</i>	[Km]	27.83
<i>H massima del bacino</i>	[m]	290
<i>H media del bacino</i>	[m]	180
<i>H minima del bacino</i>	[m]	70
<i>H monte dell'asta princ.</i>	[m]	160
<i>H media dell'asta princ</i>	[m]	115
<i>Superficie del Bacino</i>	[Kmq]	101.26
<i>Pendenza media del bacino</i>	[%]	0.63
<i>Pendenza media dell'asta principale</i>	[m/m]	0.003



4.1 Inquadramento geologico

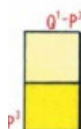
Le aree interessate dalla realizzazione dell'opera in progetto ricadono nel Foglio 203 (Brindisi) della Carta Geologica d'Italia, scala 1:100.000.

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



In trasgressione su (Q¹), oppure sulle formazioni cretatiche. In base ai rapporti stratigrafici, questo livello è attribuibile al Pleistocene.

(Q²) Calcari bioclastici ben cementati ricchi di fossili non indicativi: *Elphidium complanatum* (D'ORB.), *E. crispum* (LIN.), *Discorbis orbicularis* (TERO.), *Ammonia beccarii* (LIN.), *Cibicides floridanus* (CUSH.). In trasgressione su (P¹) oppure sul Cretacico. In base ai rapporti stratigrafici, questo livello è attribuibile al Pleistocene.



(Q¹-P¹) Sabbie calcaree poco cementate, con intercalati banchi di panchina; sabbie argillose grigio-azzurre. Verso l'alto associazione calabriana: *Hyalinea balthica* (SCHR.), *Cassidulina laevigata* D'ORB. var. *carinata* SILV., *Bulimina marginata* D'ORB., *Ammonia beccarii* (LIN.) (CALABRIANO-PLIOCENE SUP.?). In trasgressione sulle formazioni più antiche.

(P¹) Calcareniti, calcari tipo panchina, calcareniti argillose giallastre. Macrofauna a Coralli, Cirripedi, Molluschi, Echinidi, Crostacei tra cui *Cancer sisonidai* MEY. var. *antiatina* MAX. Microfauna ad Ostracodi e Foraminiferi: *Bulimina marginata* D'ORB., *Cassidulina laevigata* D'ORB. var. *carinata* SILV., *Discorbis orbicularis* (TERO.), *Cibicides ungerianus* (D'ORB.), *C. lobatulus* (WALK. e JAC.), *Globigerinoides ruber* (D'ORB.), *G. sacculifer* (BRADY), *Orbulina universa* D'ORB., *Hastigerina aequilateralis* (BRADY) (PLIOCENE SUP.-MEDIO?). In trasgressione sulle formazioni più antiche.



Calcari dolomitici e dolomie grigio-nocciola, a frattura irregolare, calcari grigio-chiari. Microfossili non molto frequenti: *Thaumatoporella* sp., *Praeglobotruncana stephani stephani* (GAND.), *P. stephani turbinata* (REICH.), *Rotalipora appenninica appenninica* (RENZ), *R. cf. reicheli* (MORN.), *Nummoloculina* sp. (CENOMANIANO SUP. e forse TURONIANO). DOLOMIE DI GALATINA con passaggio graduale al CALCARE DI ALTAMURA (verso Nord e verso Ovest).

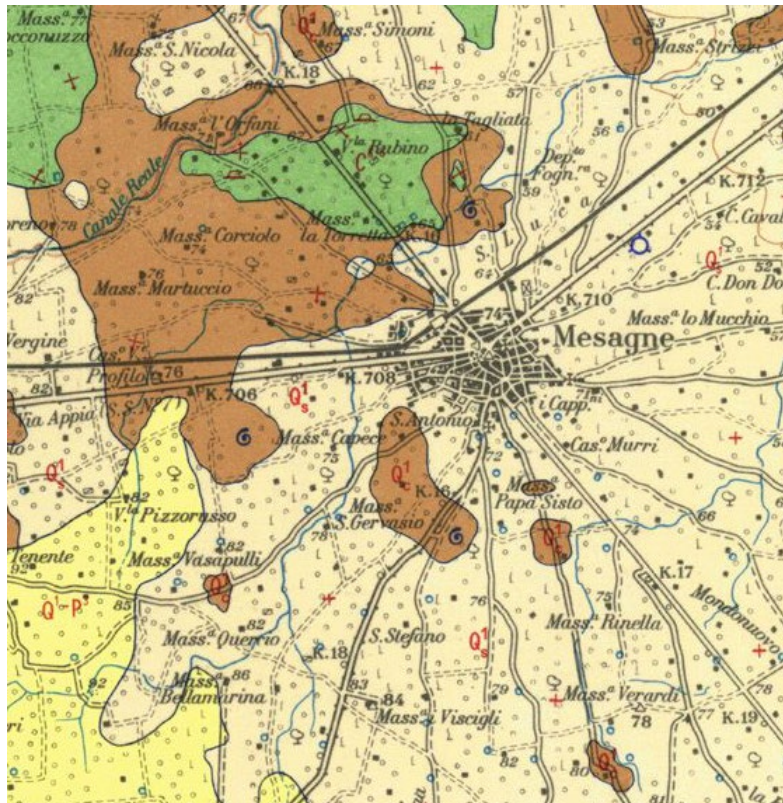
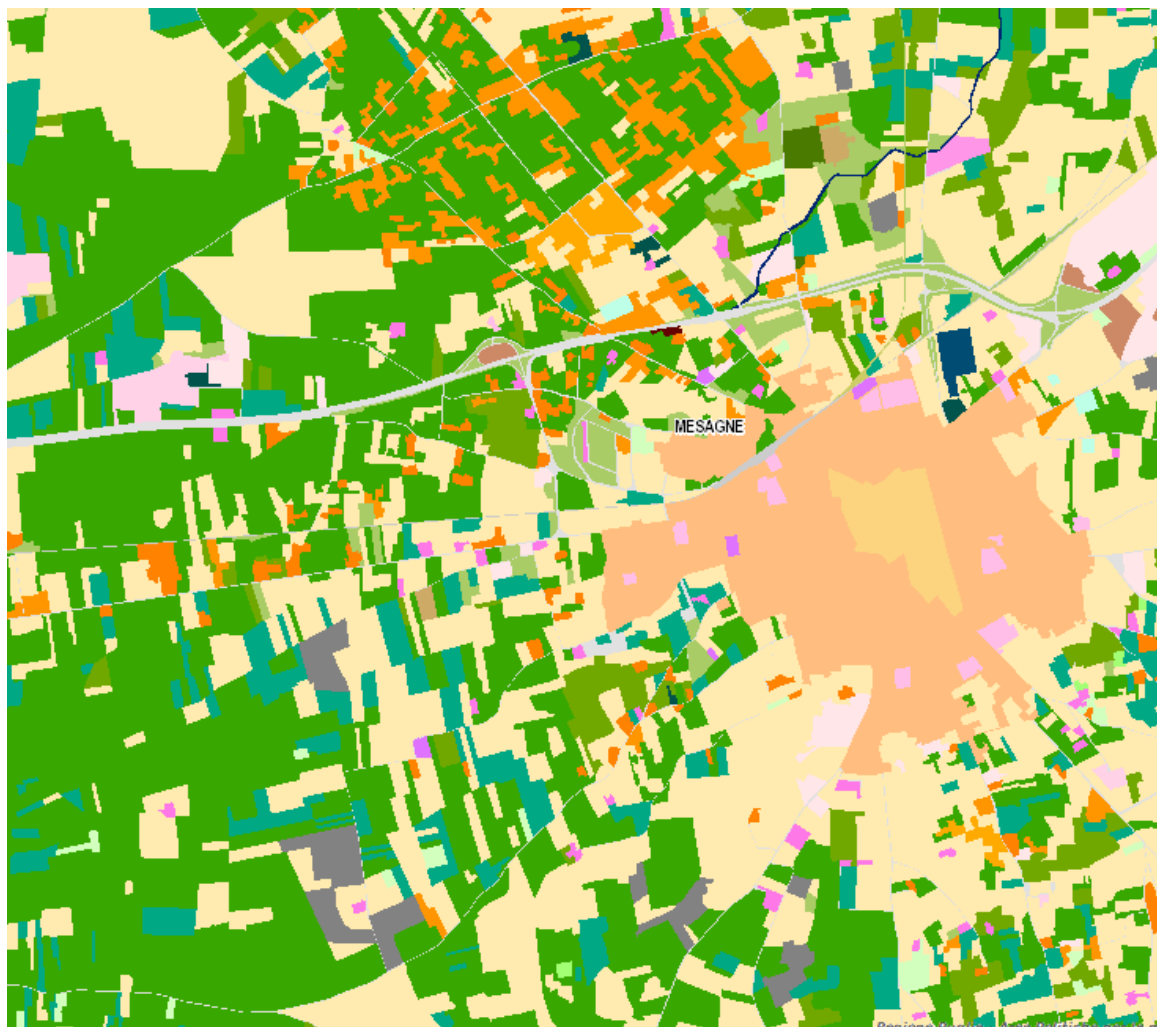


Figura 7 - Stralcio non in scala del foglio n°203 "Brindisi" della Carta Geologica d'Italia con individuazione area di intervento



4.2 Uso del suolo

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



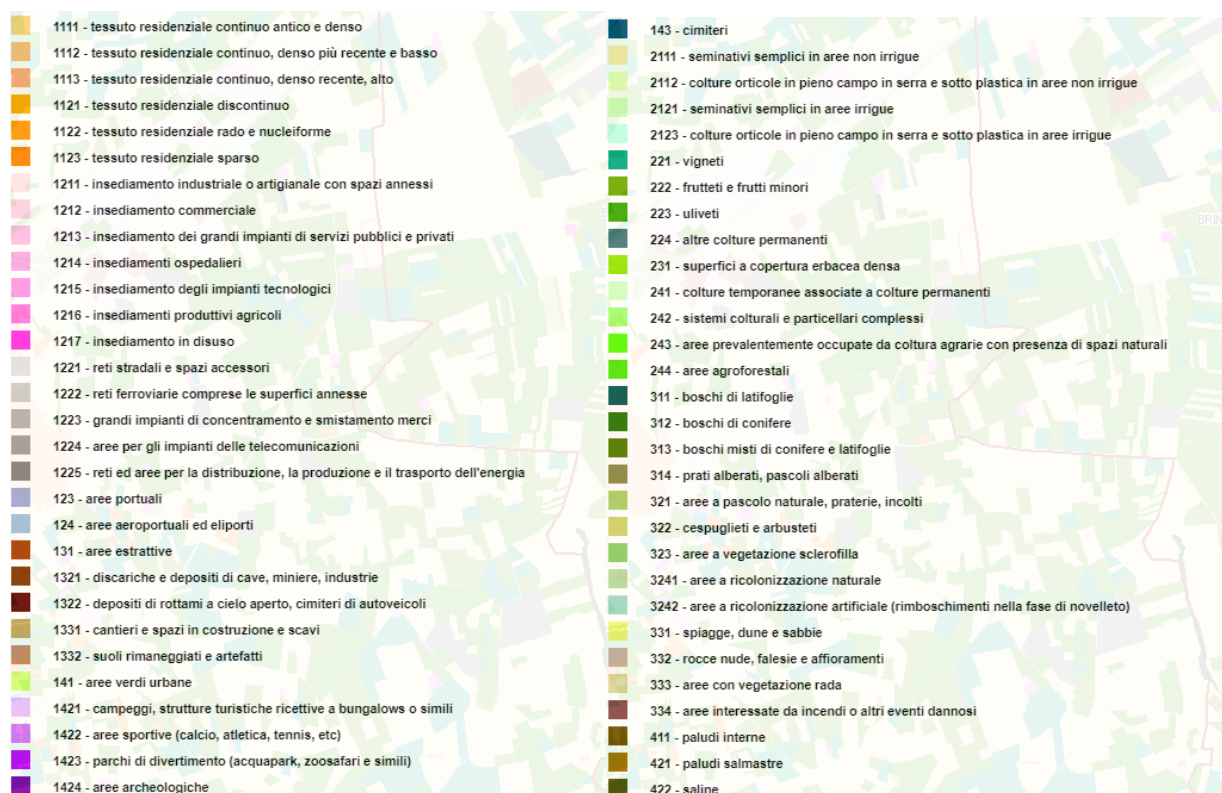


Figura 8 – Carta Uso del suolo



5. 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 K_T , 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 K_T , potendo ritenere trascurabile la variabilità del fattore di crescita con la durata. Infatti, calcolando, nelle stazioni disponibili, le medie pesate dei coefficienti di asimmetria e dei coefficienti di variazione alle diverse durate, si osserva una variabilità inferiore a quella campionaria.

L'indipendenza dalla durata di K_T 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 $\Lambda 1$, 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	$\mu(h,t) = at^{(ch+D+\ln a - \ln a)/\ln 24}$
ZONA 2-4	$\mu(h,t) = at^n$

Tabella 2- Correlazione tra $\mu(X_g)$ 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.

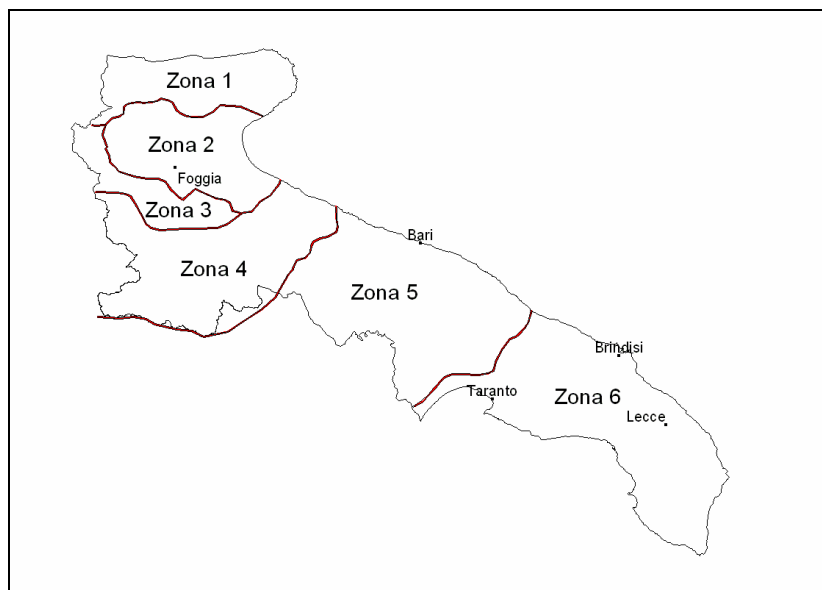


Figura 9 - Regione Puglia: zone omogenee al 3° livello.

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 3).

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

Tabella 3 - Coefficienti del 3° livello di regionalizzazione.

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



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

5.1 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 **Latiano**, che interessa per la maggior parte i bacini idrografici di interesse e di cui si riporta l'annale idrologico.

Stazione di:	LATIANO				
anni	durate [ore]				
	1	3	6	12	24
1958	30.2	49.4	51.8	72.0	96.4
1959	20.4	23.2	32.0	37.0	60.2
1960	35.2	40.8	63.6	102.8	130.4
1962	47.0	47.8	50.2	50.4	52.0
1963	44.0	56.4	56.6	58.4	72.4
1964	52.6	52.6	52.6	52.6	63.6
1965	14.8	18.4	19.6	35.0	52.6
1966	37.0	46.6	50.6	51.4	52.6
1967	22.0	24.8	36.0	40.6	40.6
1968	38.4	40.6	50.6	60.2	62.8
1969	32.8	44.4	62.6	75.0	106.0
1970	42.8	55.6	78.8	147.0	183.6
1971	24.0	40.0	40.8	42.8	47.2
1972	36.8	42.0	42.4	60.0	66.2
1973	25.6	31.0	31.6	39.6	48.0
1975	19.2	37.8	43.2	46.6	46.8
1976	25.8	37.4	48.4	67.8	98.0
1977	27.2	31.6	40.8	41.0	41.6
1978	16.8	19.0	24.8	34.0	35.6
1979	16.8	16.8	26.0	41.8	76.4
1980	29.6	33.4	40.4	58.2	63.6
1981	14.4	20.2	21.8	23.4	29.0
1983	>>	>>	>>	>>	72.6
1984	17.6	24.4	33.6	33.8	34.2
1986	12.2	16.2	16.6	25.6	36.0
1987	30.4	30.4	37.8	48.0	54.8
1988	37.0	44.0	52.4	61.2	64.8
1989	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0
1990	21.2	22.0	33.0	43.8	54.6



1991	18.0	43.6	60.6	68.0	68.2
1992	29.0	38.4	55.6	57.0	59.2
1993	22.2	29.2	33.0	42.2	42.2
1995	28.6	38.0	42.6	59.4	109.0
1996	27.0	46.4	48.8	74.6	91.6
1997	22.8	44.4	74.4	78.0	90.4
1998	42.6	44.0	44.4	45.4	70.6
1999	45.4	46.4	46.4	46.4	55.8
2000	20.4	38.2	53.2	79.2	102.0
2001	26.6	32.6	45.6	47.0	51.4
2002	33.6	33.6	33.6	37.8	41.0
2003	31.0	56.2	95.0	136.2	138.4
2004	35.2	49.2	59.8	68.4	77.0
2006	25.0	38.0	44.4	60.4	101.2
2007	61.8	66.2	70.0	70.2	74.4
2008	22.8	37.2	46.8	61.4	87.0
2009	43.4	43.4	43.4	44.2	65.2
2010	32.4	64.4	79.4	96.6	102.2
2011	33.2	45.0	48.2	51.6	65.6
2012	24.2	44.0	53.4	74.4	74.6

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 3 relativi alla zona 6.

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

$$x(t,z) = 33.70 t^{[(0.0022z+4.1223+\ln 0.89-\ln 33.70)/\ln 24]}(5)$$

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

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

Tr = 30 anni					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	52.923	64.847	81.785	111.568	136.354
VAPI	64.602	80.196	91.918	105.354	120.753

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



Tr = 200 anni					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	68.688	82.656	105.567	148.093	181.374
VAPI	97.629	121.196	138.911	159.216	182.489

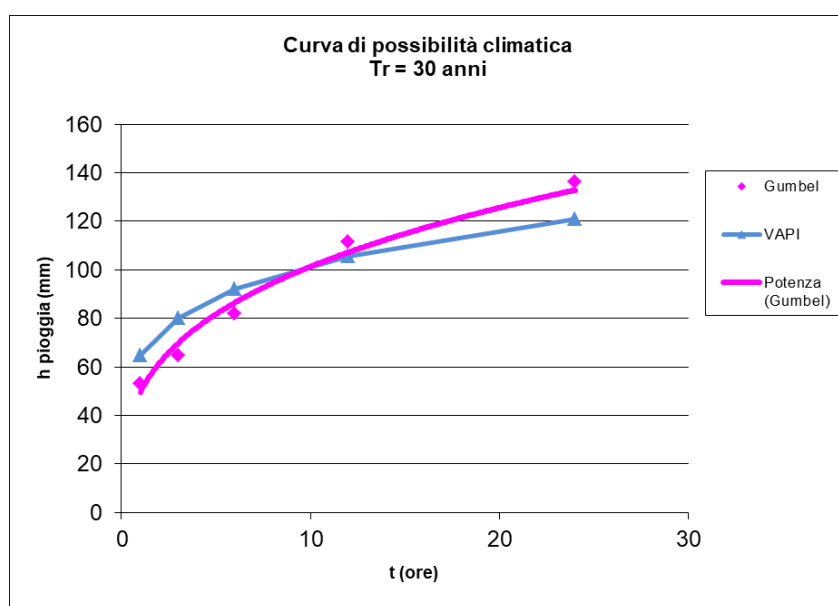
Tabella 5 – Tr = 200 anni - Altezze di pioggia (mm).

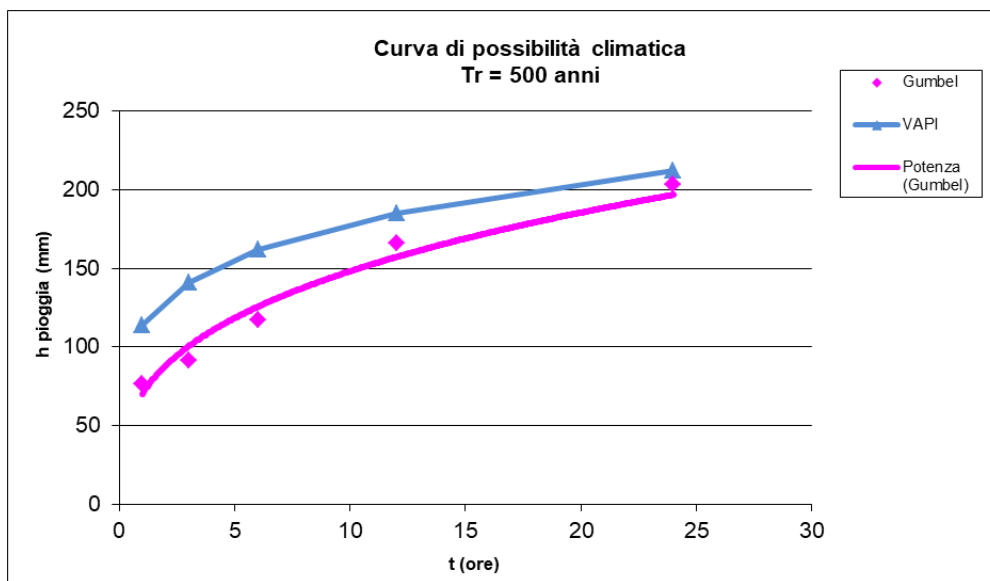
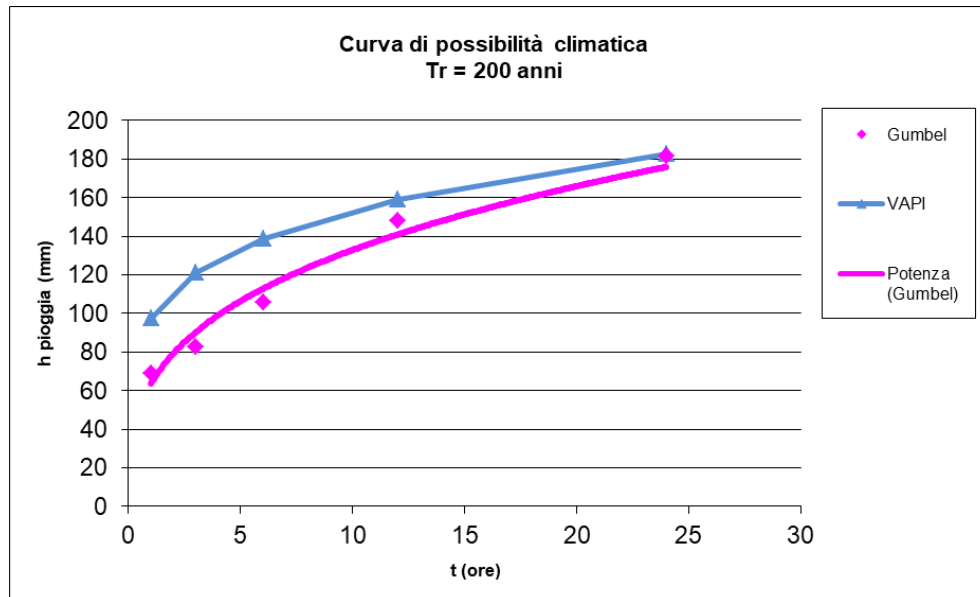
Tr = 500 anni					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	76.257	91.206	116.986	165.631	202.990
VAPI	113.581	140.999	161.609	185.231	212.306

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

Confrontando le due metodologie adottate si evince che **le altezze di pioggia determinate utilizzando il metodo VAPI siano quasi sempre maggiori di quelle derivate dall'utilizzo della metodologia GUMBEL. Pertanto, nel presente studio è utilizzata la curva di possibilità climatica determinata dall'applicazione del metodo che ha fornito i valori più elevati delle altezze di pioggia.**

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.







6. 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.

6.1 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 seguenti risultati:

	P-C-W-K (h)	Giandotti (h)	Pezzoli (h)	Kirpich (h)
BACINO Area Sud	4.24	8.65	6.52	2.62
BACINO Endoreico Area Nord	1.67	7.12	2.04	1.07
BACINO Area Ovest	13.185	9.772	26.914	7.814

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 (si precisa che data la piccola estensione del bacino endoreico la formula di Giandotti non è stata presa in considerazione nel calcolo della media, mentre nel caso del Bacino area Ovest, data la grande estensione, la formula di Kirpich non è stata tenuta in considerazione perché non adatta per bacini di considerevole estensione).

Il valore del tempo di corrivazione desunto dalla media è riportato nella tabella seguente:



	Tc (h)
BACINO Area Sud	5.51
BACINO Endoreico Area Nord	1.59
BACINO Area Ovest	16.62

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	

Effettuando una media pesata per i bacini di interesse si ottiene un coefficiente di deflusso pari a 0,400.

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



Tr	a	n	tc [h]	h [mm]	ic [mm]	Q [mc/s]
30 anni	49.655	0.310	5.506	84.223	15.297	64.019
200 anni	63.589	0.320	5.506	109.820	19.946	83.476
500 anni	70.283	0.324	5.506	122.104	22.177	92.812

Valori delle portate di piena con il metodo razionale del Bacino Area Sud

Tr	a	n	tc [h]	h [mm]	ic [mm]	Q [mc/s]
30 anni	49.655	0.310	1.594	57.365	35.999	10.439
200 anni	63.589	0.320	1.594	73.825	46.328	13.434
500 anni	70.283	0.324	1.594	81.728	51.288	14.872

Valori delle portate di piena con il metodo razionale del Bacino Endoreico Area Nord

Tr	a	n	tc [h]	h [mm]	ic [mm]	Q [mc/s]
30 anni	49.655	0.310	16.624	118.598	7.134	80.267
200 anni	63.589	0.320	16.624	156.461	9.412	105.893
500 anni	70.283	0.324	16.624	174.632	10.505	118.191

Valori delle portate di piena con il metodo razionale del Bacino Area Ovest

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

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

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

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

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

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

Nella fattispecie, considerata l'entità degli interventi e l'importanza degli stessi, si è



preferito, a vantaggio di sicurezza, adottare un valore di Curve Number pari al CN(III), in quanto trattasi di aree non completamente urbanizzate.

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

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

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

Dalla media pesata in funzione della superficie sono stati ricavati i valori relativi al CN, riportati nella tabella seguente:

	CN _{II}	CN _{III}
Bacino Area Sud	77.80	89.07
Bacino Endoreico Area Nord	78.00	89.18
BACINO Area Ovest	77.80	89.07

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 pluviogramma netto.

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

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

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

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



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

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

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

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

$$t_b = 2.67 t_a$$

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

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

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

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

È stato scelto come evento che massimizza il calcolo della portata di piena un tempo di pioggia pari al tempo di corrivazione del bacino, utilizzando come " t_c " i risultati ottenuti in base al calcolo effettuato al paragrafo precedente (cioè tempo di corrivazione calcolato con il metodo Pezzoli, Chow, Watt & Chow, Kirpich P-C-W-K, in quanto tale relazione è quella che meglio si adatta alle dimensioni dei bacini oggetto del presente studio).

I risultati ottenuti sono riportati nella seguente tabella:

T_R	P [mm]	P_{net}	T_L [h]	V [mm]	t_a [h]	Q_p [m^3/s]	Q [mc/s]
30 anni	93.194	64.018	3.898	64.018	6.651	75.405	64.019
200 anni	140.839	109.300	3.898	109.300	6.651	128.743	83.476
500 anni	163.852	131.598	3.898	131.598	6.651	155.007	92.812

Valori delle portate di piena con il metodo Curve Number del Bacino Area Sud

T_R	P [mm]	P_{net}	T_L [h]	V [mm]	t_a [h]	Q_p [m^3/s]
30 anni	70.806	43.782	1.306	43.782	2.103	12.917
200 anni	107.006	77.248	1.306	77.248	2.103	22.790
500 anni	124.490	93.887	1.306	93.887	2.103	27.699

Valori delle portate di piena con il metodo Curve Number del Bacino Endoreico Area Nord



T_R	P [mm]	P_{net}	T_L [h]	V [mm]	t_a [h]	Q_p [m ³ /s]
30 anni	141.190	109.639	12.996	109.639	21.308	108.37
200 anni	213.375	180.052	12.996	180.052	21.308	177.98
500 anni	248.239	214.396	12.996	214.396	21.308	211.92

Valori delle portate di piena con il metodo Curve Number del Bacino Area Ovest



6.2 Considerazioni finali sulla portata di piena

Il confronto tra le due metodologie adottate ha evidenziato come le portate derivate utilizzando il metodo Curve Number (CN), per i bacini idrografici di interesse siano risultate, al variare del tempo di ritorno, quasi sempre maggiori di quelle derivate dall'utilizzo del metodo Razionale.

Si è scelto, pertanto, di utilizzare i valori derivanti dalla metodologia che ha restituito i valori di portata maggiori, tra metodo Razionale e del CN, a vantaggio di sicurezza:

Q (m ³ /sec)		Alta Pericolosità idraulica	Media Pericolosità idraulica	Bassa Pericolosità idraulica
		Tr= 30 anni	Tr= 200 anni	Tr= 500 anni
BACINO Area Sud	<i>Metodo Razionale</i>	64.019	83.476	92.812
	<i>Metodo del CN</i>	64.019	83.476	92.812
BACINO Endoreico Area Nord	<i>Metodo Razionale</i>	10.439	13.434	14.872
	<i>Metodo del CN</i>	12.917	22.790	27.699
BACINO Area Ovest	<i>Metodo Razionale</i>	80.267	105.893	118.919
	<i>Metodo del CN</i>	108.37	177.98	211.92

Per ciò che concerne, invece, l'Area Nord del bacino endoreico, si è considerato quest'ultimo come un'area di scorrimento superficiale dell'acqua meteorica, di cui, come sarà spiegato nel capitolo seguente, si è determinato, con metodo di Horton, il tirante idrico con cui l'acqua defluisce verso la vora.

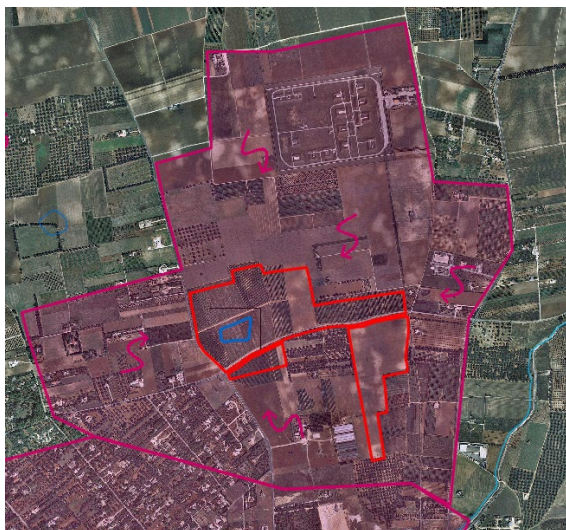


Figura 12 – Direzione deflusso superficiale nel bacino endoreico

7. STIMA DEL VOLUME EFFETTIVO E DELLA QUOTA DI SFIORO DEL BACINO ENDOREICO

Si è potuto stimare il volume effettivo di acqua che si va ad accumulare all'interno dei bacini endoreici, oggetto di studio, al variare del tempo di ritorno delle precipitazioni in input.

Alla base di questo studio, vi è l'applicazione del modello di Horton, che valuta il valore della capacità di infiltrazione reale nel tempo $f(t)$ per ogni litologia costituente l'area di bacino drenante affluente al recapito finale endoreico. Secondo tale modello, la variazione della capacità di infiltrazione potenziale nel tempo risulta proporzionale alla differenza tra il valore attuale e quello relativo alle condizioni di saturazione f_c .

La suddetta condizione di saturazione viene raggiunta asintoticamente a partire da un valore iniziale f_0 , secondo modalità temporali essenzialmente dettate da una costante k , che rappresenta la rapidità di esaurimento di f secondo una legge esponenziale di equazione:

$$f(t) = f_c + (f_0 - f_c)e^{-t/k}$$

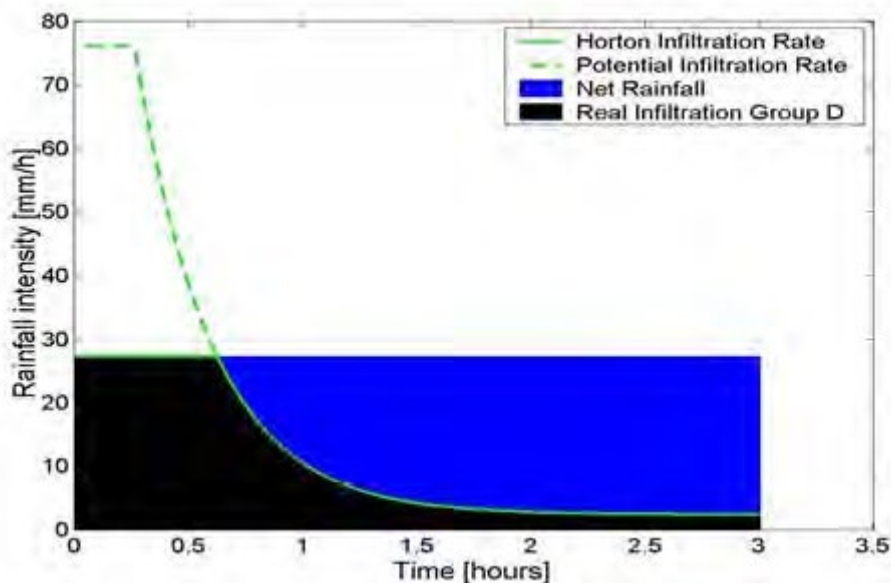


Figura 13 – Curva di infiltrazione di Horton

I tre parametri del modello sono in linea di principio tarati sulla base di osservazioni dirette effettuate sul bacino di interesse e, come già accennato, sui suoli ivi presenti.

Nella implementazione del modello semidistribuito si fa riferimento, per i parametri di f_0 e f_c , ai valori di letteratura (riportati nella tabella sottostante) associati ai gruppi di permeabilità del SCS.

GRUPPO SCS	f_0 [mm/h]	f_c [mm/h]	k [h ⁻¹]
A	250	25.4	0.5
B	200	12.7	0.5
C	125	6.3	0.5
D	76	2.5	0.5

La valutazione della capacità di infiltrazione reale viene effettuata, in corrispondenza dei diversi ietogrammi di ingresso, sulla base del confronto dell'intensità di pioggia con la capacità di infiltrazione potenziale, attraverso la valutazione del tempo di ponding t_p , ed effettuate tramite la soluzione del sistema:

$$\int_0^{t_p} i(t) dt = F(tp-t_0)$$

con $i(t)=f(tp-t_0)$. Ove $i(t)$ è l'intensità di precipitazione considerata variabile nel tempo, $F(t)$ è l'infiltrazione cumulata potenziale e t_0 è una costante di tempo tale che sia, posto $F(t)$ la infiltrazione cumulata reale, pari al volume cumulato:

$$Fr(t)=F(tp-t_0)$$

Naturalmente nel caso in cui la precipitazione è costante il sistema si riduce al seguente sistema di equazioni:



$$\left\{ \begin{array}{l} i_{tp} = F(tp - t_0) \\ i = f(tp - t_0) \end{array} \right.$$

Considerando lo ietogramma di calcolo, nel nostro caso specifico, prendendo come gruppo SCS il B, si sono studiati gli effetti di allagamento.

Per il bacino endoreico dell'Area Nord si sono ottenuti i seguenti valori:

Bacino Endoreico Area Nord		
Vol [mc]	Sup [mq]	Tirante [m]
82323.99	2982656.54	0.03

In queste condizioni si può asserire che l'opera in progetto può considerarsi certamente in condizioni di sicurezza idraulica, poiché il tirante idrico che si verrebbero a creare in caso di piena duecentennale è di appena 3 cm, non andando ad interferire con i pannelli fotovoltaici.

Ad ulteriore garanzia della verifica alla sicurezza idraulica, si lascerà un buffer di 1 m libero attorno alla vora, così da non compromettere la funzionalità dell'area assorbente e restare in sicurezza rispetto alla zona in cui potrà verificarsi l'eventuale ristagno delle acque superficiali.

8. MODELLAZIONE IDRAULICA DEL BACINO IDROGRAFICO AREA SUD

Per il Bacino dell'Area Sud si è proceduto alla modellazione idraulica.

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

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

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



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

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

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

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

Scabrezza di manning

Le simulazioni sono state condotte utilizzando un valore del coefficiente di scabrezza n secondo Manning che è pari a 0.033 sulle sponde dell'alveo e per il letto dell'alveo.

Condizioni al contorno e condizioni iniziali

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

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

Sezioni di calcolo e profilo longitudinale

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



Sulla base delle informazioni plano altimetriche disponibili è stato ricavato un **modello geometrico**, come base di input per il software HEC-RAS, costituito da un alveo, formato da n.10 sezioni (numerate progressivamente da monte verso valle).

Tutte le sezioni sono poste a distanza 50 m a seconda del diverso assetto morfologico dell'alveo. Definito il modello geometrico dello stato di fatto, si è provveduto ad effettuare l'ipotesi di calcolo.

Risultati delle simulazioni

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 delle simulazioni effettuate, in condizioni di moto permanente in corrispondenza di portate di piena caratterizzate dal tempo di ritorno di 200 anni.

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

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



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

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Canale	10	Tr=30anni	75.40	61.00	62.82	62.39	63.04	0.003618	2.14	37.01	30.29	0.58
Canale	10	Tr=200anni	128.74	61.00	63.28	62.84	63.62	0.003798	2.65	52.42	36.24	0.62
Canale	10	Tr=500anni	155.01	61.00	63.46	63.01	63.85	0.003908	2.86	59.23	38.57	0.64
Canale	9	Tr=30anni	75.40	60.80	62.42		62.77	0.008103	2.61	28.86	27.92	0.82
Canale	9	Tr=200anni	128.74	60.80	62.93		63.36	0.006641	2.91	44.76	34.56	0.78
Canale	9	Tr=500anni	155.01	60.80	63.10		63.59	0.006457	3.10	50.98	36.62	0.79
Canale	8	Tr=30anni	75.40	60.04	61.90	61.81	62.32	0.009599	2.87	26.30	25.07	0.89
Canale	8	Tr=200anni	128.74	60.04	62.28	62.28	62.91	0.011392	3.52	36.62	29.20	1.00
Canale	8	Tr=500anni	155.01	60.04	62.47	62.47	63.16	0.011130	3.66	42.37	31.26	1.00
Canale	7	Tr=30anni	75.40	60.20	61.68		61.91	0.005333	2.13	35.47	35.18	0.67
Canale	7	Tr=200anni	128.74	60.20	62.10	61.78	62.43	0.005326	2.56	50.95	39.92	0.70
Canale	7	Tr=500anni	155.01	60.20	62.26	61.95	62.64	0.005359	2.73	57.84	41.86	0.71
Canale	6	Tr=30anni	75.40	59.50	61.33		61.61	0.006943	2.33	32.30	33.01	0.75
Canale	6	Tr=200anni	128.74	59.50	61.74		62.13	0.006695	2.74	47.19	39.07	0.77
Canale	6	Tr=500anni	155.01	59.50	61.90		62.34	0.006670	2.93	53.57	41.38	0.78
Canale	5	Tr=30anni	75.40	59.20	61.14		61.34	0.003567	1.97	38.30	31.38	0.56
Canale	5	Tr=200anni	128.74	59.20	61.53		61.85	0.004066	2.51	53.84	44.42	0.63
Canale	5	Tr=500anni	155.01	59.20	61.69		62.05	0.004208	2.71	60.99	46.87	0.65
Canale	4	Tr=30anni	75.40	58.90	60.90		61.12	0.005292	2.08	36.47	37.85	0.66
Canale	4	Tr=200anni	128.74	58.90	61.33		61.62	0.004763	2.41	55.00	47.65	0.66
Canale	4	Tr=500anni	155.01	58.90	61.50		61.82	0.004603	2.56	63.17	50.71	0.66
Canale	3	Tr=30anni	75.40	58.60	60.27	60.27	60.71	0.012660	2.94	25.61	29.04	1.00
Canale	3	Tr=200anni	128.74	58.60	60.69	60.69	61.24	0.011812	3.29	39.16	35.71	1.00
Canale	3	Tr=500anni	155.01	58.60	60.85	60.85	61.45	0.011269	3.43	45.35	39.10	0.99
Canale	2	Tr=30anni	75.40	58.20	59.49	59.56	59.98	0.016657	3.11	24.35	33.48	1.13
Canale	2	Tr=200anni	128.74	58.20	59.77	59.94	60.51	0.016848	3.85	34.59	39.33	1.19
Canale	2	Tr=500anni	155.01	58.20	59.88	60.10	60.74	0.017040	4.14	39.19	41.61	1.22
Canale	1	Tr=30anni	75.40	58.00	59.52	59.05	59.65	0.002200	1.63	51.53	53.14	0.45
Canale	1	Tr=200anni	128.74	58.00	59.95	59.40	60.12	0.002201	1.96	76.72	66.11	0.47
Canale	1	Tr=500anni	155.01	58.00	60.12	59.53	60.31	0.002200	2.08	88.20	70.14	0.48

Tabella 14 – Parametri idraulici del calcolo in moto permanente

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

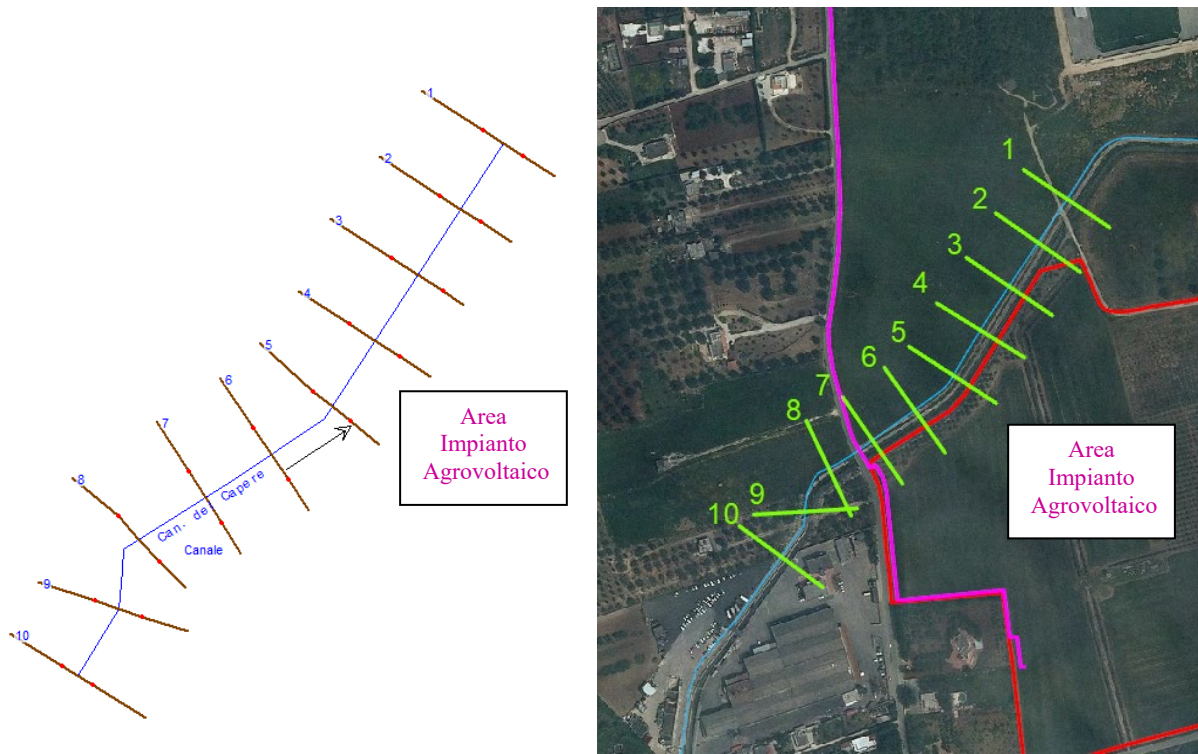


Figure 15 – Planimetria con indicazione delle sezioni su Hec-Ras

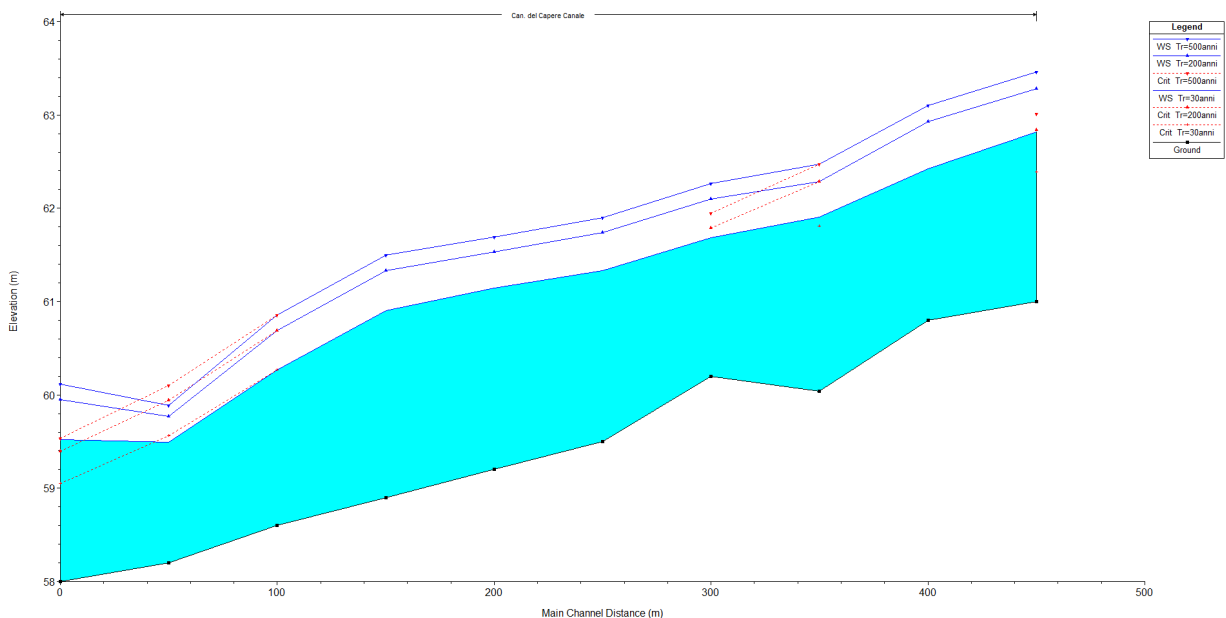


Figura 16 - Profilo longitudinale di moto permanente
(è rappresentato graficamente il livello idrico corrispondente alla piena con $Tr = 200$ anni)

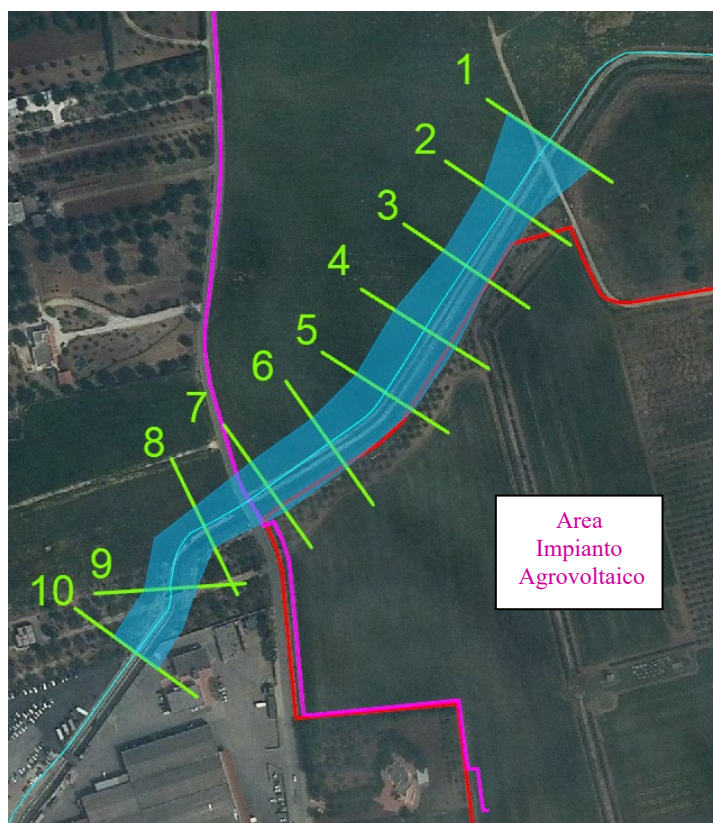


Figura 10 – Planimetria con indicazione delle aree inondabili duecentennali.

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

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



9. MODELLO IDRAULICO DEL BACINO IDROGRAFICO AREA OVEST

Per il Bacino dell'Area Ovest si è proceduto alla modellazione idraulica.

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

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

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

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

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

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

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

Scabrezza di manning

Le simulazioni sono state condotte utilizzando un valore del coefficiente di scabrezza n secondo Manning che è pari a 0.033 sulle sponde dell'alveo e per il letto dell'alveo.



Condizioni al contorno e condizioni iniziali

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

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

Sezioni di calcolo e profilo longitudinale

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

Sulla base delle informazioni plano altimetriche disponibili è stato ricavato un **modello geometrico**, come base di input per il software HEC-RAS, costituito da un alveo, formato da n.10 sezioni (numerate progressivamente da monte verso valle).

Tutte le sezioni sono poste a distanza 50 m a seconda del diverso assetto morfologico dell'alveo. Definito il modello geometrico dello stato di fatto, si è provveduto ad effettuare l'ipotesi di calcolo.

Risultati delle simulazioni

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 delle simulazioni effettuate, in condizioni di moto permanente in corrispondenza di portate di piena caratterizzate dal tempo di ritorno di 200 anni.

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



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

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



Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Canale	10	Tr=30anni	108.37	73.40	74.76	74.63	74.90	0.004049	1.82	72.28	119.46	0.58
Canale	10	Tr=200anni	177.98	73.40	75.01	74.83	75.19	0.004031	2.10	102.07	121.80	0.60
Canale	10	Tr=500anni	211.92	73.40	75.11	74.90	75.31	0.004025	2.22	114.72	122.79	0.61
Canale	9	Tr=30anni	108.37	73.20	74.57		74.71	0.003849	1.78	73.79	120.63	0.57
Canale	9	Tr=200anni	177.98	73.20	74.82		74.99	0.003847	2.06	103.99	123.01	0.59
Canale	9	Tr=500anni	211.92	73.20	74.92		75.11	0.003846	2.18	116.83	124.00	0.59
Canale	8	Tr=30anni	108.37	73.00	74.36		74.51	0.004065	1.83	72.05	118.74	0.58
Canale	8	Tr=200anni	177.98	73.00	74.61		74.79	0.004070	2.11	101.53	121.06	0.60
Canale	8	Tr=500anni	211.92	73.00	74.71		74.91	0.004072	2.23	114.05	122.03	0.61
Canale	7	Tr=30anni	108.37	72.80	74.16		74.30	0.003996	1.81	72.66	119.73	0.58
Canale	7	Tr=200anni	177.98	72.80	74.41		74.59	0.003994	2.10	102.46	122.07	0.60
Canale	7	Tr=500anni	211.92	72.80	74.51		74.71	0.003992	2.21	115.12	123.05	0.61
Canale	6	Tr=30anni	108.37	72.60	73.96		74.10	0.004003	1.81	72.60	119.68	0.58
Canale	6	Tr=200anni	177.98	72.60	74.21		74.39	0.003993	2.10	102.44	122.02	0.60
Canale	6	Tr=500anni	211.92	72.60	74.31		74.51	0.003989	2.21	115.13	123.00	0.61
Canale	5	Tr=30anni	108.37	72.40	73.76		73.91	0.003977	1.81	72.79	119.78	0.58
Canale	5	Tr=200anni	177.98	72.40	74.01		74.19	0.003958	2.09	102.77	122.13	0.60
Canale	5	Tr=500anni	211.92	72.40	74.12		74.31	0.003952	2.20	115.51	123.12	0.60
Canale	4	Tr=30anni	108.37	72.20	73.57		73.71	0.003888	1.79	73.37	119.74	0.57
Canale	4	Tr=200anni	177.98	72.20	73.82		73.99	0.003884	2.08	103.41	122.10	0.59
Canale	4	Tr=500anni	211.92	72.20	73.92		74.12	0.003885	2.19	116.14	123.08	0.60
Canale	3	Tr=30anni	108.37	72.00	73.37		73.51	0.004000	1.82	72.41	118.44	0.58
Canale	3	Tr=200anni	177.98	72.00	73.61		73.80	0.004030	2.11	101.77	120.75	0.60
Canale	3	Tr=500anni	211.92	72.00	73.72		73.92	0.004041	2.23	114.23	121.72	0.61
Canale	2	Tr=30anni	108.37	71.80	73.16		73.31	0.004153	1.84	71.43	118.38	0.59
Canale	2	Tr=200anni	177.98	71.80	73.40		73.59	0.004169	2.13	100.62	120.68	0.61
Canale	2	Tr=500anni	211.92	71.80	73.51		73.71	0.004174	2.25	113.01	121.64	0.62
Canale	1	Tr=30anni	108.37	71.60	72.96	72.83	73.10	0.004007	1.81	72.75	120.63	0.58
Canale	1	Tr=200anni	177.98	71.60	73.21	73.02	73.38	0.004001	2.09	102.65	122.98	0.60
Canale	1	Tr=500anni	211.92	71.60	73.31	73.10	73.51	0.004001	2.21	115.34	123.97	0.61

Tabella 15 – Parametri idraulici del calcolo in moto permanente

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

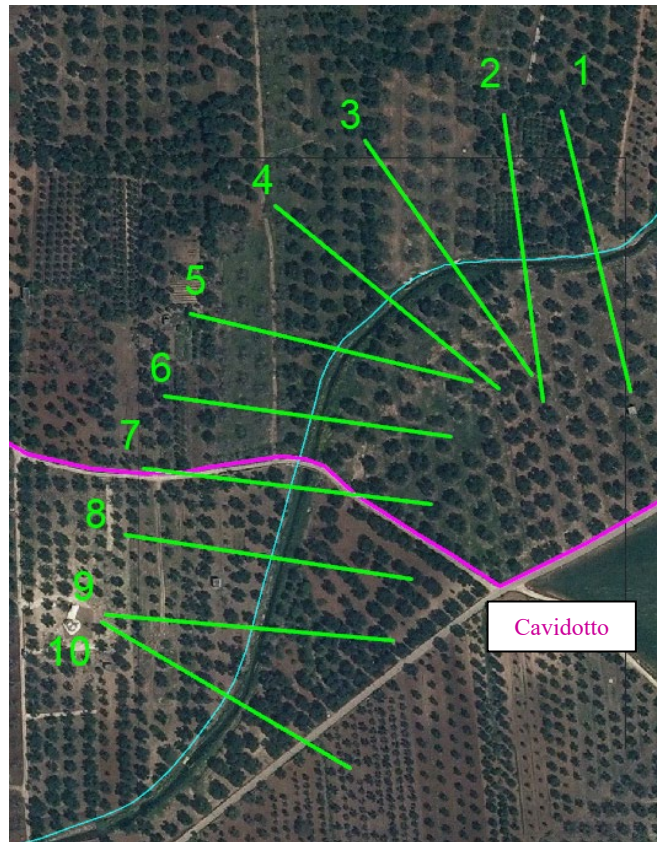


Figure 18 – Planimetria con indicazione delle sezioni su Hec-Ras

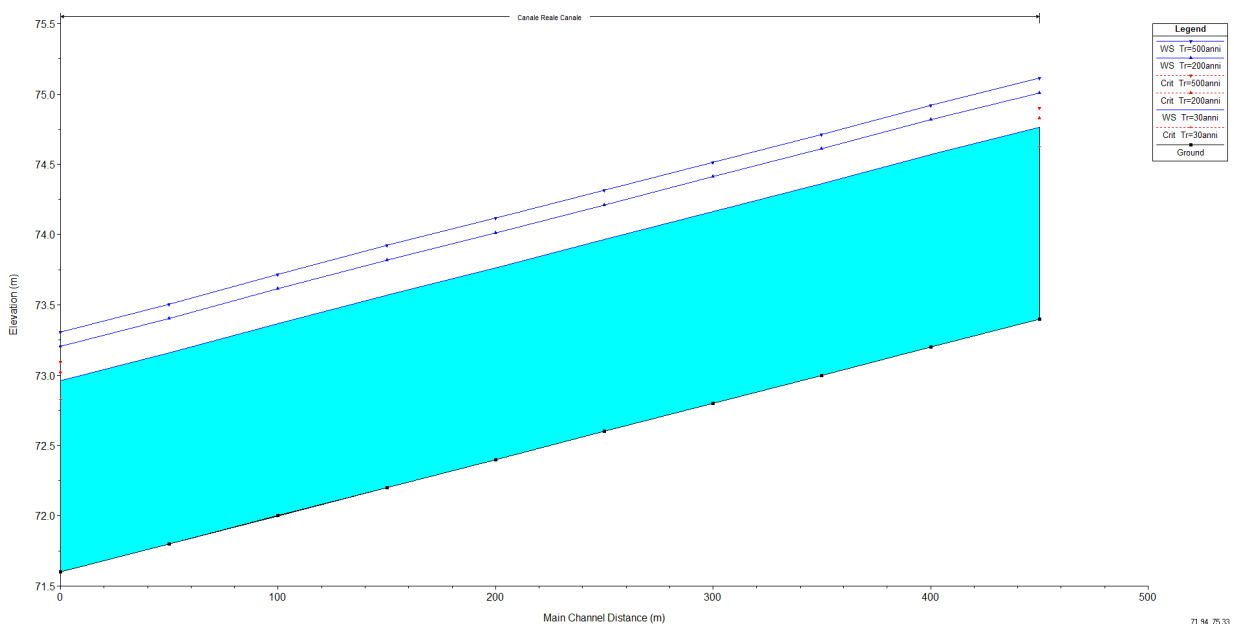


Figura 19 - Profilo longitudinale di moto permanente
(è rappresentato graficamente il livello idrico corrispondente alla piena con $Tr= 200$ anni)

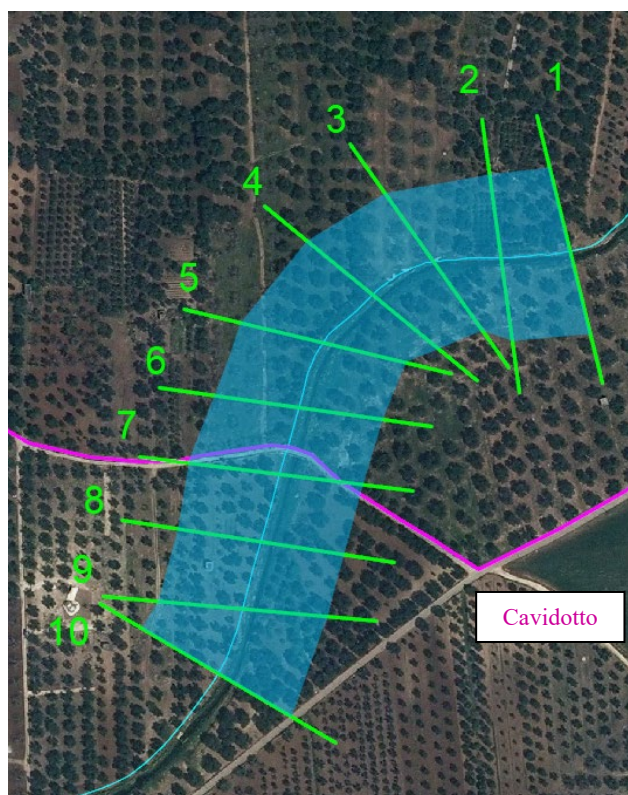


Figura 20 – Planimetria con indicazione delle aree inondabili duecentennali.

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

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



10. VERIFICA ALL'EROSIONE DEGLI ATTRAVERSAMENTI IN TOC

Nel presente capitolo è stata effettuata una verifica dell'erosione del fondo e delle sponde, per un attraversamento tipo in TOC, in particolare si è scelto di verificare l'attraversamento n.2, in quanto risulta essere il più svantaggiato in termini di portata e morfologia. La verifica delle tensioni di trascinamento è stata condotta utilizzando il codice di calcolo MACRA1, sviluppato dalla Maccaferri.

Metodologia di calcolo utilizzata

Il calcolo della resistenza all'erosione nelle sezioni è stato eseguito, determinando gli sforzi tangenziali prodotti dalla corrente e controllando se il materiale che costituisce il letto dell'alveo e delle sponde può resistere senza subire danni permanenti.

Con tale sistema è stato possibile verificare la resistenza dell'alveo e delle sponde dell'attraversamento, alle azioni erosive delle correnti dovute al passaggio della piena duecentennale.

Il metodo utilizzato, che è quello maggiormente impiegato e noto in letteratura, è il **“metodo delle tensioni di trascinamento” (Metodo di Shields)**.

Si può applicare a qualsiasi tipo di materiale tuttavia è necessario che il materiale utilizzato abbia una resistenza agli sforzi tangenziali nota. I valori di resistenza agli sforzi tangenziali dei tipi più comuni di letto e di materiale da protezione sono disponibili in letteratura (sono noti i valori di resistenza agli sforzi tangenziali e la scabrezza dei materiali).

Ai fini della valutazione degli effetti antierosivi è necessario che lo sforzo tangenziale effettivo prodotto dalla corrente in ciascun punto della sezione sia minore dello sforzo tangenziale massimo agente sulla superficie del canale.

Il metodo delle tensioni di trascinamento asserisce che se lo sforzo tangenziale effettivo è maggiore dello sforzo tangenziale massimo tollerabile dalla superficie avviene un trasporto dinamico delle sostanze colloidali e successivamente del materiale più grossolano. L'erosione crea instabilità su un tratto di argine e successivamente progredisce interessando aree più estese.

Gli sforzi tangenziali effettivi vengono calcolati utilizzando i criteri idraulici convenzionali. Gli sforzi tangenziali massimi tollerabili dipendono dal tipo di protezione e dalla loro resistenza alla corrente.

La formula per calcolare la tensione tangenziale massima al fondo τ_b fa riferimento al raggio idraulico, attraverso la seguente:

$$\tau_b = \gamma_w R i$$

in cui γ_w è il peso specifico dell'acqua, R è il raggio idraulico e i la pendenza del corso d'acqua.



Per i corsi d'acqua naturali ed i canali sufficientemente larghi il raggio idraulico R risulta pressoché coincidente con il tirante d'acqua; la formula diviene quindi, per un punto posizionato sul fondo:

$$\tau_b = \gamma_w * y_i * i$$

nella quale y_i è il livello dell'acqua nel punto considerato e i è la pendenza dell'alveo.

Se il punto è situato su una sponda lungo un'asta fluviale planimetricamente rettilinea, la tensione tangenziale massima è ridotta di un coefficiente pari a $k_2=0,75$; diversamente, se l'asta è in curva si ha un aumento della tensione tangenziale sulla sponda concava (esterna), di cui si tiene conto attraverso un coefficiente k_1 , funzione del rapporto tra il raggio di curvatura e la larghezza del pelo libero dell'acqua.

Ne consegue che lo **sforzo tangenziale effettivo** agente su ogni punto della superficie del canale viene calcolato usando la seguente formula:

$$\tau_b = k_1 * k_2 * \gamma_w * y_i * i$$

dove k_1 è il coefficiente di curvatura: parametro tabellato (cfr. tabella 17), k_2 il coefficiente angolare: 1 per punti situati su superfici orizzontali, 0.75 per superfici inclinate, γ_w il peso specifico dell'acqua, y_i il livello dell'acqua nel punto considerato e i la pendenza dell'alveo.

Nel coefficiente k_1 viene considerato un incremento di sforzo tangenziale sulla sponda esterna di un tratto in curva come conseguenza dell'accelerazione centrifuga. I valori del coefficiente k_1 sono riportati nella letteratura e dipendono dalla curvatura e dalla larghezza del corso d'acqua

Raggio di curvatura / Larghezza W.S.	k_1 (coefficiente di curvatura)
8.0	1.2
6.0	1.4
4.5	1.6
3.2	1.8
2.0	2.0

Coefficiente di curvatura

Poiché il valore dello sforzo di taglio effettivo varia in funzione dell'altezza del livello dell'acqua, nel punto di rilevamento si calcolerà il valore per ciascun segmento della sezione nel suo punto più basso.

Il calcolo è stato effettuato con il software MACRA1 2006, creato per eseguire analisi di corsi d'acqua, nell'ipotesi di moto uniforme, nel caso in cui vengano impiegati rivestimenti protettivi.



Il software permette di controllare una generica sezione trasversale a portata costante, verificando se la scabrezza e le forze di trazione agenti su ciascun segmento di sezione dell'argine e del fondo del fiume sono maggiori degli sforzi tangenziali effettivi generati dalla corrente. Quando si verifica questa condizione ci troviamo in una situazione di stabilità. Le analisi del flusso possono essere eseguite ipotizzando contemporaneamente portate e pendenze differenti.

Tensioni resistenti e loro verifica

Per quanto riguarda la resistenza al trascinamento si definisce **tensione massima di trascinamento** τ_c la massima forza a partire dalla quale il materiale al fondo comincia a muoversi.

Per i materiali non coesivi la formula generalmente utilizzata è la seguente:

$$\tau_c = 80 d_{75}$$

dove d_{75} è il diametro del vaglio che consente il passaggio del 75% del materiale d'alveo (cm).

Affinché la verifica sia soddisfatta deve risultare, per un punto sul fondo:

$$\tau_b \leq \tau_c \text{ (al fondo)}$$

A sua volta per il materiale non coesivo non situato su un fondo orizzontale, occorre tenere conto della riduzione della tensione massima di trascinamento (dovuta all'effetto della pendenza della sponda) mediante un coefficiente correttivo e la tensione così modificata va confrontata con la massima tensione agente:

$$\tau_b \leq \tau_s \text{ (sulla sponda)}$$

dove

$$\tau_s = \tau_c \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \vartheta}{\sin^2 \phi}}$$

in cui ϕ è l'angolo di attrito interno del materiale (non coesivo) che costituisce la sponda e ϑ è l'angolo di inclinazione della sponda sull'orizzontale.

Per evitare che il termine sotto radice diventi negativo, occorre che il materiale che costituisce la sponda abbia un angolo di attrito interno superiore all'inclinazione della sponda.

Risultati della verifica

La sezione n. 7 dell'attraversamento n.2 della simulazione in HEC-RAS, risultata quella con il maggior tirante idrico e più sollecitata all'erosione in base alle sue caratteristiche geomorfologiche e di velocità di corrente sviluppate, è stata riprodotta nel software geometricamente.

Nella condizione attuale l'attraversamento presente è un tombino in cemento armato.



Effettuando, in tal modo, il calcolo dell'erosione nelle condizioni peggiorative si ottengono i seguenti risultati (cfr. tabelle seguenti):

Calcolo n.1										
	Pendenza [%]	2.50		Numero di froude	2.38					
	Portata [m3/s]	177.98		Sezione [m2]	28.68					
	Livello [m]	0.70		Contorno bagnato [m]	41.99					
	Velocità media [m/s]	6.21		Raggio idraulico [m]	0.68					
Tratto	Lunghezza [m]	V [m/s]	K	V_{amm} [m/s]	V_b [m/s]	Materiale	V	tau max [N/m2]	tau amm [N/m2]	GeoFil
1	1.41	3.13	1.00							
1.1	1.41			-		- Blocchetti in cemento	N	131.62	250.00	N
4	40.00	6.26	1.00							
4.1	40.00			-		- Blocchetti in cemento	N	172.73	250.00	N
7	1.41	3.13	1.00							
7.1	1.41			-		- Blocchetti in cemento	N	131.62	250.00	N

Materiali utilizzati							
Descrizione	Scabrezza	Tensione ammissibile [N/m2]	Diametro [m]	Spessore [m]	Peso specifico pietra [kN/m3]	Tempo [h]	C Shields
Blocchetti in cemento	0.0200	250.00					

Come si può notare dai risultati ottenuti, si è riscontrato una $\tau_{max} < \tau_{amm}$, pertanto la verifica è risultata positiva per la sezione.

In tali condizioni sono garantite le condizioni di sicurezza idraulica dell'alveo, anche a seguito delle opere a farsi, e nessuna variazione del livello di sicurezza delle aree adiacenti.



11. CONCLUSIONI

Il presente Studio è stato redatto al fine di valutare la compatibilità idrologica ed idraulica relativo alla **realizzazione di un impianto agrovoltaiico**, in zona classificata agricola, non di pregio, dal vigente strumento urbanistico comunale, da ubicare nel territorio del comune di **Mesagne (BR)**.

Sulla base delle analisi presentate si evince che il progetto in oggetto, sarà sito a pochi metri da un corso d'acqua episodico già perimetrato dall'Autorità di Bacino e lambirà un recapito di un bacino endoreico.

Conseguentemente al transito della portata al colmo di piena, per assegnato tempo di ritorno $T_r = 200$ anni (sussistenza della sicurezza idraulica), valutata nell'analisi idrologica secondo il modello discendente dall'analisi regionale delle piogge, proprio del progetto VaPi sulla Valutazione delle Piene in Puglia, si è **evidenziato il rispetto della sicurezza idraulica dell'area e delle opere di progetto a farsi**.

Infatti, l'opera di progetto **dell'Area Sud** sarà totalmente esterna alle aree ad alta pericolosità idraulica perimetrata dall'Autorità di Bacino.

Per ciò che concerne **l'Area Nord del bacino endoreico**, lo studio idrologico ha evidenziato che a seguito di eventi di pioggia con periodo di ritorno elevato si possono generare valori di portata, che comunque risultano contenuti grazie alle dimensioni ridotte dell'area drenata del bacino idrografico tracciato. Questi valori di portata generano un accumulo temporaneo di portata superficiale in un'area di convergenza topografica, i cui valori dei tiranti idrici sono comunque contenuti anche in condizioni eccezionali.

Per quanto riguarda invece **l'area Ovest**, l'attraversamento tra cavidotto e reticolo idrografico sarà risolta con l'utilizzo della trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.), ad una profondità di 2 m rispetto al fondo alveo, in maniera da non interferire minimamente sia con il deflussi superficiali che con gli scorrimenti in subalvea.

Ad ulteriore garanzia di sicurezza verrà realizzata un'area buffer di 1 m libera attorno alla vora, così da non compromettere la funzionalità dell'area assorbente.

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



ALLEGATI

ALL.1 Quaderno delle Sezioni Bacino SUD

ALL.2 Quaderno delle Sezioni Bacino OVEST

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

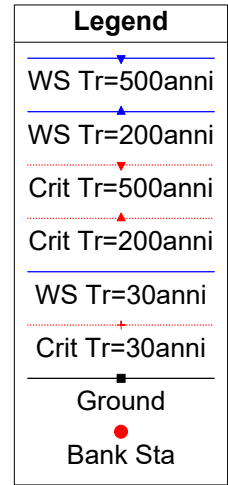
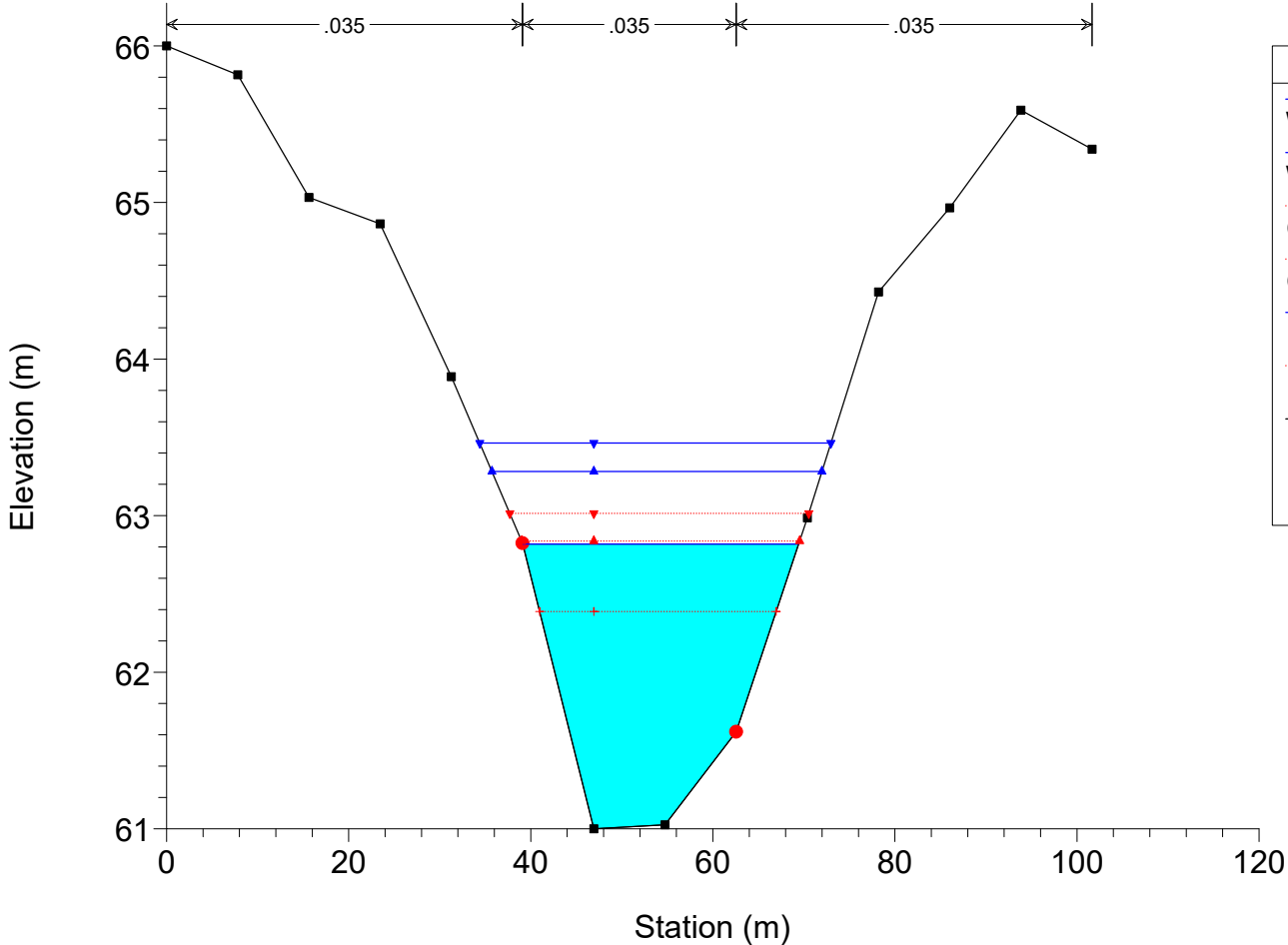
Tav B.2 Inquadramento del Bacino Endoreico su Carta Tecnica Regionale con indicazione dei deflussi

Tav B.3 Indicazione dell'area inondabile del Bacino endoreico su Ortofoto con indicazione del buffer di 1 m

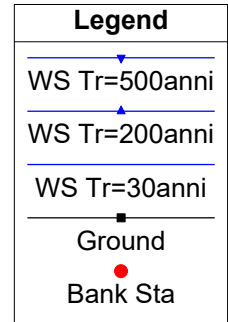
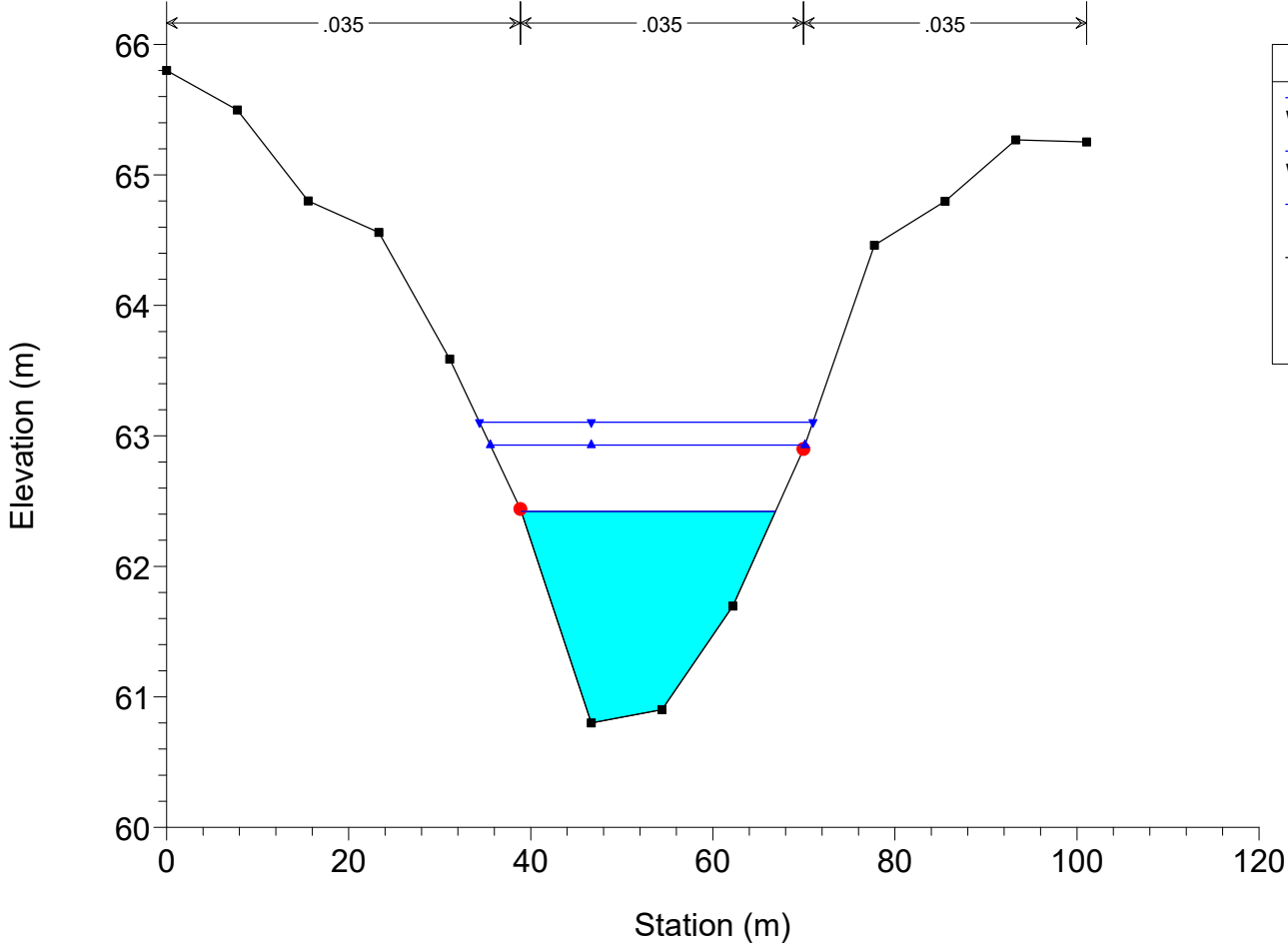
Tav B.4 Indicazione delle aree inondabili del Bacino Area Sud su Ortofoto

Tav B.5 Indicazione delle aree inondabili del Bacino Area Ovest su Ortofoto

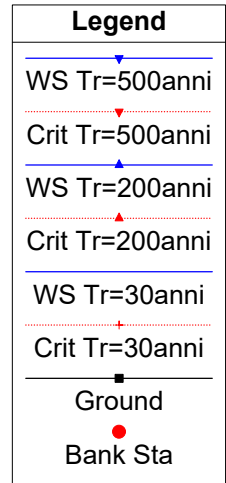
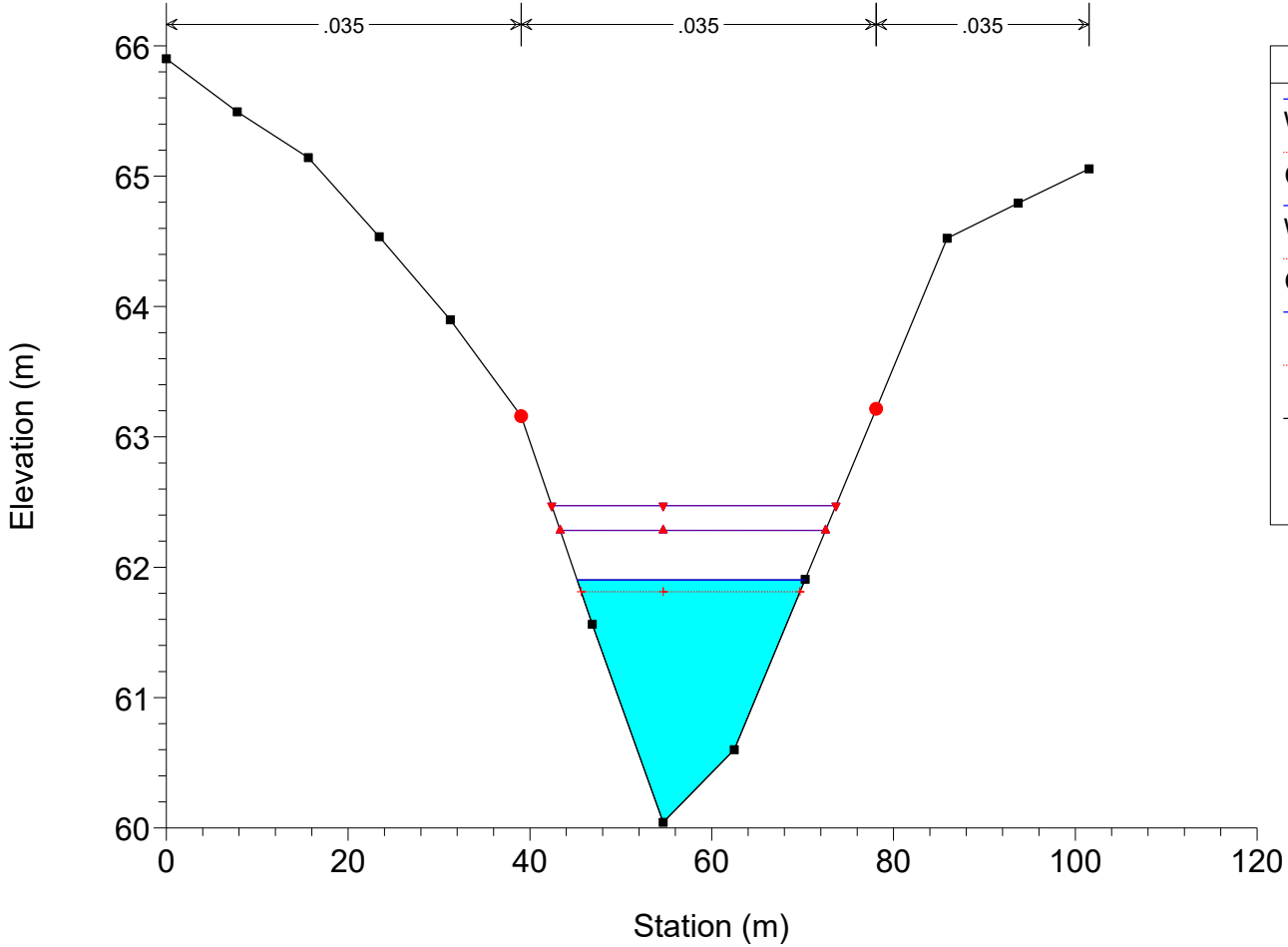
River = Can. Galina Capece Reach = Canale RS = 10



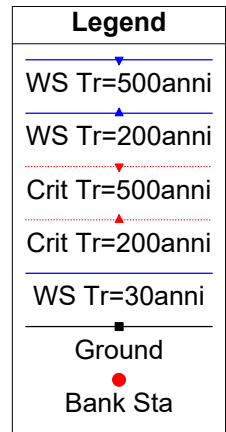
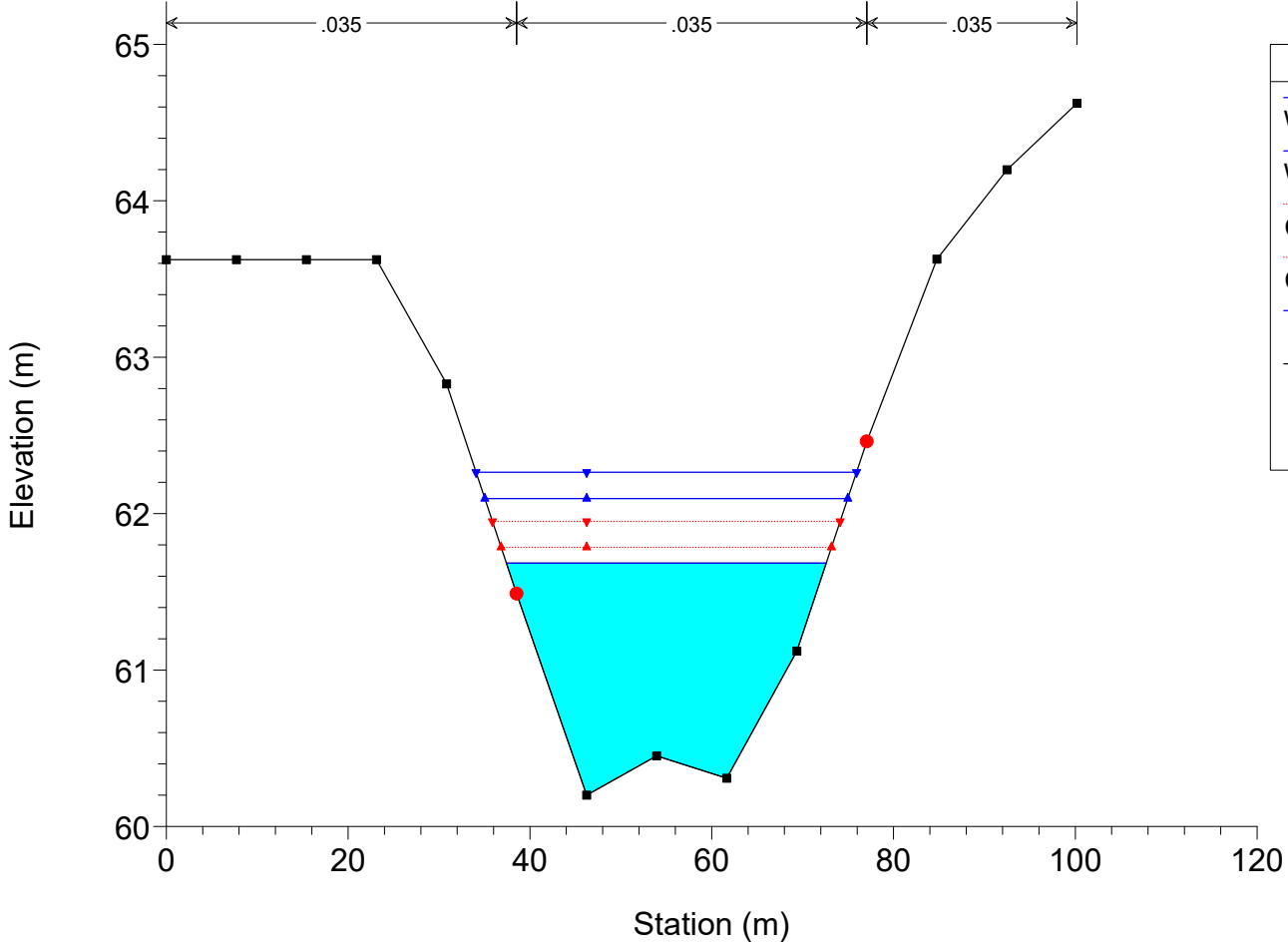
River = Can. Galina Capece Reach = Canale RS = 9



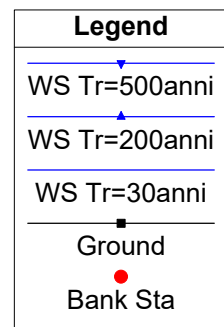
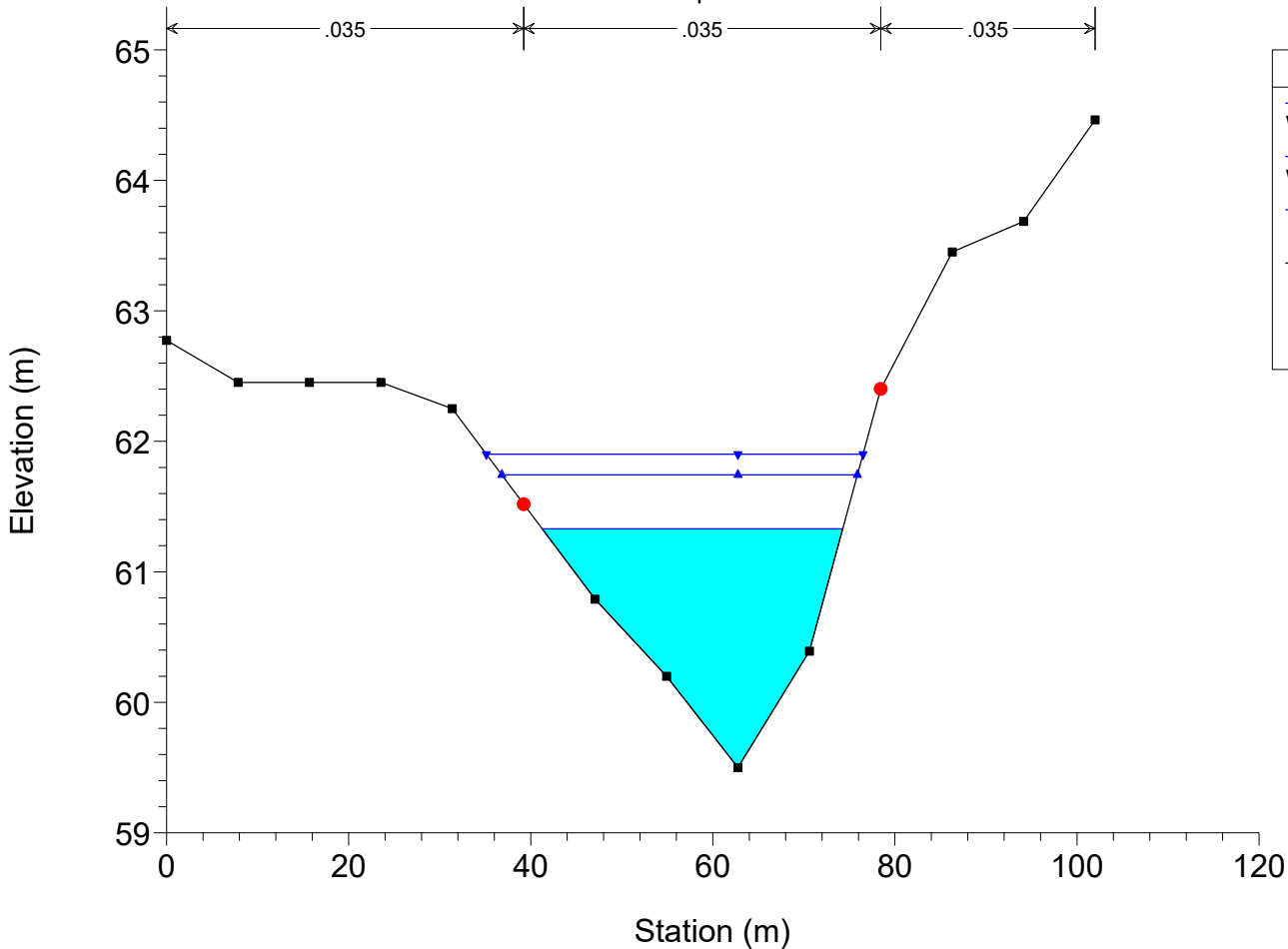
River = Can. Galina Capece Reach = Canale RS = 8



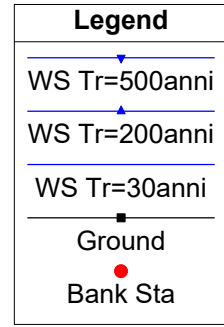
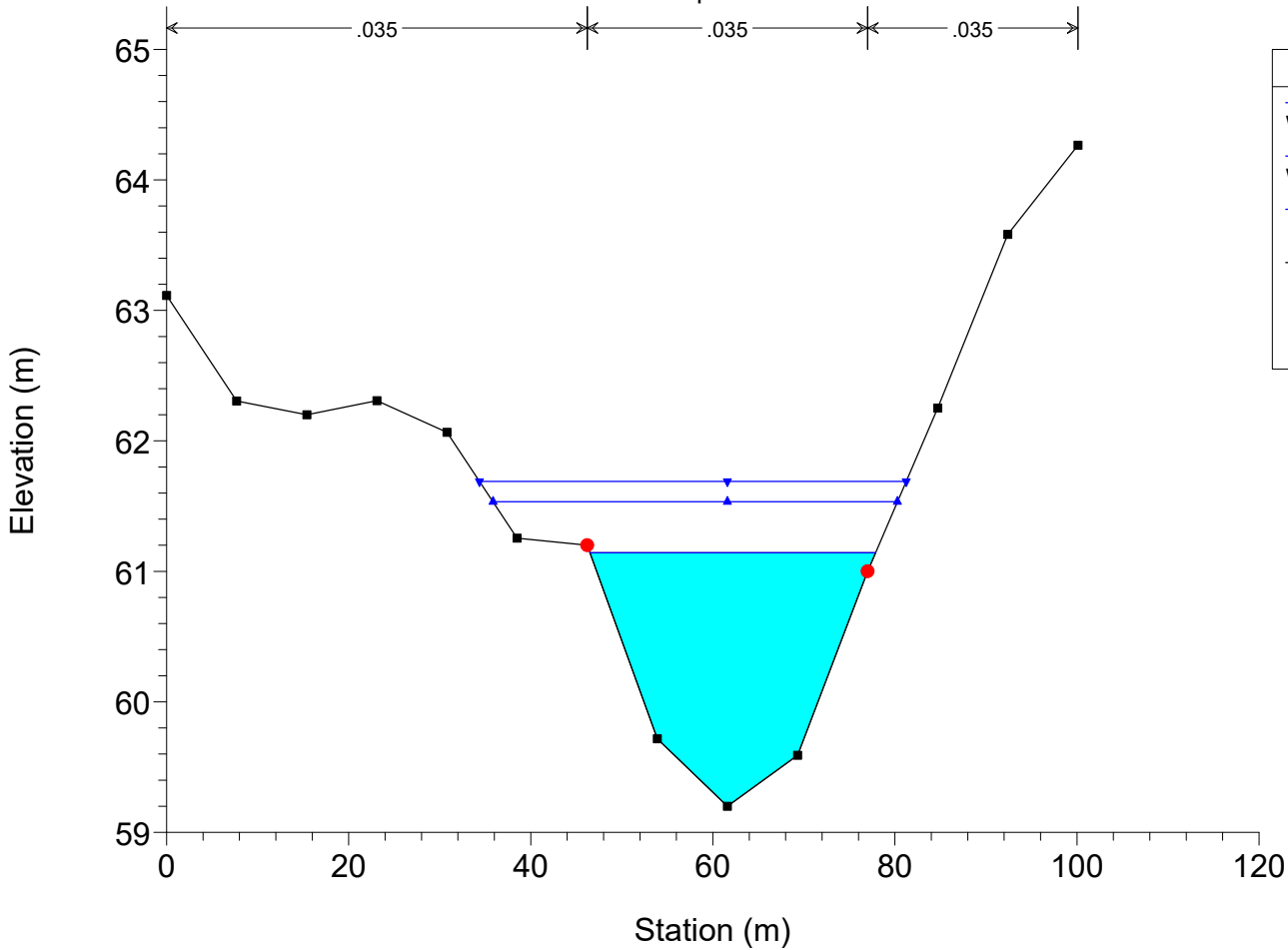
River = Can. Galina Capece Reach = Canale RS = 7

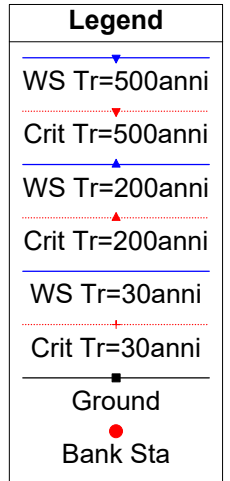
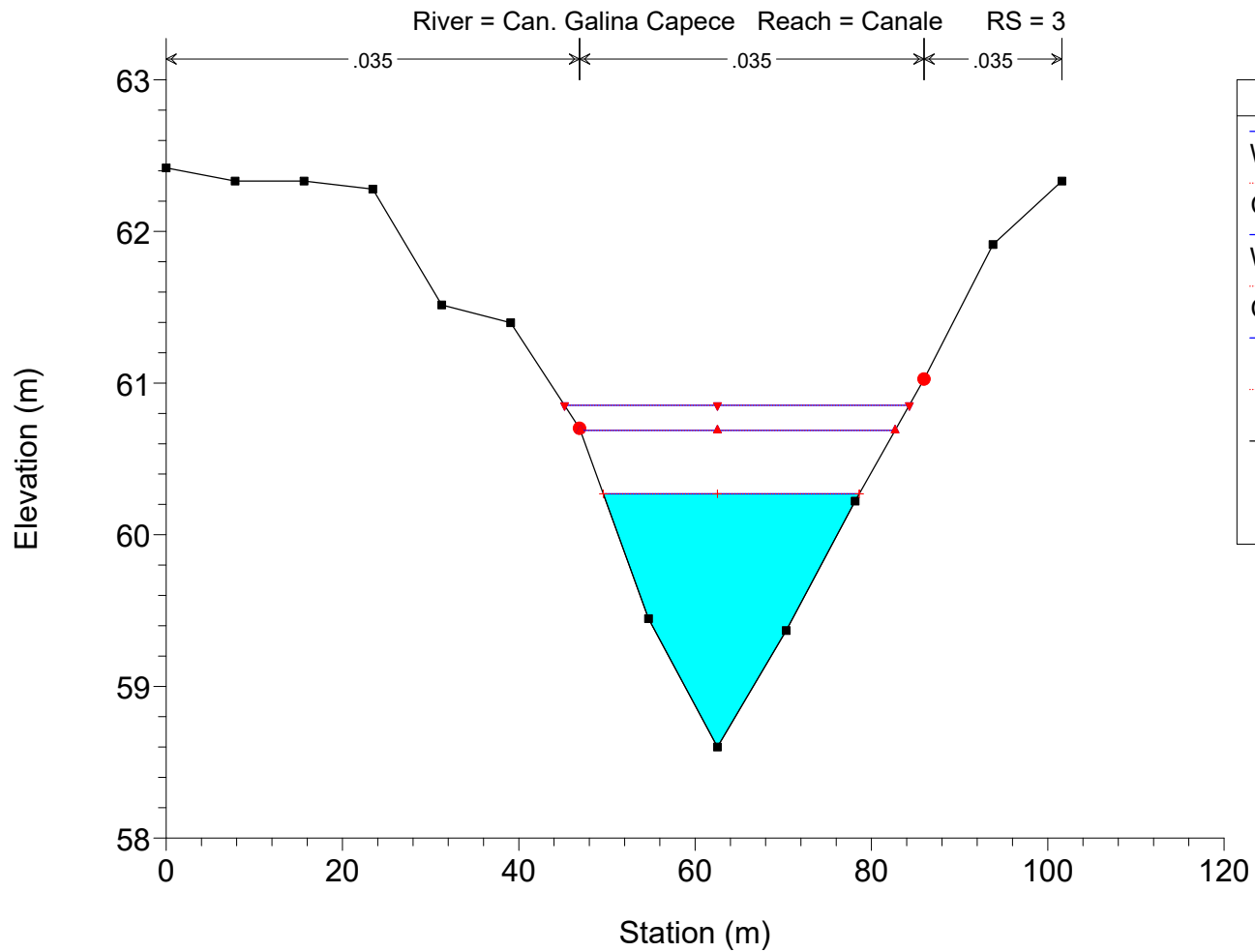
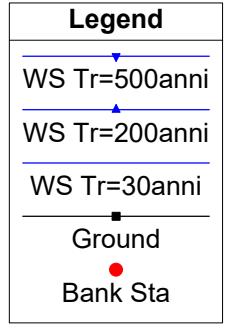
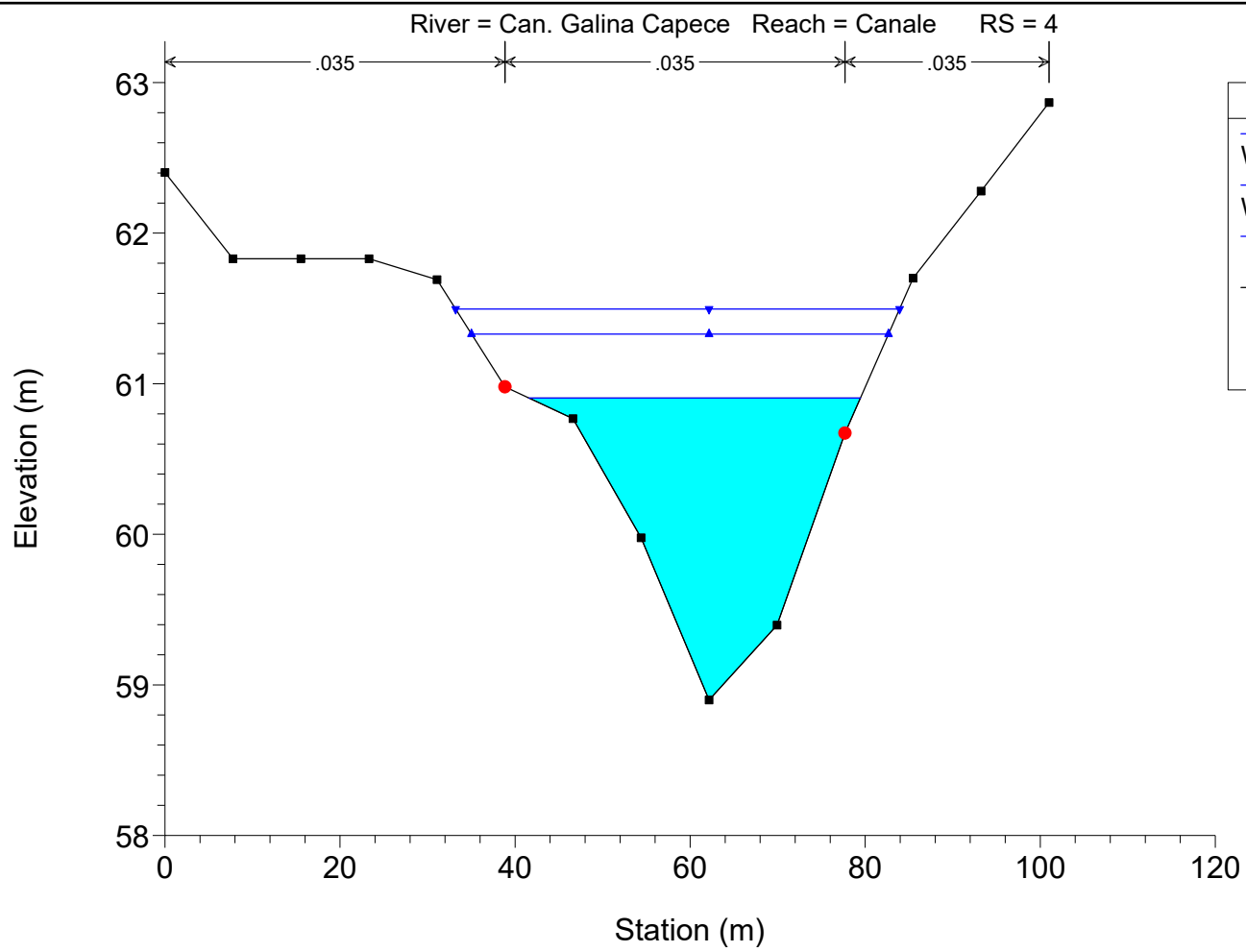


River = Can. Galina Capece Reach = Canale RS = 6

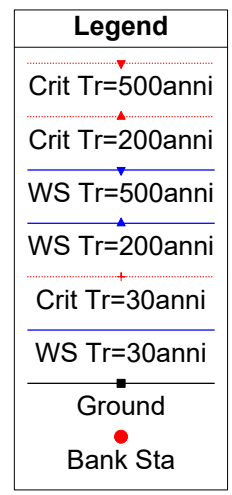
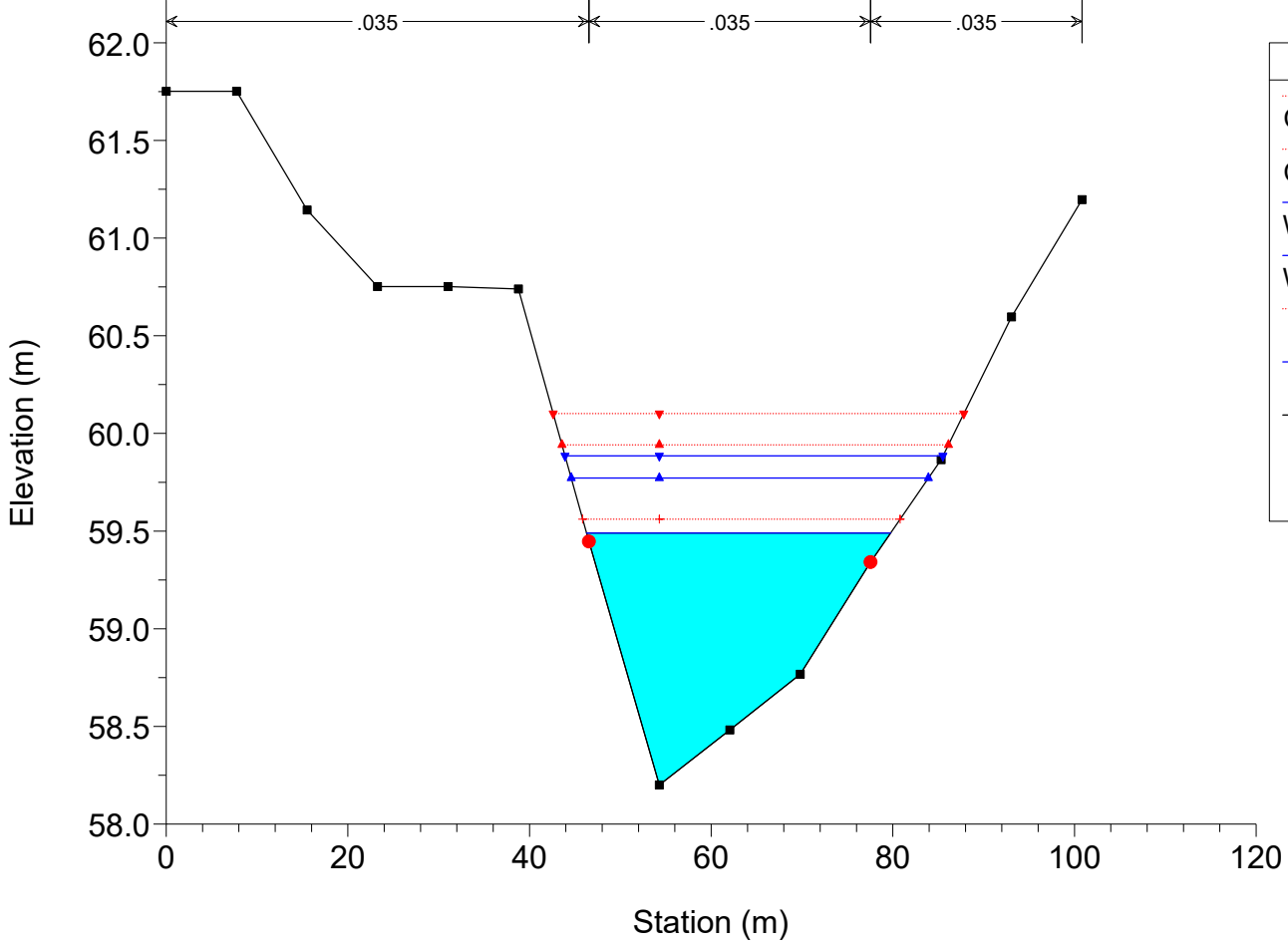


River = Can. Galina Capece Reach = Canale RS = 5

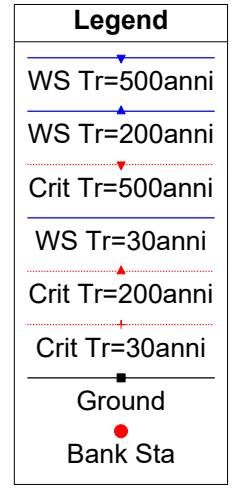
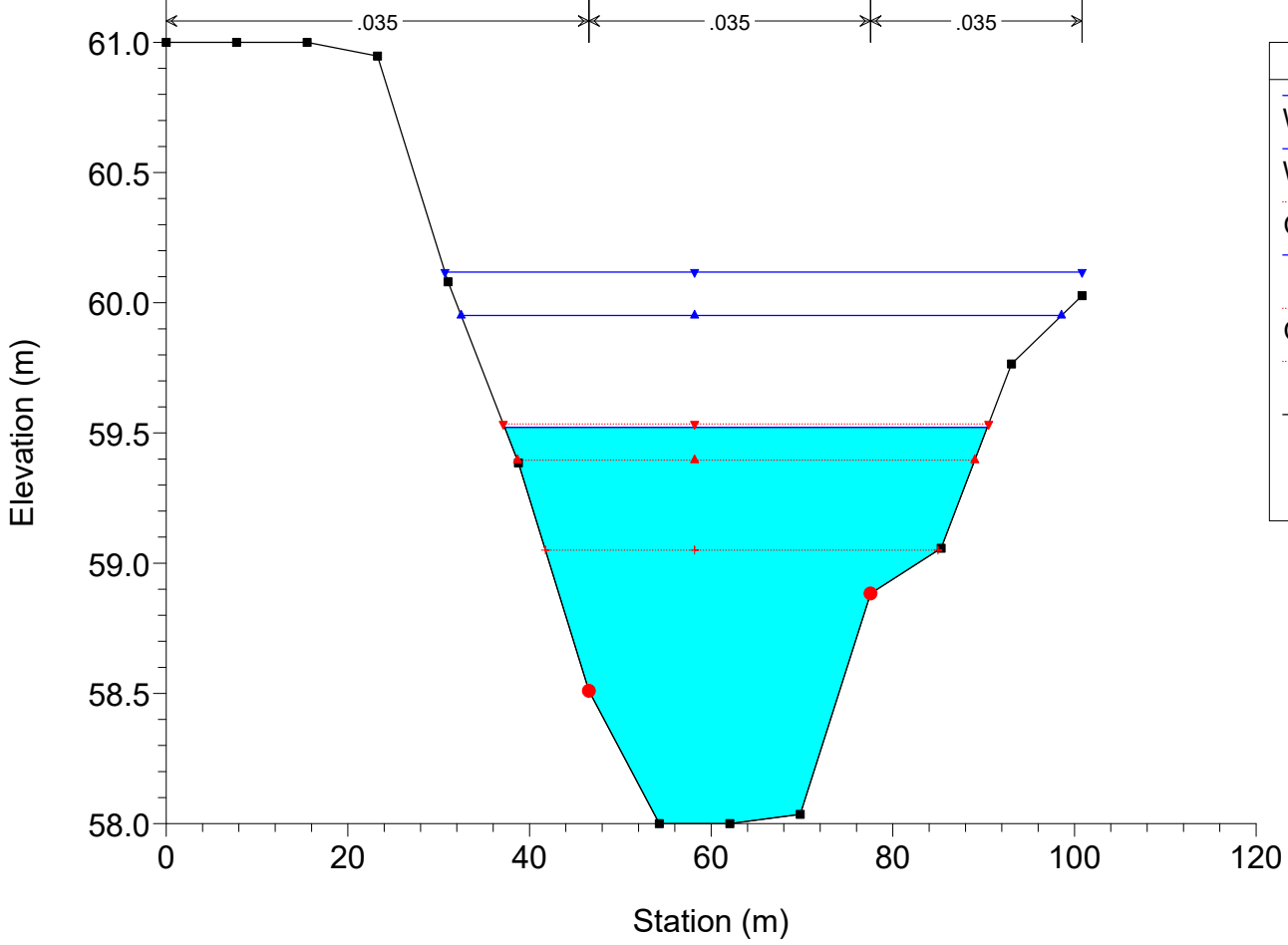


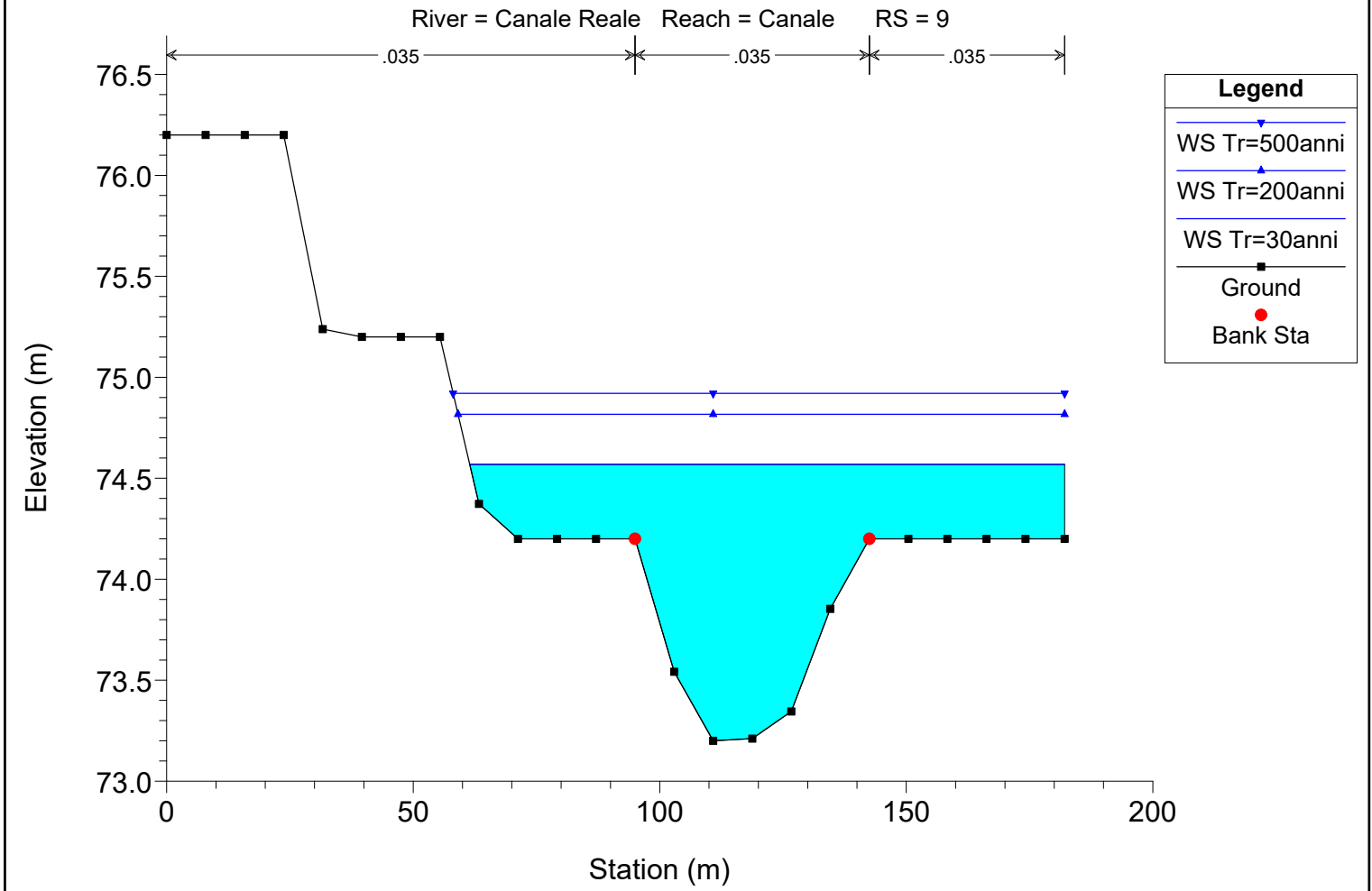
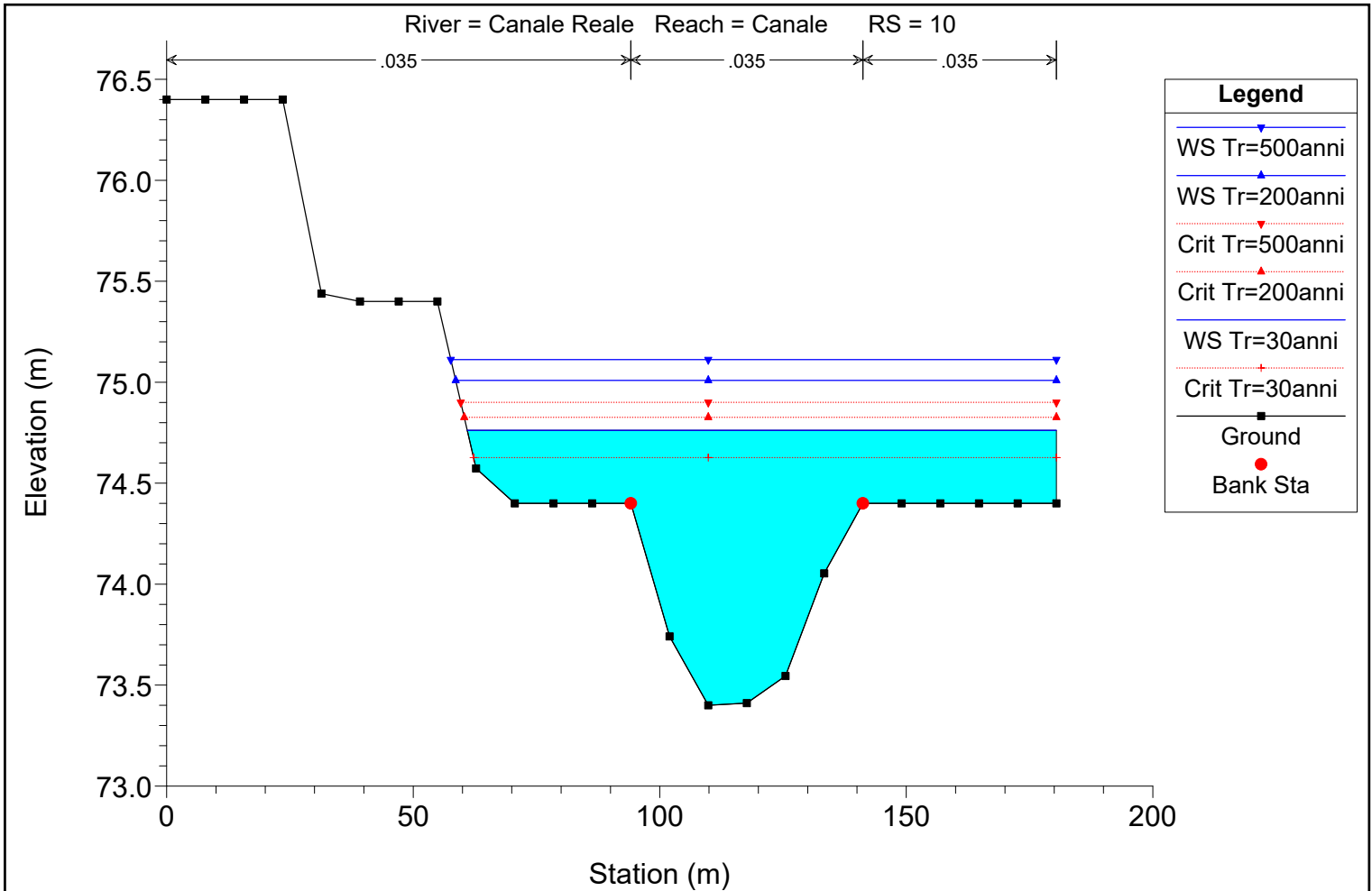


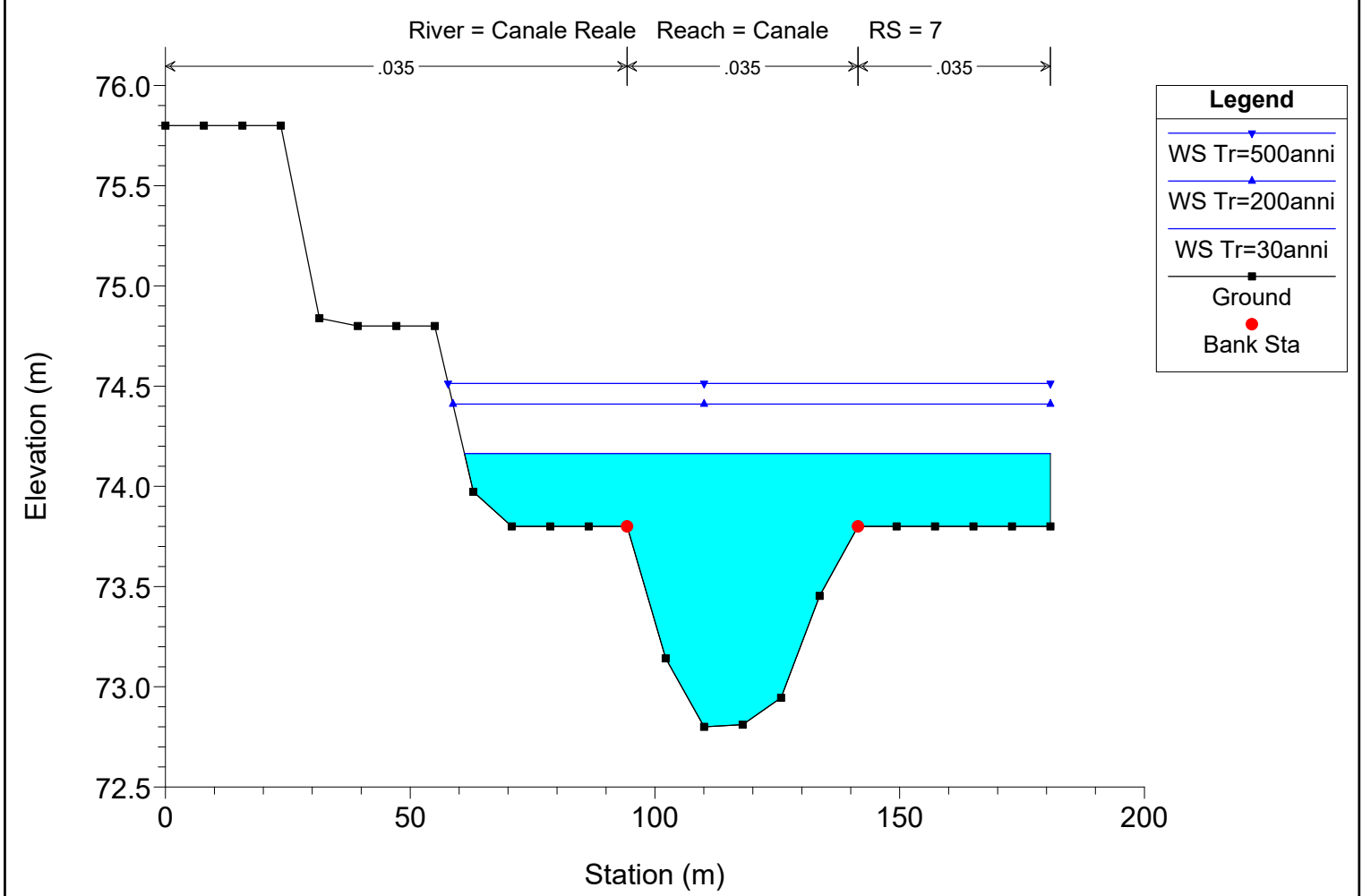
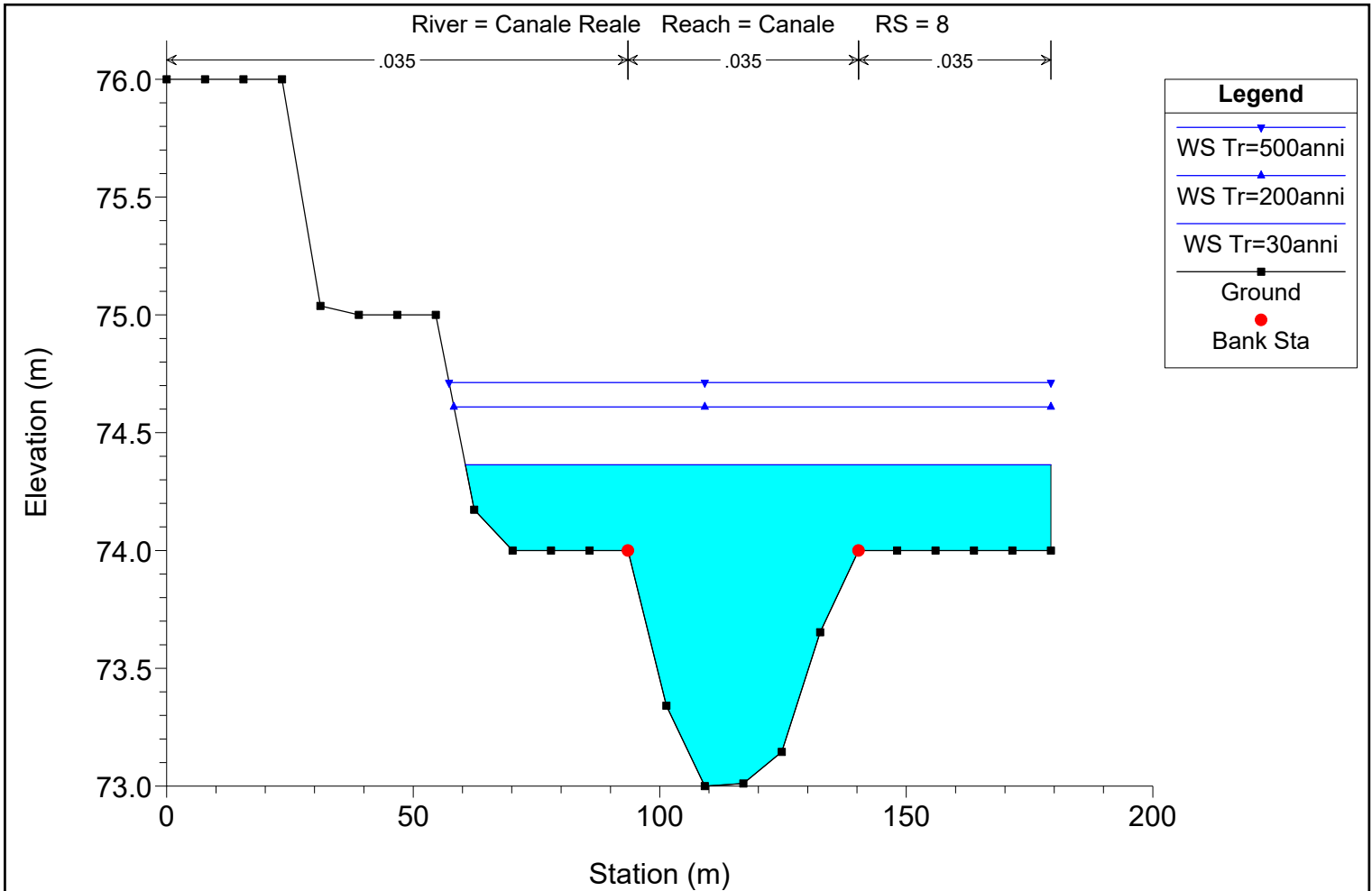
River = Can. Galina Capece Reach = Canale RS = 2

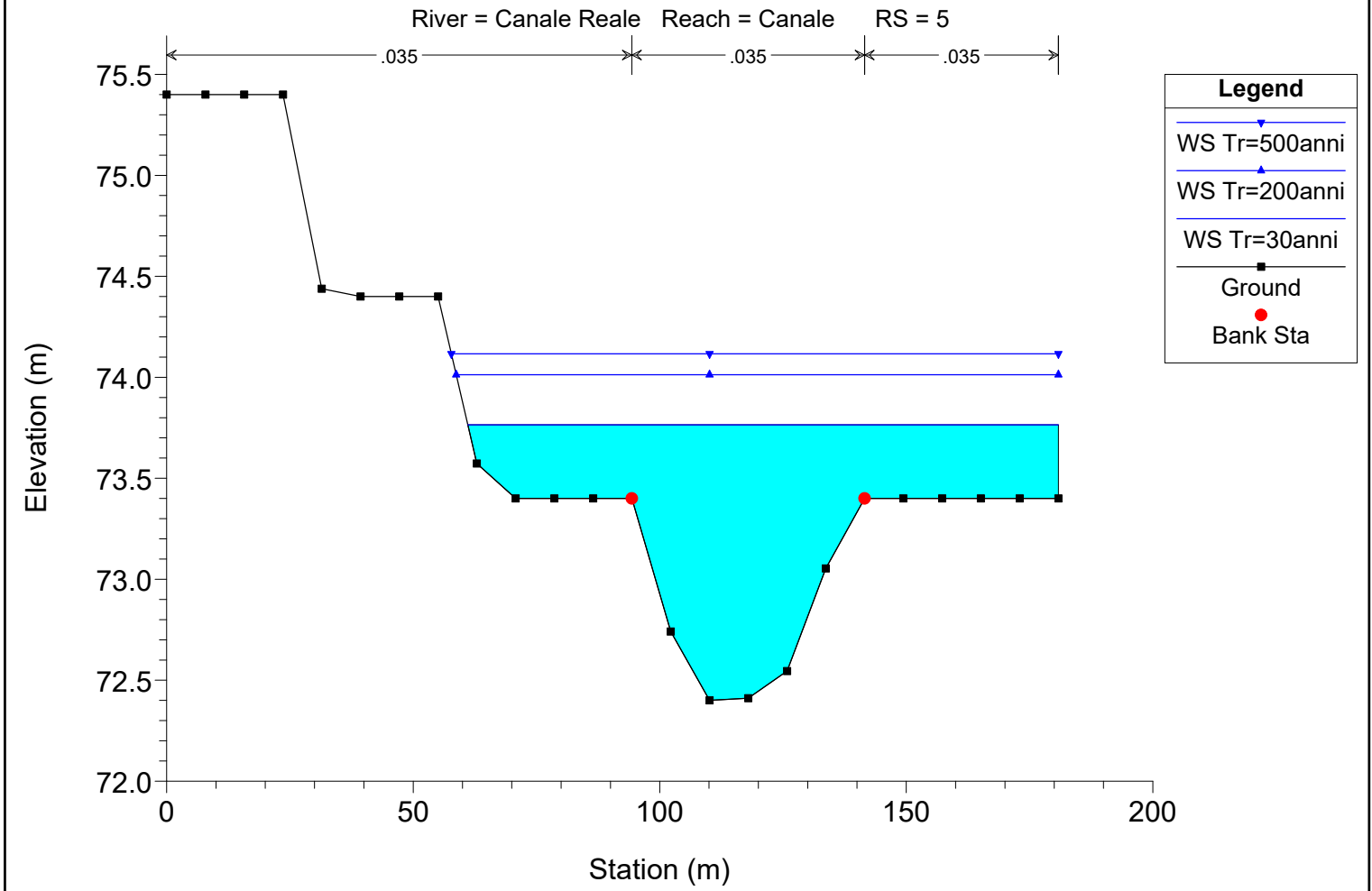
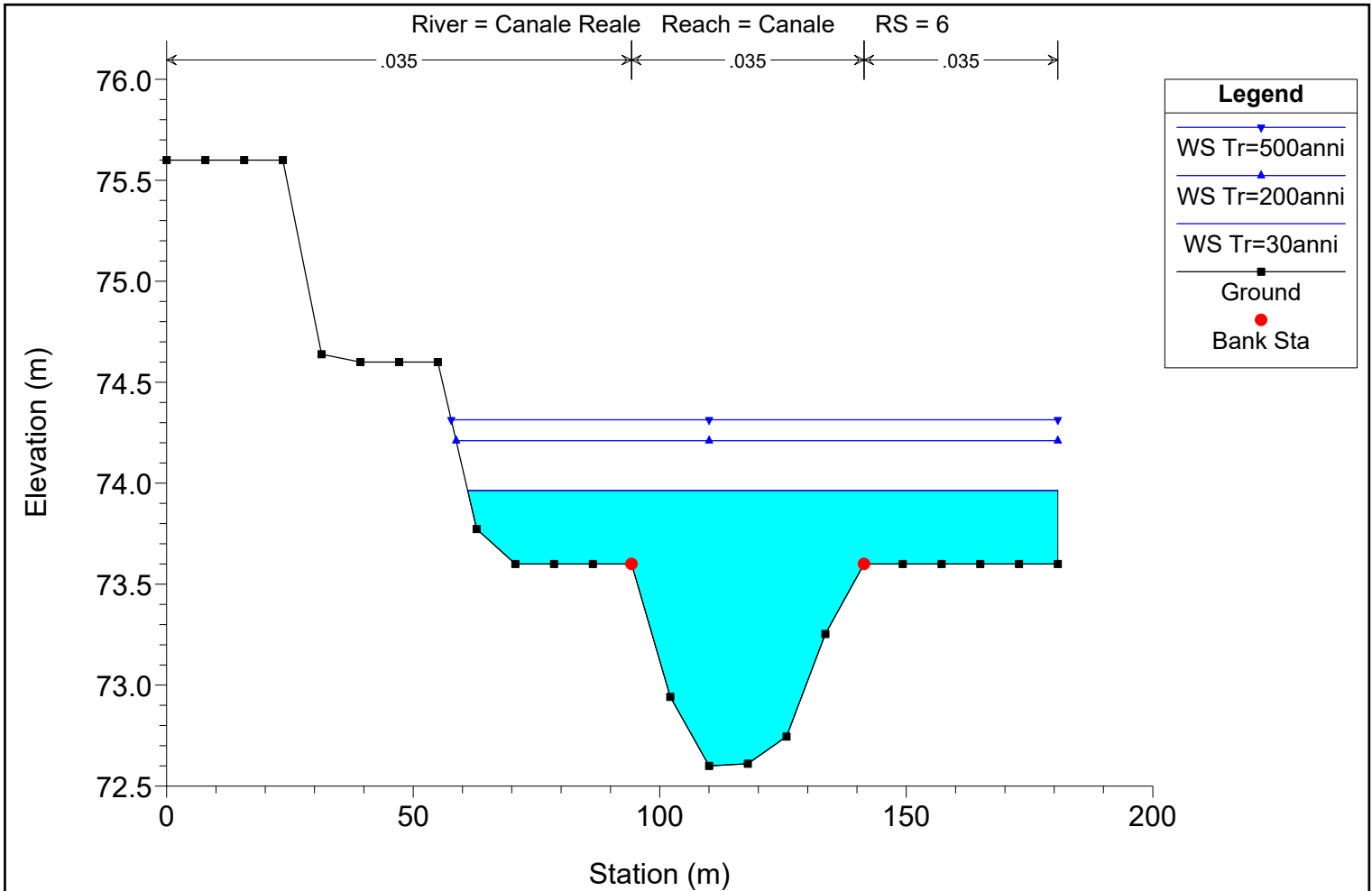


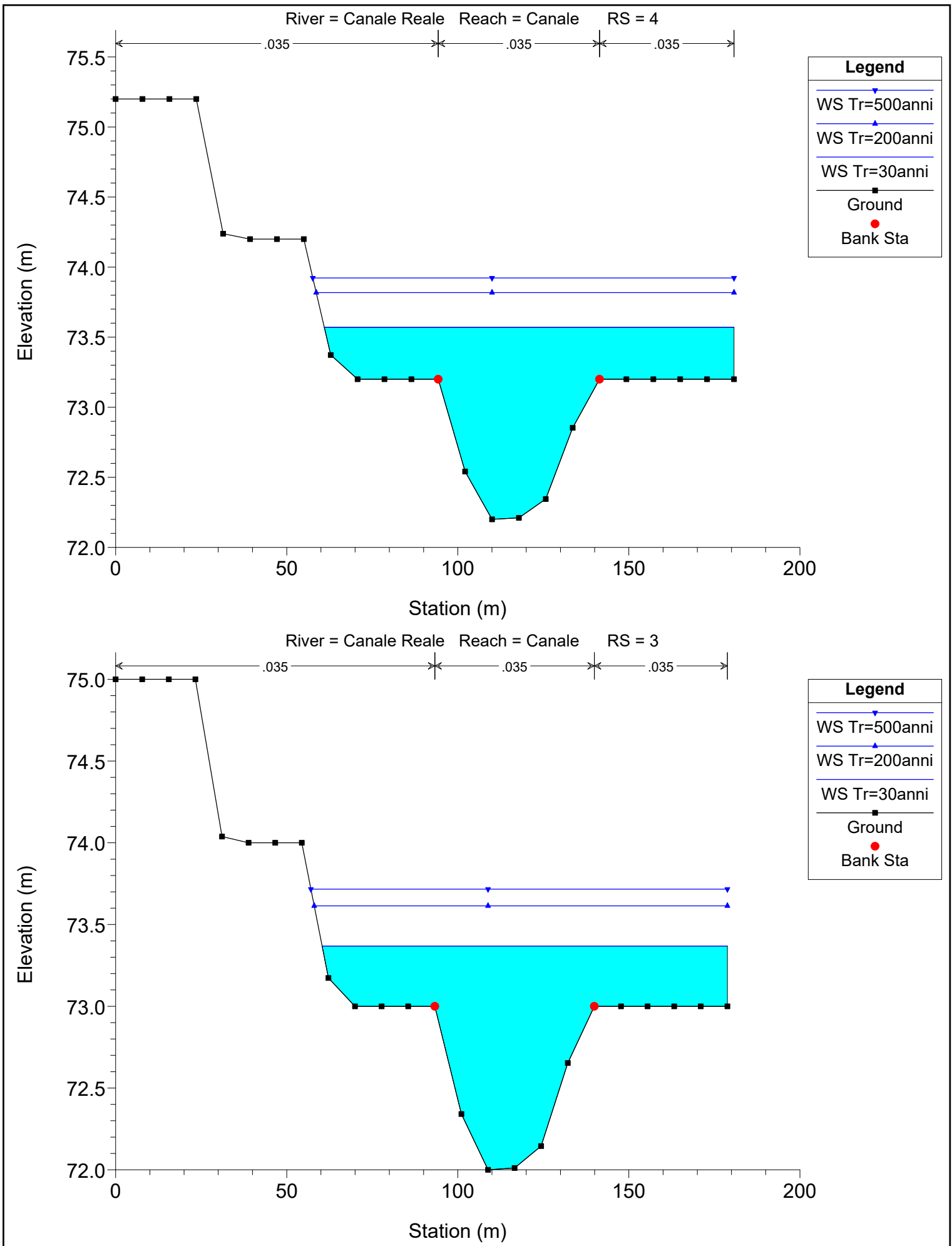
River = Can. Galina Capece Reach = Canale RS = 1

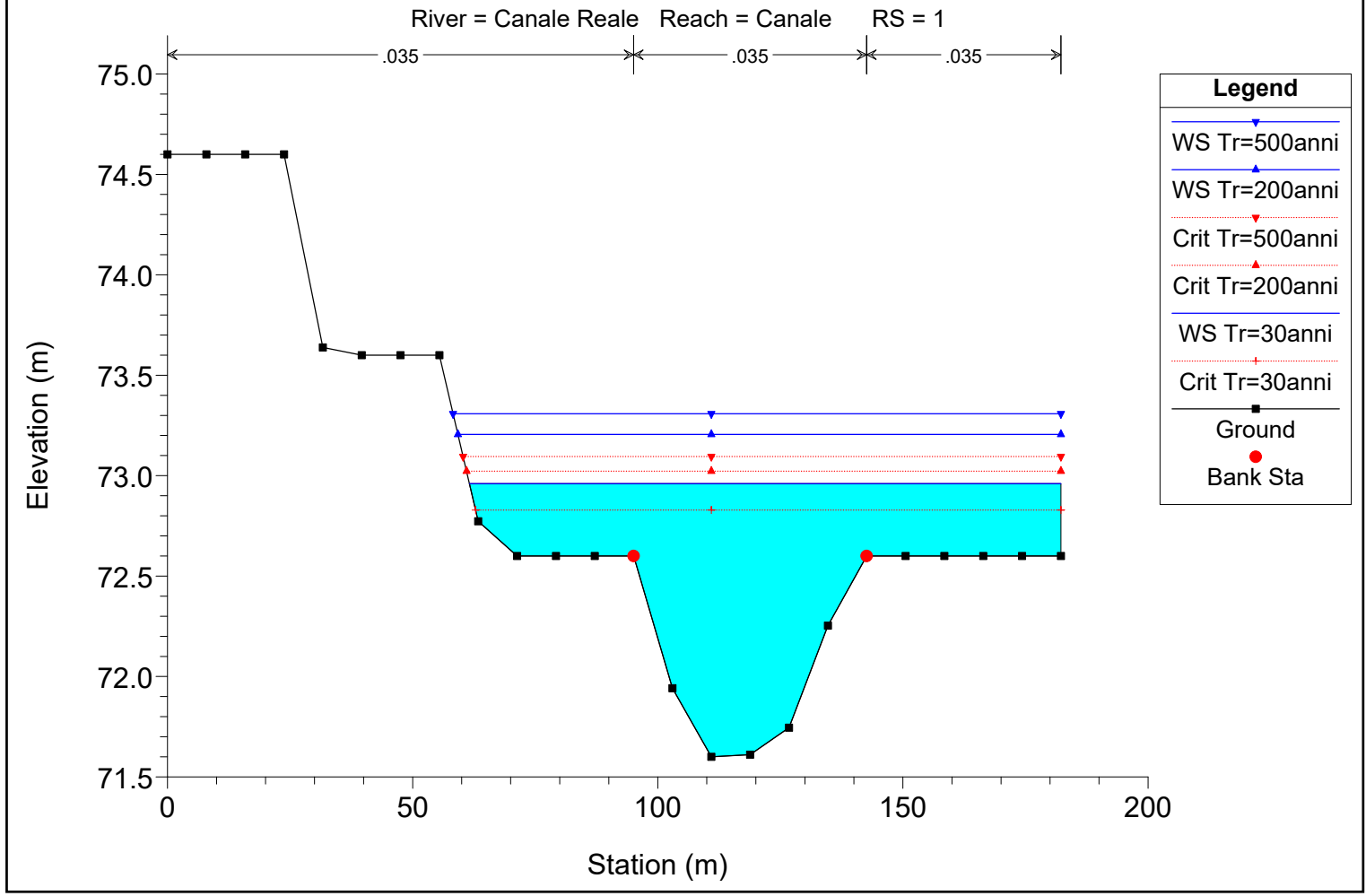
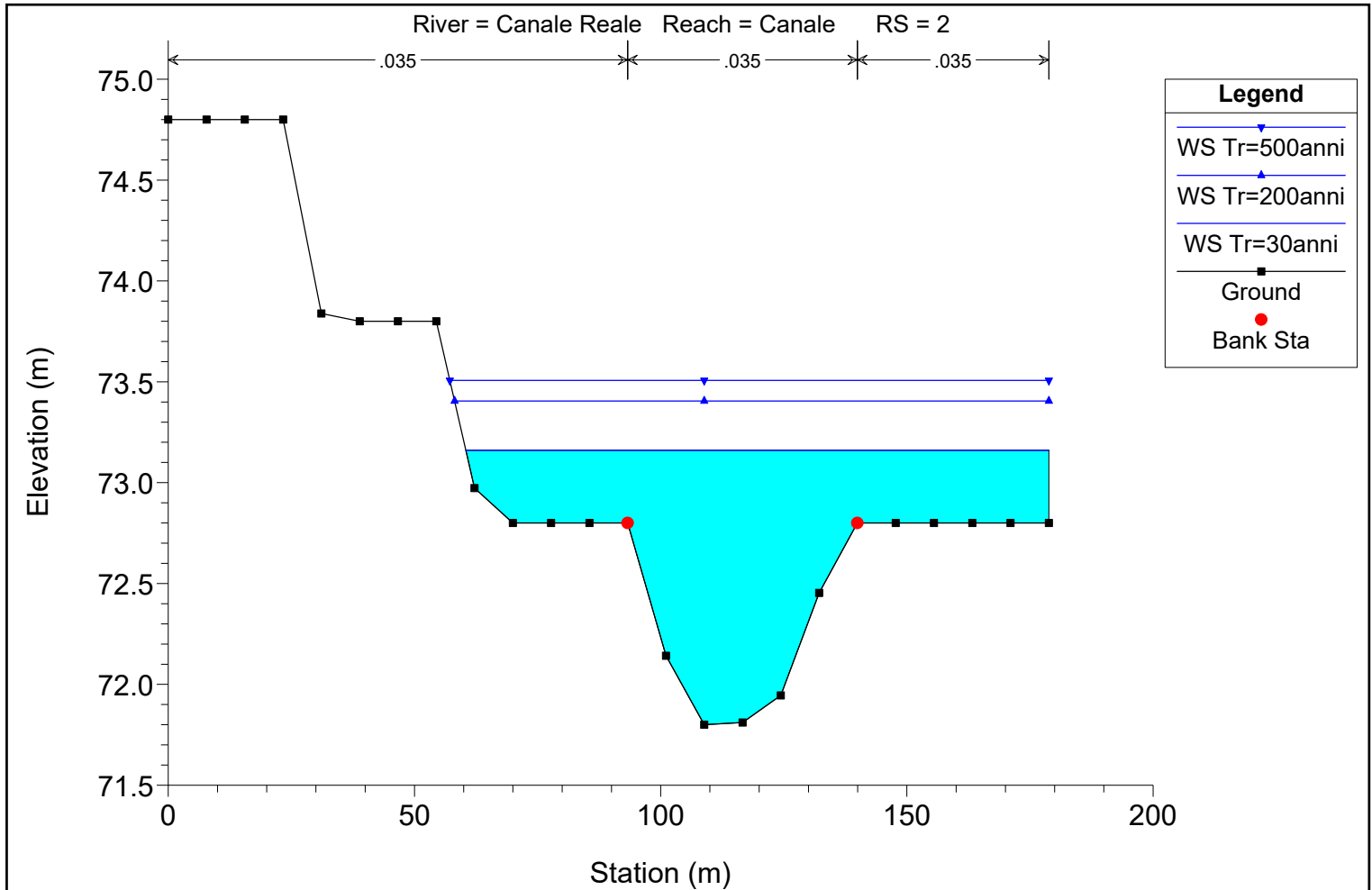




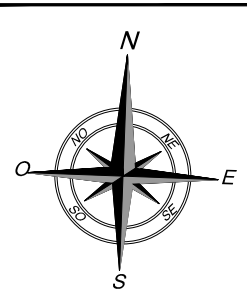










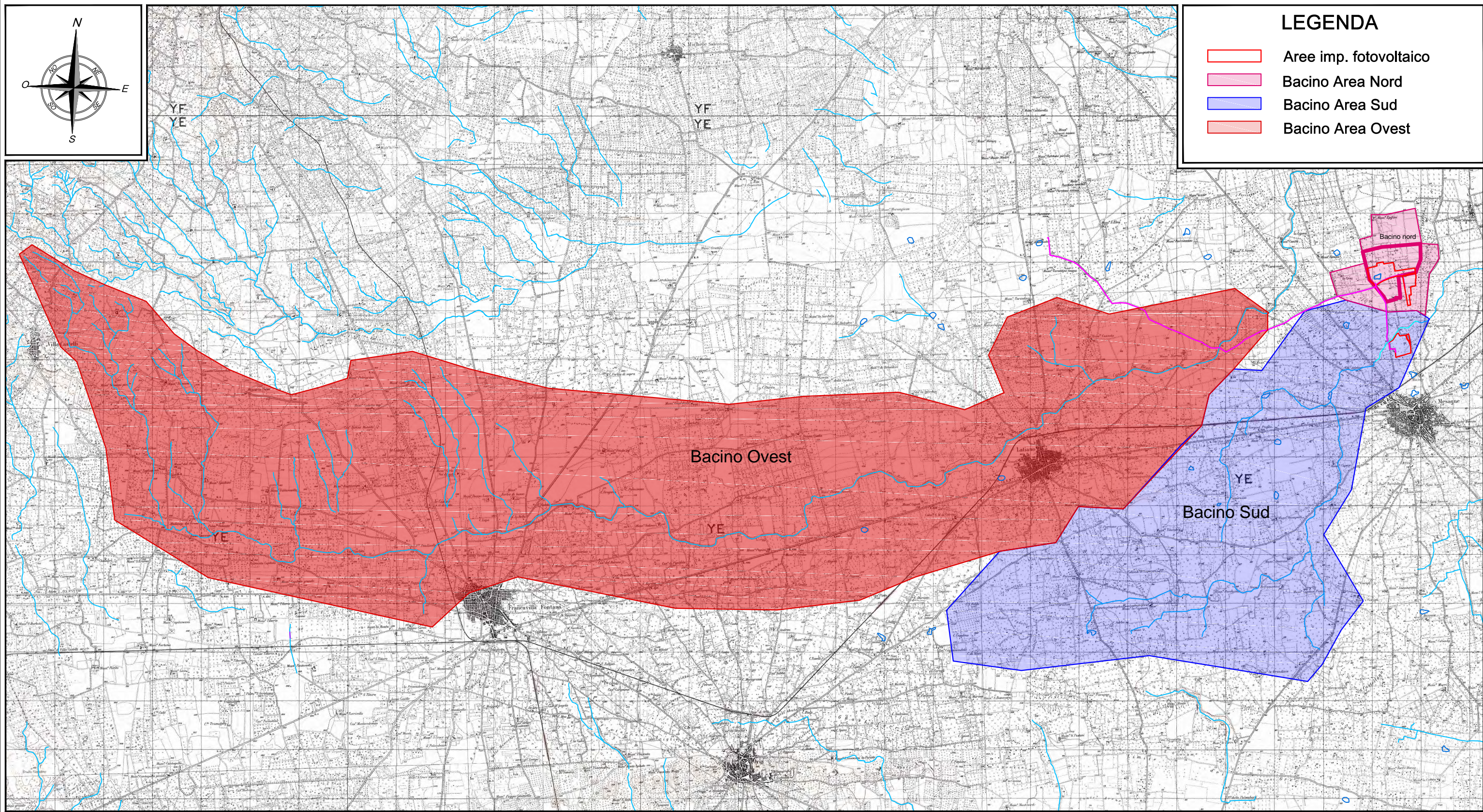


STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA RELATIVO ALLA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO
NEL COMUNE DI MESAGNE (BR) - Località Fruttidoro



LEGENDA

-  Aree imp. fotovoltaico
-  Bacino Area Nord
-  Bacino Area Sud
-  Bacino Area Ovest



Committente:



Progettista:



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

Titolo Allegato:

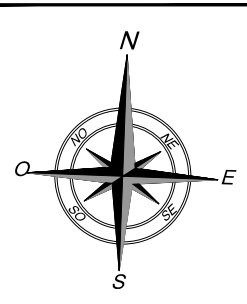
**INDIVIDUAZIONE BACINI
IDROGRAFICI SU I.G.M.**

Data: **GIUGNO 2020**




Scala: **1:75.000**

Elaborato: **B.1**

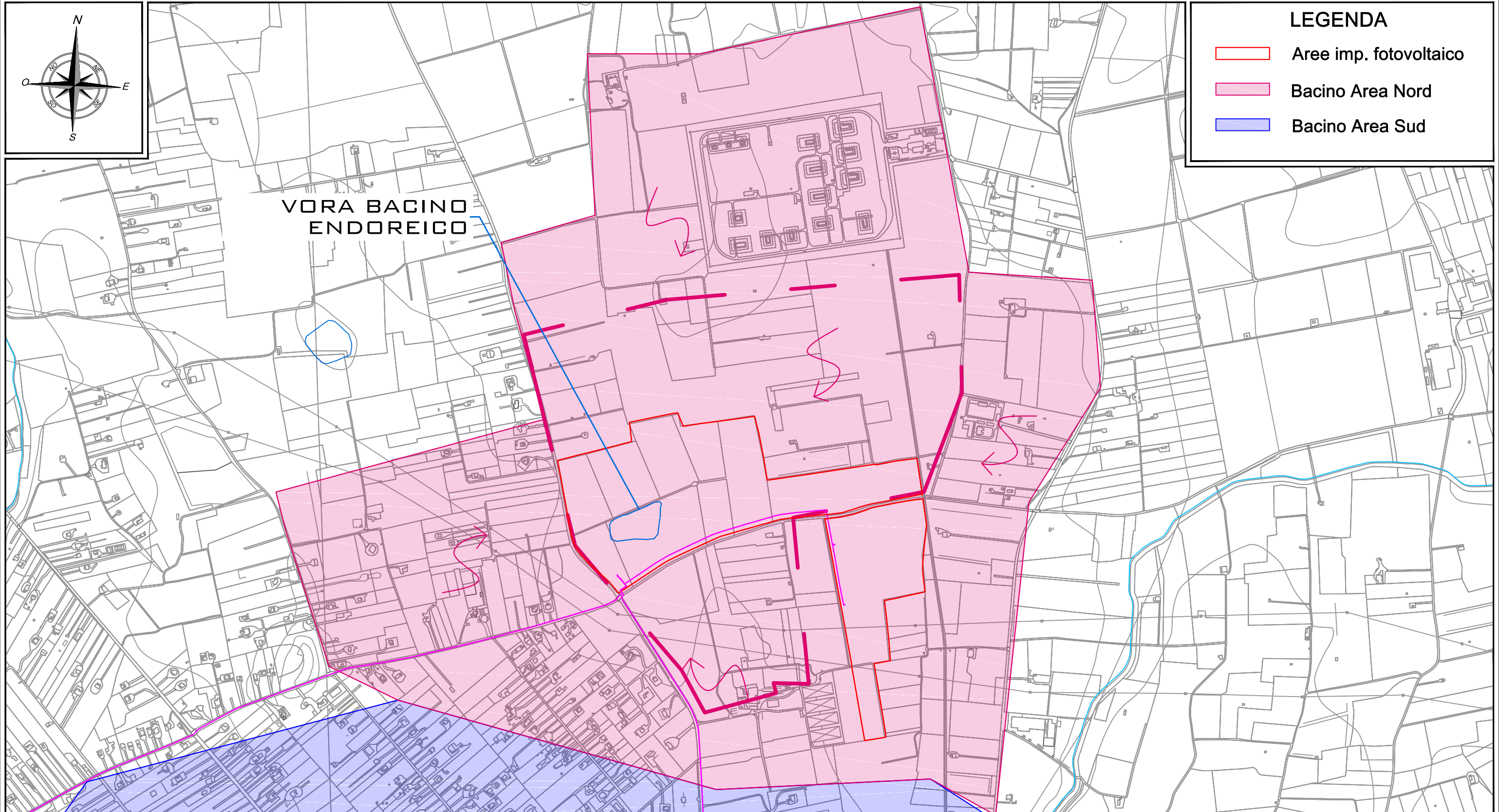
STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA RELATIVO ALLA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO
NEL COMUNE DI MESAGNE (BR) - Località Fruttidoro



LEGENDA

-  Aree imp. fotovoltaico
-  Bacino Area Nord
-  Bacino Area Sud

VORA BACINO
ENDOREICO



Committente:



Progettista:



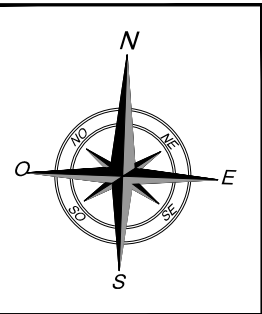
Via della Resistenza, 48 - 70125 Bari tel. 080 3219948 fax. 080 2020986

Titolo Allegato:





**INDIVIDUAZIONE BACINO
ENDOREICO SU C.T.R.**

Data:	GIUGNO 2020
Scala:	1:10.000
Elaborato:	B.2

STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA RELATIVO ALLA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO
NEL COMUNE DI MESAGNE (BR) - Località Fruttidoro



LEGENDA

-  Aree imp. fotovoltaico
-  Vora Bacino Endoreico
-  Buffer di 1 m
-  Cavidotto

VORA BACINO
ENDOREICO



Committente:



Progettista:



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

Titolo Allegato:

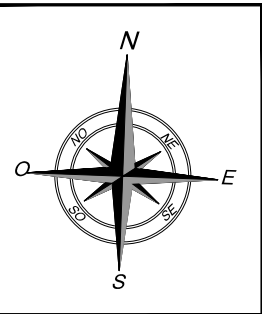
**INDIVIDUAZIONE BUFFER DI 1 METRO
DEL BACINO ENDOREICO**

Data: **GIUGNO 2020**




Scala: **1:5.000**

Elaborato: **B.3**

STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA RELATIVO ALLA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO
NEL COMUNE DI MESAGNE (BR) - Località Fruttidoro



LEGENDA

-  Aree imp. fotovoltaico
-  Aree Inondabili
-  Cavidotto



Committente:



Progettista:



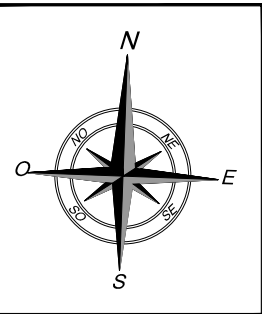
Via della Resistenza, 48 - 70125 Bari tel. 080 3219948 fax. 080 2020986

Titolo Allegato:



**INDIVIDUAZIONE DELLE AREE
INONDABILI SU ORTOFOTO**

Data:	GIUGNO 2020
Scala:	1:2.000
Elaborato:	B.4

STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA RELATIVO ALLA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO
NEL COMUNE DI MESAGNE (BR) - Località Fruttidoro



LEGENDA

-  Aree Inondabili
-  Cavidotto



Committente:



Progettista:



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

Titolo Allegato:
**INDIVIDUAZIONE DELLE AREE
INONDABILI DEL BACINO AREA OVEST
SU ORTOFOTO**

Data:	GIUGNO 2020
Scala:	1:2.500
Elaborato:	B.5