



COMUNE DI LATIANO



PV TOSSANO
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO
AGRIVOLTAICO AVENTE POTENZA PARI A 21,09 MWp
CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA
SITO NEL COMUNE DI LATIANO (BR)

Studio di compatibilità idraulica e idrologica

ELABORATO

PR06

PROPONENTE:

**UKA Solar Latiano S.r.l.***Società a responsabilità limitata con socio unico*

Sede legale: Via Ombrone, n. 14

00198 Roma (RM)

C.F., P.I -CZ: 16690651001

CONSULENZA:

Dott.ssa Paola D'ANGELA

Dott.ssa Agr. For. Marina D'ESTE

Dott. Geol. Michele VALERIO

PROGETTISTI:



SOCIETÀ DI INGEGNERIA

Via Caduti di Nassiriya 55

70124 Bari (BA)

e-mail: atechsrl@libero.it

pec: atechsrl@legalmajl.it

DIRETTORE TECNICO

Dott. Ing. Orazio TRICARICO

Ordine ingegneri di Bari n. 4985



Dott. Ing. Alessandro ANTEZZA

Ordine ingegneri di Bari n. 10743



EM./REV.	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DESCRIZIONE
0	AGOSTO 2022	C.C.- V.D.P.	A.A.	O.T.	Progetto definitivo

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.....	8
4.1	Inquadramento geologico.....	11
4.2	Uso del suolo.....	12
5.	ANALISI REGIONALE DELLE PIOGGE IN PUGLIA.....	13
5.1	Curve di possibilità climatica.....	17
6.	ANALISI IDRAULICA.....	21
6.1	Valutazione portate di piena	21
7.	STIMA DEL VOLUME EFFETTIVO E DELLA QUOTA DI SFIORO DEL BACINO ENDOREICO	27
8.	MODELLAZIONE IDRAULICA DEL BACINO IDROGRAFICO AREA SUD.....	29
9.	CONCLUSIONI.....	34
	ALLEGATI.....	35



1. PREMESSA

La presente **Relazione di Compatibilità Idrologica ed Idraulica** è stata redatta nell'ambito del progetto per la **realizzazione di un impianto di generazione energetica alimentato da Fonti Rinnovabili e nello specifico da fonte solare.**

La società proponente è la **UKA Solar Latiano srl**, con sede in Roma in Via Ombrone, n. 14, C.F., P.I - CZ: 16690651001.

Il progetto prevede la realizzazione di un **impianto agrovoltaiico avente potenza pari a 21,09464 MW, con relativo collegamento alla rete elettrica, da ubicarsi nel territorio di Latiano (BR).**

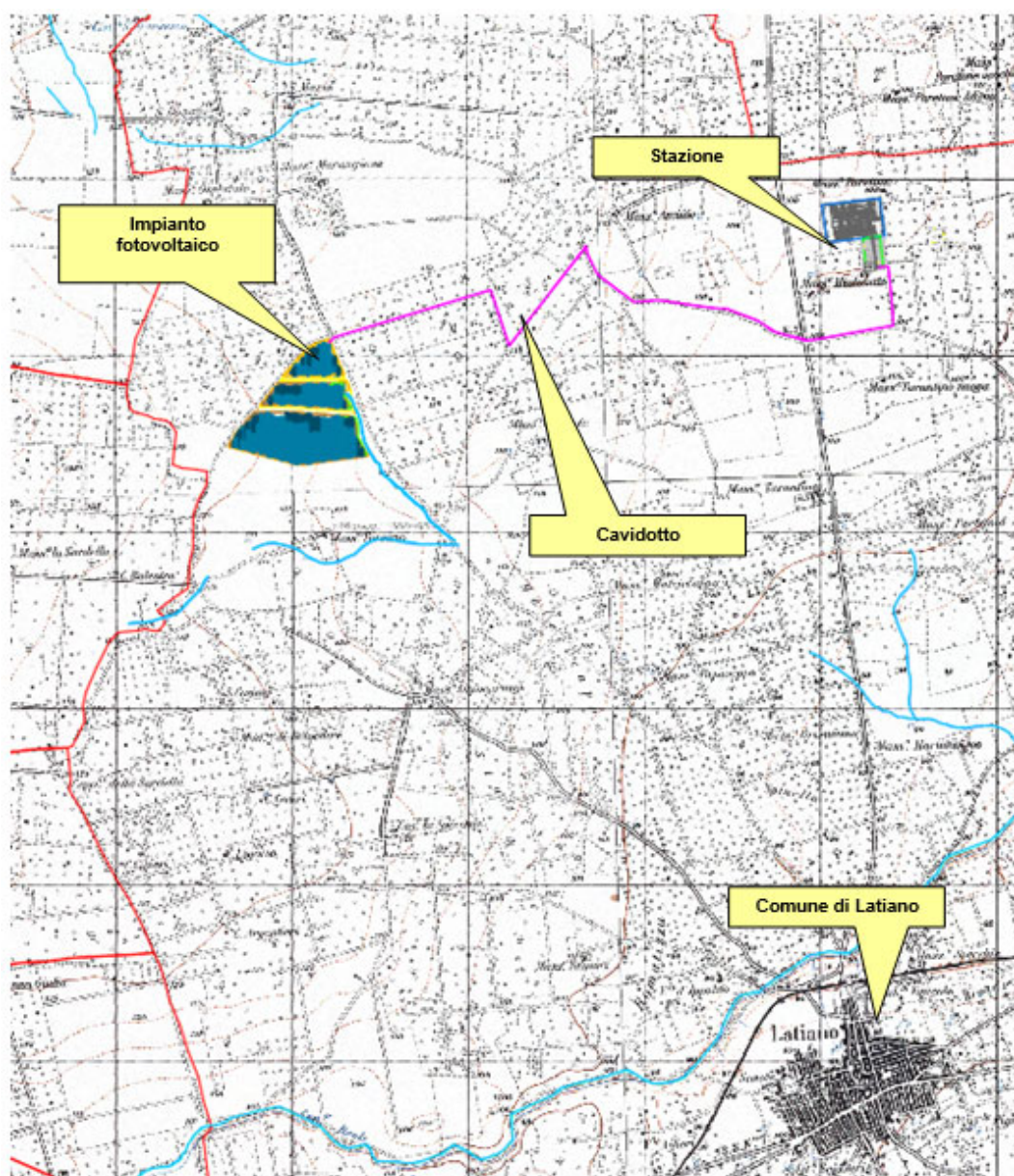


Figura 1 - Stralcio Corografia su IGM 1:25.000

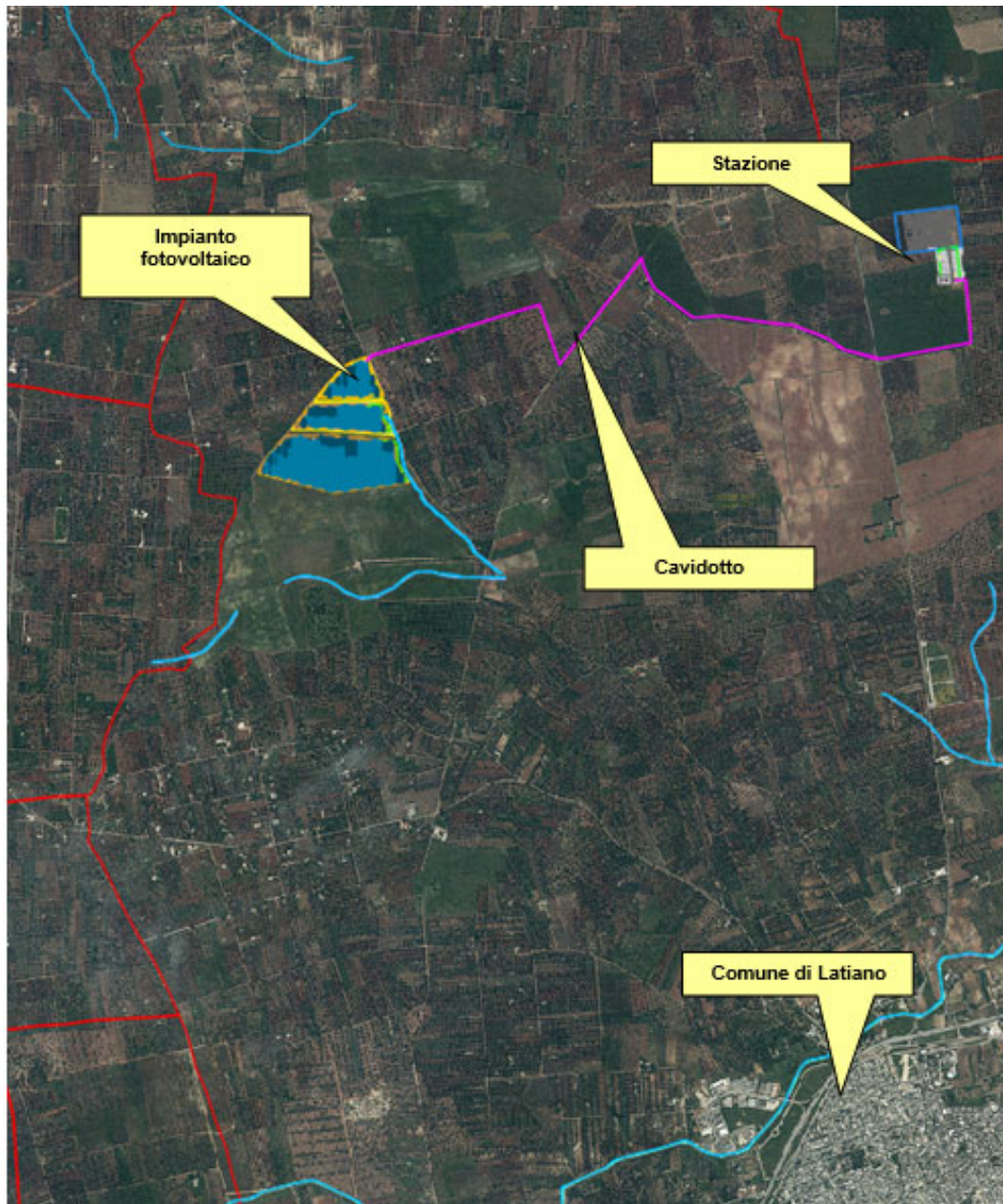


Figura 2 - Stralcio cartografia su orto foto

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il sito interessato alla realizzazione dell'impianto si sviluppa nel territorio del Comune di Latiano (BR), a nord-ovest dell'abitato, ed è raggiungibile attraverso la strada provinciale SP47 da ovest, dalla SP46 da est entrambe collegate alla SS7 a sud.

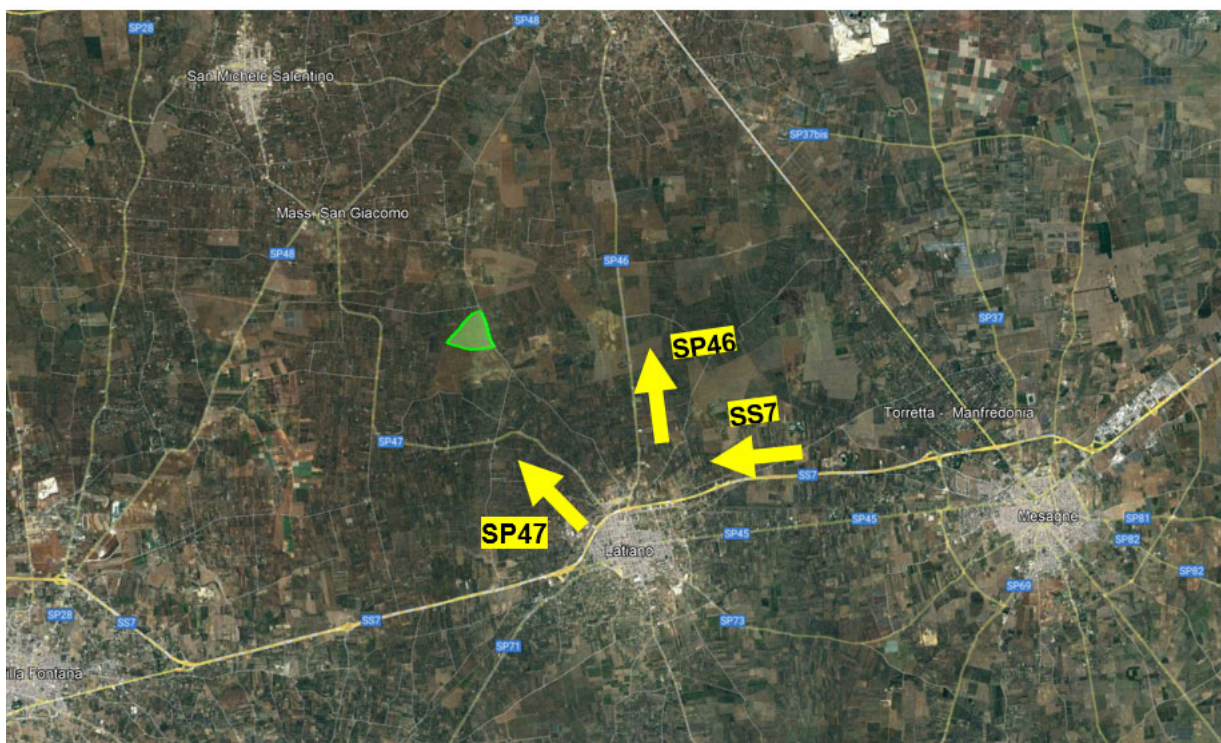


Figura 3: Inquadramento territoriale su Ortofoto [Fonte:Google Earth]

La superficie lorda dell'area di intervento è di circa 36 ha, si trova ad un'altitudine media di m 110 s.l.m. e con le coordinate geografiche (sistema WGS 84 UTM 33T):

40°35'15.12" Nord

17°40'58.37" Est

l'area di impianto ricade nel Catasto Terreni al foglio 12 e particelle 519-521-523.



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

Poiché l'area di intervento ricade su un suolo di competenza dell'Autorità di Bacino dell'Appennino Meridionale, 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.

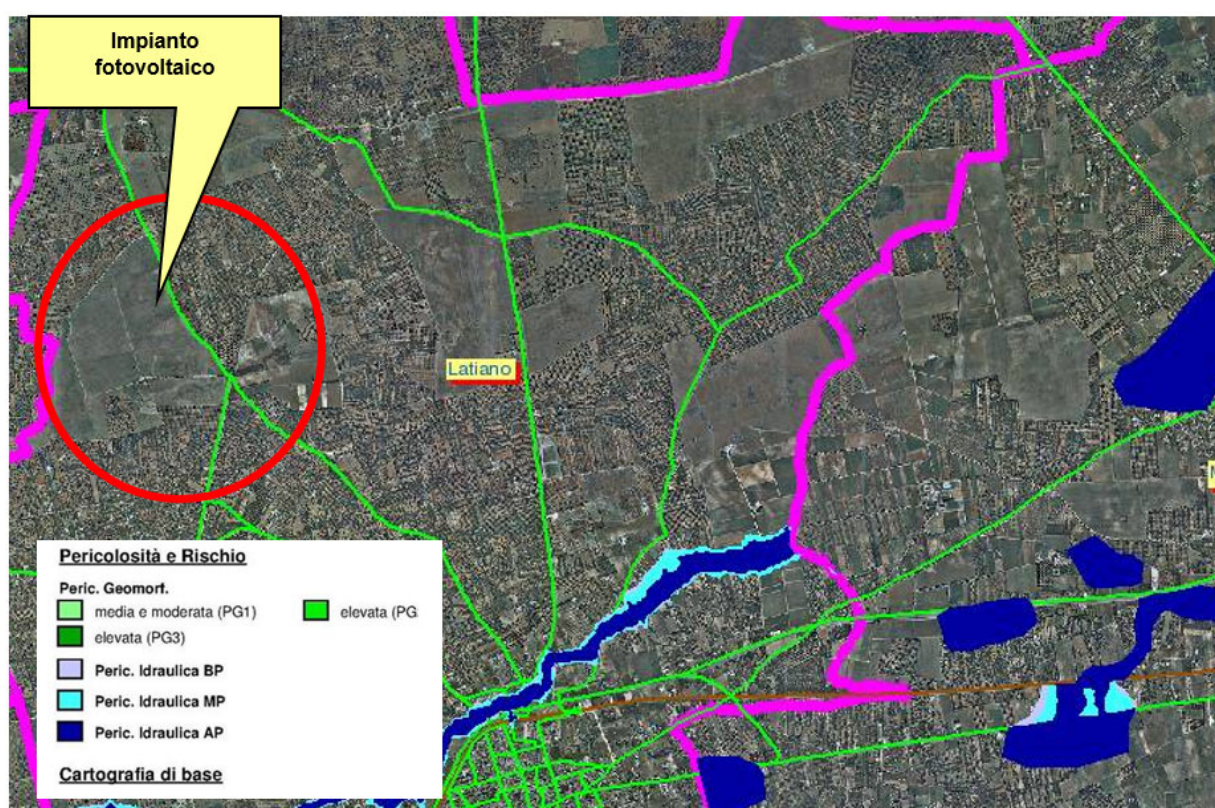


Figura 4 – WebGis AdB con aree a pericolosità idraulica e geomorfologica

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

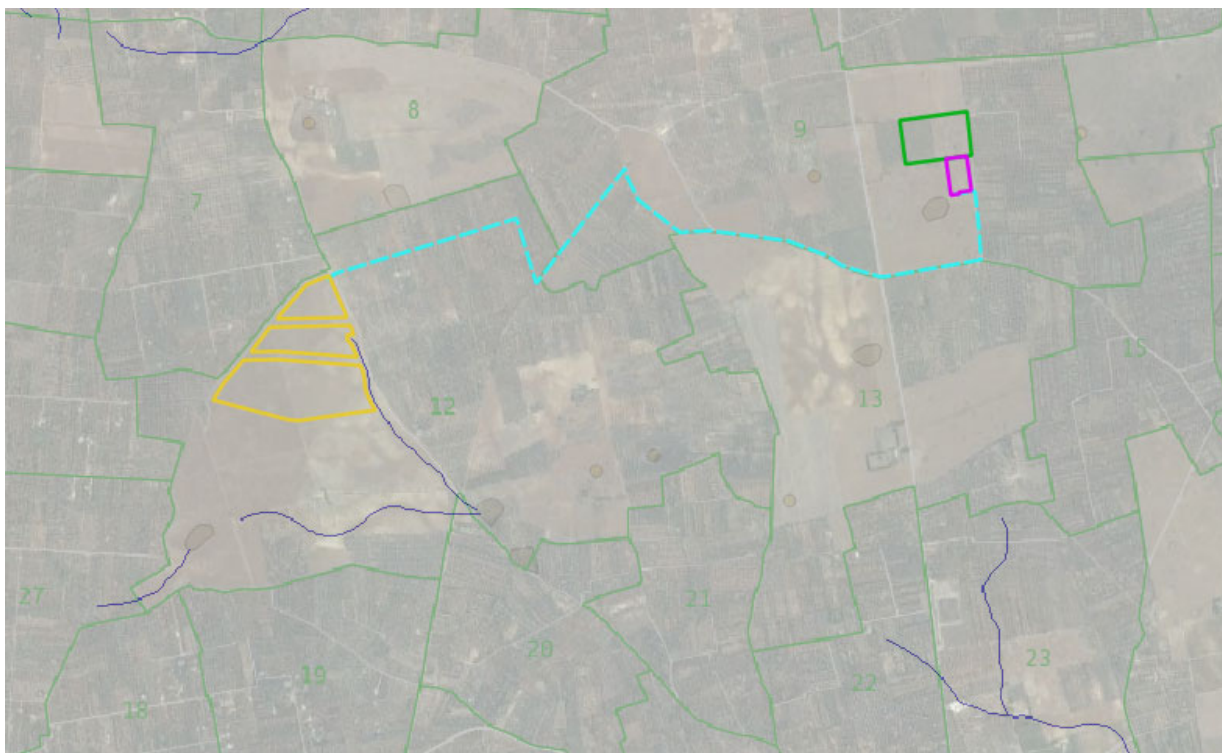


Figura 5 - Stralcio Ortofoto con carta idrogeomorfologica con evidenziazione del reticolo superficiale e delle conche

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 è interessata dalla presenza del reticolo superficiale ufficiale e da un bacino endoreico posto più a sud.

Per ciò che concerne l'area di installazione dei pannelli fotovoltaici, si è studiata l'ampiezza dell'area inondabile duecentennale per poterli posizionare esternamente ad essa.

Non vi sono intersezioni tra il reticolo idrografico e il cavidotto (in ciano).

Gli impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, tra i quali 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.

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

indicate anche nelle diverse soluzioni presentate, è sottoposto al parere vincolante dell'Autorità di Bacino" rientrando pertanto tra le opere assentibili ai sensi dell'**articolo 6** "Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali" **comma 4 delle NTA del PAI.**

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

Le **NTA del PAI all' art. 10** "Disciplina delle fasce di pertinenza fluviale", chiariscono che sono possibili interventi di realizzazione di opere di interesse pubblico interessanti gli alvei fluviali e le fasce di pertinenza fluviale definite dal **comma 3** "Quando la fascia di pertinenza fluviale non è arealmente individuata nelle cartografie in allegato, le norme si applicano alla porzione di terreno, sia in destra che in sinistra, contermine 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 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 **due bacini idrografici**:

- BACINO ENDOREICO relativo all'area di scorrimento superficiale contribuente al deflusso verso la vora del bacino endoreico;
- BACINO RETICOLO (sottobacino del precedente) afferente alla sezione di chiusura individuata a valle dell'area di installazione dei pannelli fotovoltaici

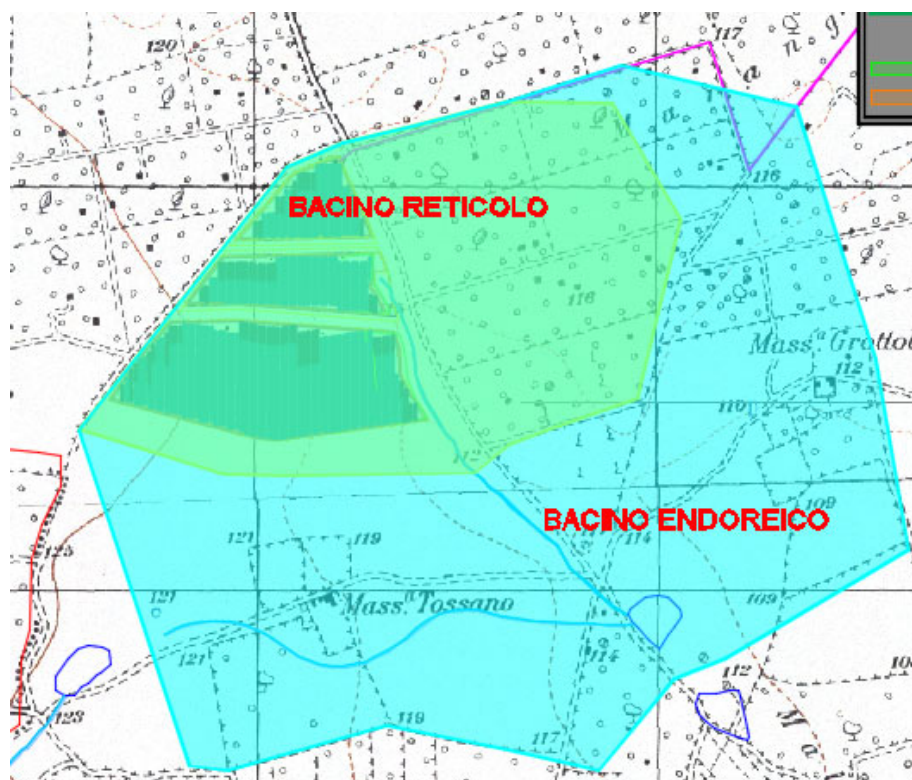


Figura 6 - Inquadramento dei bacini idrografici su IGM

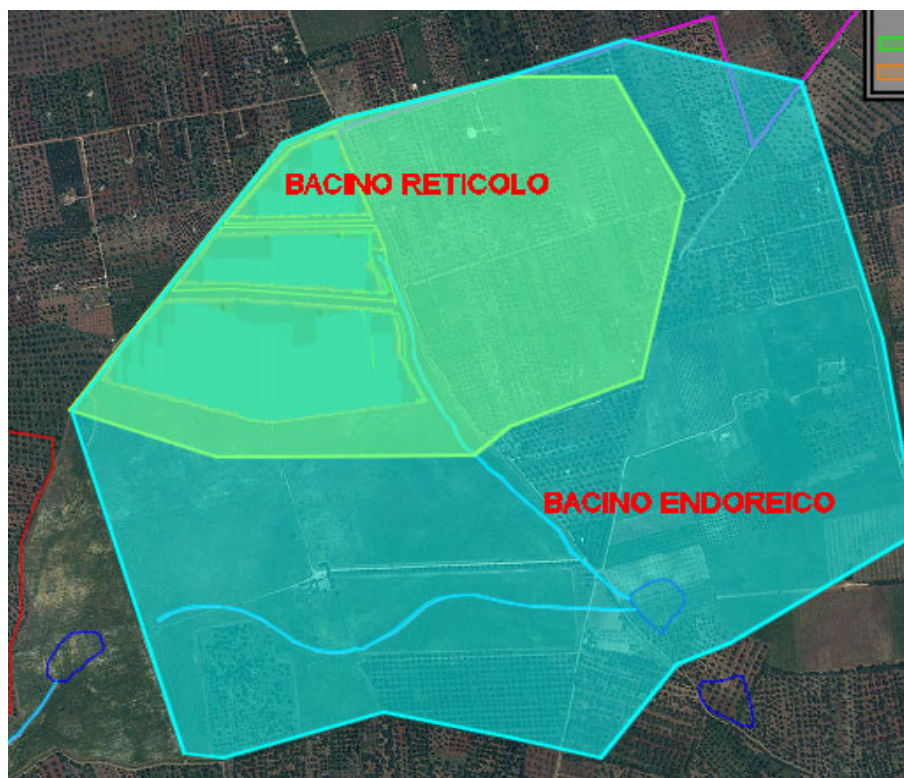


Figura 7 - Inquadramento dei bacini idrografici su ORTOFOTO

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

• BACINO ENDOREICO		
Lungh. dell'asta princ.	[Km]	1.45
H massima del bacino	[m]	127
H media del bacino	[m]	117
H minima del bacino	[m]	107
H monte dell'asta princ.	[m]	115
H media dell'asta princ	[m]	111
Superficie del Bacino	[Kmq]	2.61
Pendenza media del bacino	[%]	1.38
Pendenza media dell'asta principale	[m/m]	0.01

BACINO RETICOLO		
<i>Lungh. dell'asta princ.</i>	[Km]	0.55
<i>H massima del bacino</i>	[m]	127
<i>H media del bacino</i>	[m]	119
<i>H minima del bacino</i>	[m]	111
<i>H monte dell'asta princ.</i>	[m]	115
<i>H media dell'asta princ</i>	[m]	113
<i>Superficie del Bacino</i>	[Km ²]	0.96
<i>Pendenza media del bacino</i>	[%]	2.91
<i>Pendenza media dell'asta principale</i>	[m/m]	0.01



4.1 Inquadramento geologico

Le aree interessate dalla realizzazione dell'opera in progetto ricadono nel Foglio 191 (Brindisi) della Carta Geologica d'Italia, scala 1:100.000.

http://sgi.isprambiente.it/geologia100k/mostra_foglio.aspx?numero_foglio=203

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



(p¹) Calcareniti, calcari tipo panchina, calcareniti argillose giallastre. Macrofauna a Coralli, Cirripedi, Molluschi, Echinidi, Crostacei tra cui *Cancer sismondai* 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 univrsa* D'ORB., *Hastigerina aequilateralis* (BRADY) (PLIOCENE SUP.-MEDIO?). In trasgressione sulle formazioni più antiche.



C²⁻⁴ Calcari dolomitici e dolomie grigio-nocciola, a frattura irregolare, calcari grigio-chieri. Microfossili non molto frequenti: *Thaumatoporella* sp., *Praeglobotruncana stephani stephani* (GAND.), *P. stephani turbinata* (REICH.), *Rotalipora appenninica appenninica* (RENZ), *R. cf. reicheli* (MORN.), *Nummuloculina* sp. (CENOMANIANO SUP. e forse TURONIANO). DOLOMIE DI GALATINA con passaggio graduale al CALCARE DI ALTAMURA (verso Nord e verso Ovest).

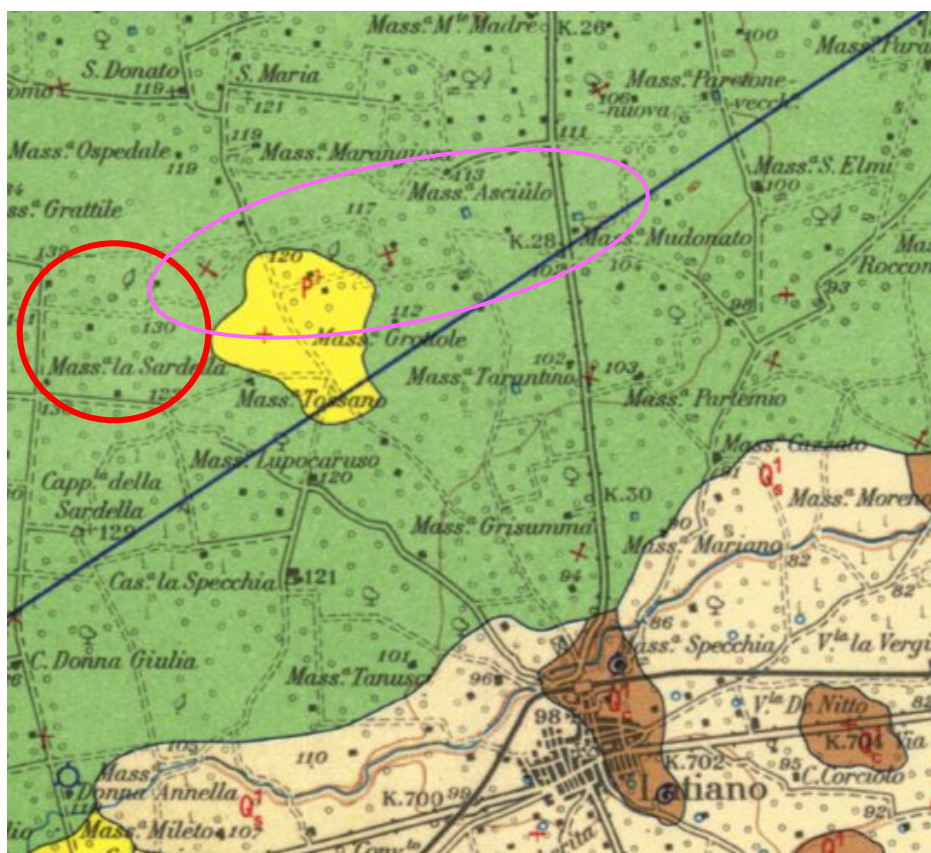


Figura 8 - Stralcio non in scala del foglio n°191 "Brindisi" della Carta Geologica d'Italia con individuazione area del parco fotovoltaico in rosso e del cavidotto in magenta.

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 ed uliveti.

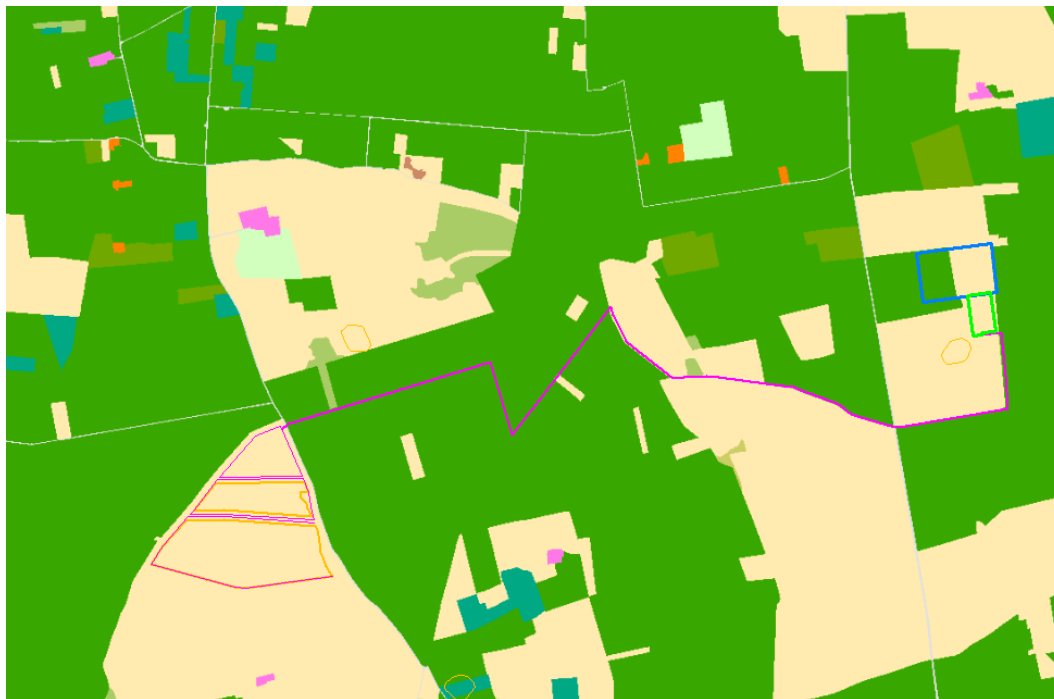


Figura 9 – Carta Uso del suolo e sottostante legenda



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 sottoregione 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_{TR} , detta fattore probabilistico di crescita, funzione del periodo di ritorno TR e indipendente dalla durata.

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

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



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

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

Sulla scorta dei valori regionali dei parametri θ^* , Λ^* e Λ_1 , è possibile calcolare la curva di crescita per la Puglia centro – meridionale, anche se tale fattore può essere calcolata in funzione di TR attraverso una approssimazione asintotica della curva di crescita, che ha la seguente forma:

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

in cui i parametri a e b sono esprimibili in funzione dei valori regionali di θ^* , Λ^* e Λ_1 .

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



ZONA 1-3	$\mu(h,t) = at^{(ch+D+\ln\alpha-\ln a)/\ln 24}$
ZONA 2-4	$\mu(h,t) = at^n$

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

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

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

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

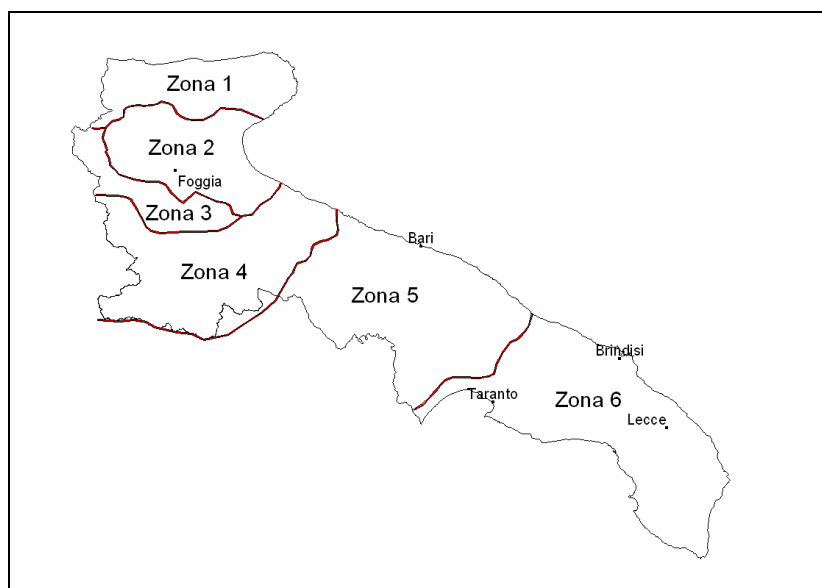


Figura 10 - Regione Puglia: zone omogenee al 3° livello.

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

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

in cui a è il valor medio, pesato sugli anni di funzionamento, dei valori di μ (Xd) relativi alle serie con $N \geq 10$ anni ricadenti in ciascuna zona omogenea e $\alpha = xg/x24$ 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				
	durate [ore]				
anni	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:

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

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

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

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

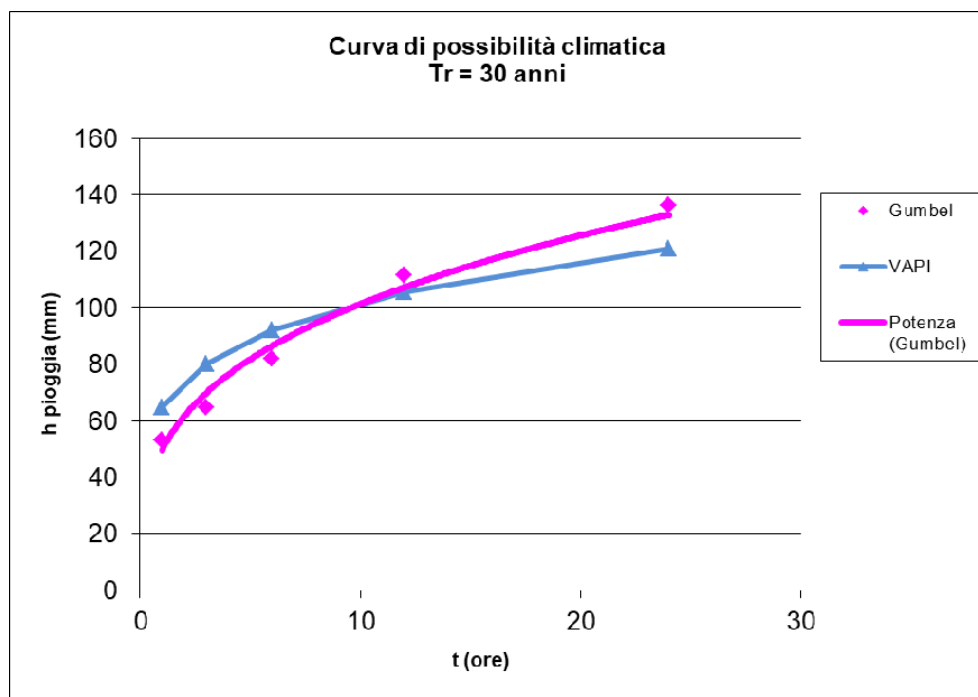
Tabella 5 – Tr = 200 anni - Altezze di pioggia (mm).

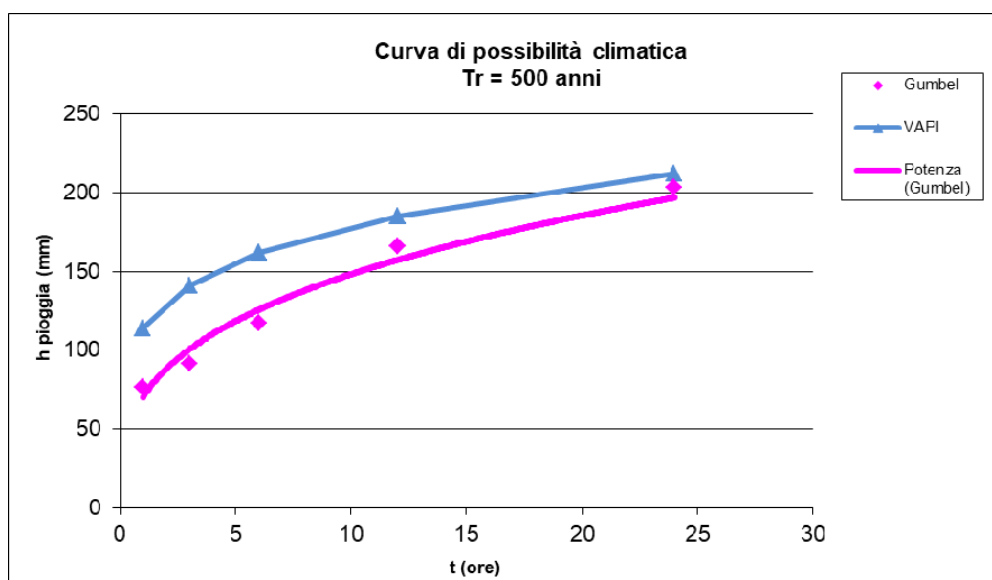
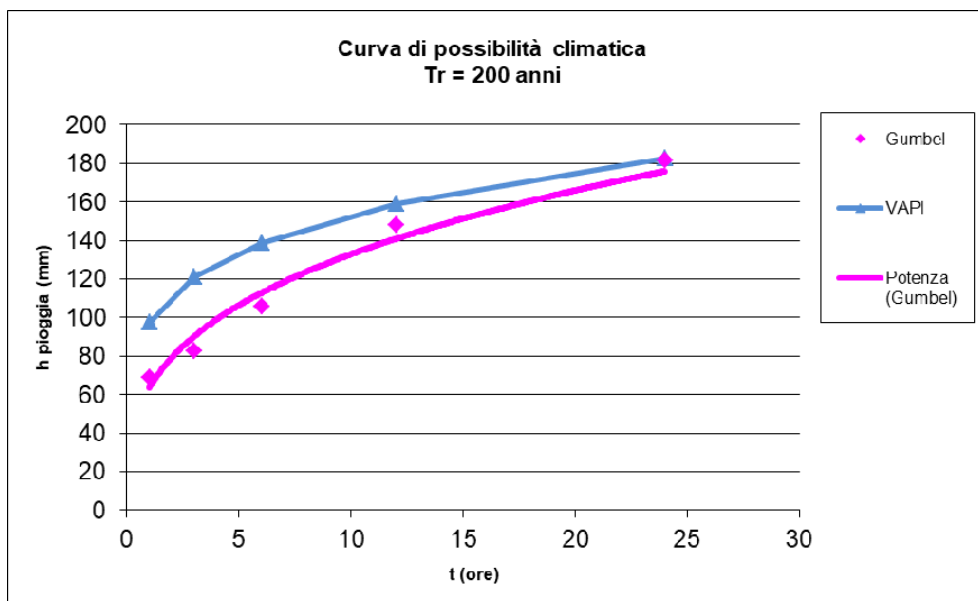
Tr = 500 anni					
Distribuzioni probabilistiche	DURATE				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
GUMBEL	76.257	91.206	116.986	165.631	202.990
VAPI	113.581	140.999	161.609	185.231	212.306

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 e 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 del Curve Number (CN).

Calcolo del tempo di corrivazione

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 ed adottata nel presente studio è quella proposta da Giandotti (1934), che si esplicita nella seguente relazione:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m}}$$



nella quale t_c è espresso in ore, A in km^2 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.

Applicando le relazioni succitate, con riferimento ai parametri geomorfologici del bacino di interesse, si sono ottenuti i seguenti risultati:

	Giandotti (h)
BACINO ENDOREICO	3.41
BACINO RETICOLO	2.09

Metodo del Curve Number per la determinazione della portata

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
Culture erbacee da pieno campo a ciclo primaverile estivo	72	81	88	91
Culture orticole a ciclo estivo-autunnale/primaverile	72	81	88	91
Culture orticole a ciclo primaverile-estivo	72	81	88	91
Culture 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**).

Il valore di CN_{II} adottato è pari a 78.

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

$$t_b = 2.67 t_a$$

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 Km², si ottiene:

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

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

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

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

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]
30 anni	86.171	57.768	0.684	57.768	2.391	13.129
200 anni	130.227	99.388	0.684	99.388	2.391	22.587
500 anni	151.505	119.926	0.684	119.926	2.391	27.255

Valori delle portate di piena con il metodo Curve Number del BACINO ENDOREICO

T_R	P [mm]	P_{net}	T_L [h]	V [mm]	t_a [h]	Q_p [m ³ /s]
30 anni	76.918	49.295	0.217	49.295	1.264	7.772
200 anni	116.242	86.011	0.217	86.011	1.264	13.560
500 anni	135.235	104.204	0.217	104.204	1.264	16.429

Valori delle portate di piena con il metodo Curve Number del BACINO RETICOLO



Per ciò che concerne, invece, l'Area 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.

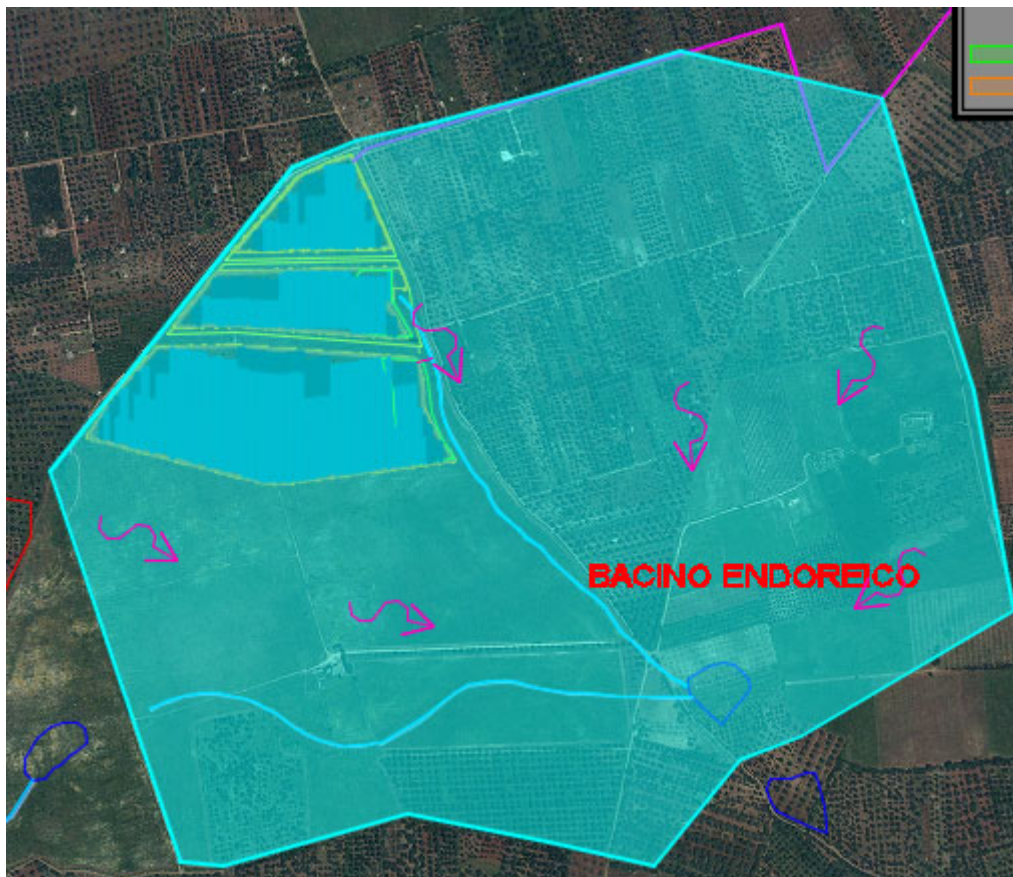


Figura 11 – Direzione deflusso superficiale nel bacino endoreico

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 del bacino endoreico, 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:

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

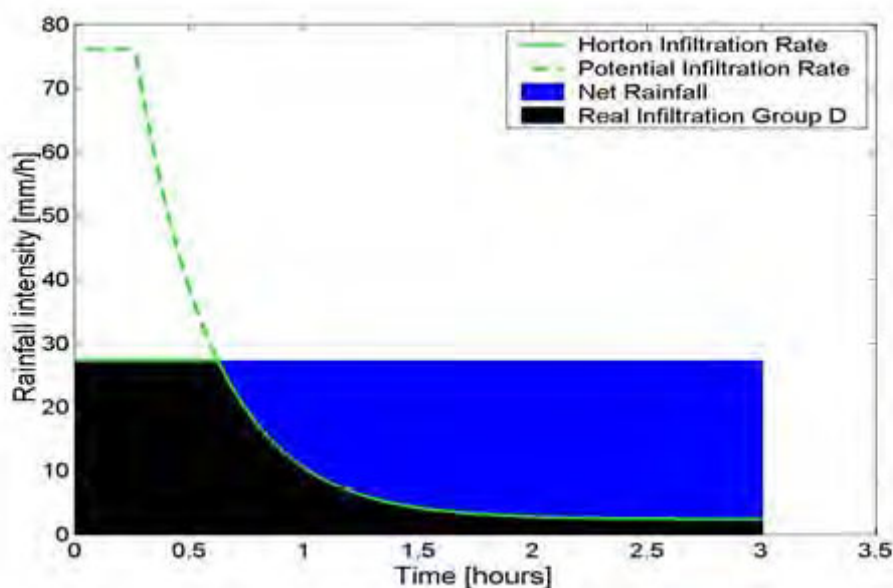


Figura 12 – Curva di infiltrazione di Horton

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	f0 [mm/h]	fc [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:

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:

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

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 si sono ottenuti i seguenti valori:

Bacino Endoreico		
Vol [mc]	Sup [mq]	Tirante [m]
82.323,99	2.612.707,29	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 in alcun modo con i pannelli fotovoltaici.

Ulteriore elemento di garanzia della verifica alla sicurezza idraulica è l'ubicazione della vora posta a valle dell'impianto a circa 570 m, 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 reticolo limitrofo all'area di impianto 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.12 sezioni** (numerata 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):



Profile Output Table - Standard Table 1

File Options Std. Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: Plan 07 River: Lat 1 Reach: 1 Profile: PF 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	12	PF 1	13.60	115.00	115.32	115.21	115.35	0.004009	0.79	17.21	65.12	0.49
1	11	PF 1	13.60	114.75	115.08		115.12	0.005263	0.86	15.82	64.67	0.55
1	10	PF 1	13.60	114.50	114.83		114.87	0.004908	0.86	15.72	60.47	0.54
1	9	PF 1	13.60	114.25	114.61		114.64	0.004158	0.81	16.72	62.21	0.50
1	8	PF 1	13.60	114.00	114.30		114.35	0.008784	1.00	13.63	65.43	0.70
1	7	PF 1	13.60	113.67	114.00		114.03	0.004750	0.81	16.89	70.52	0.53
1	6	PF 1	13.60	113.34	113.82		113.85	0.002837	0.78	17.51	52.43	0.43
1	5	PF 1	13.60	113.00	113.40	113.40	113.55	0.016444	1.71	7.96	27.24	1.01
1	4	PF 1	13.60	112.50	112.77	112.73	112.83	0.009924	1.05	12.96	63.17	0.74
1	3	PF 1	13.60	112.00	112.28	112.24	112.34	0.009573	1.08	12.61	57.43	0.73
1	2.*	PF 1	13.60	111.50	111.82		111.88	0.008896	1.10	12.39	52.06	0.72
1	1	PF 1	13.60	111.00	111.33	111.29	111.40	0.010020	1.19	11.44	46.64	0.77

Figure 13 – 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.

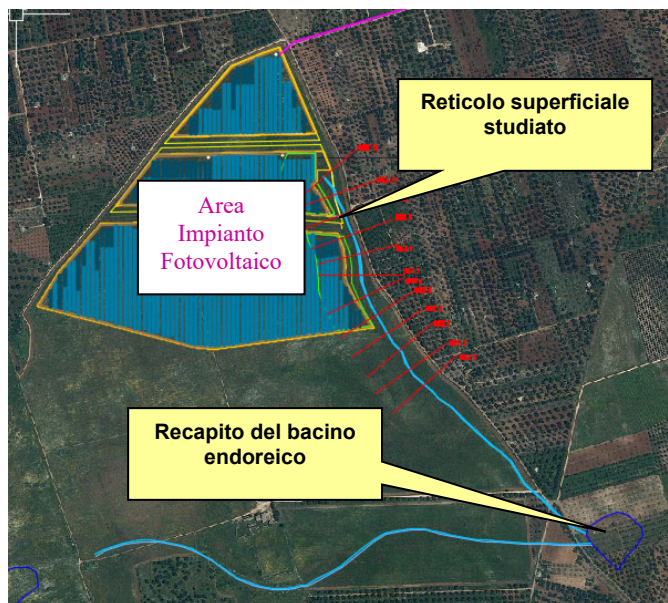
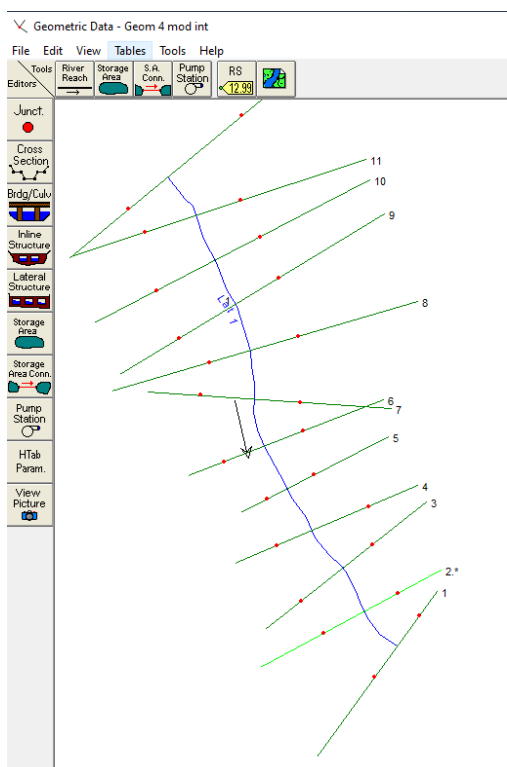


Figure 14 – Planimetria con indicazione delle sezioni su Hec-Ras

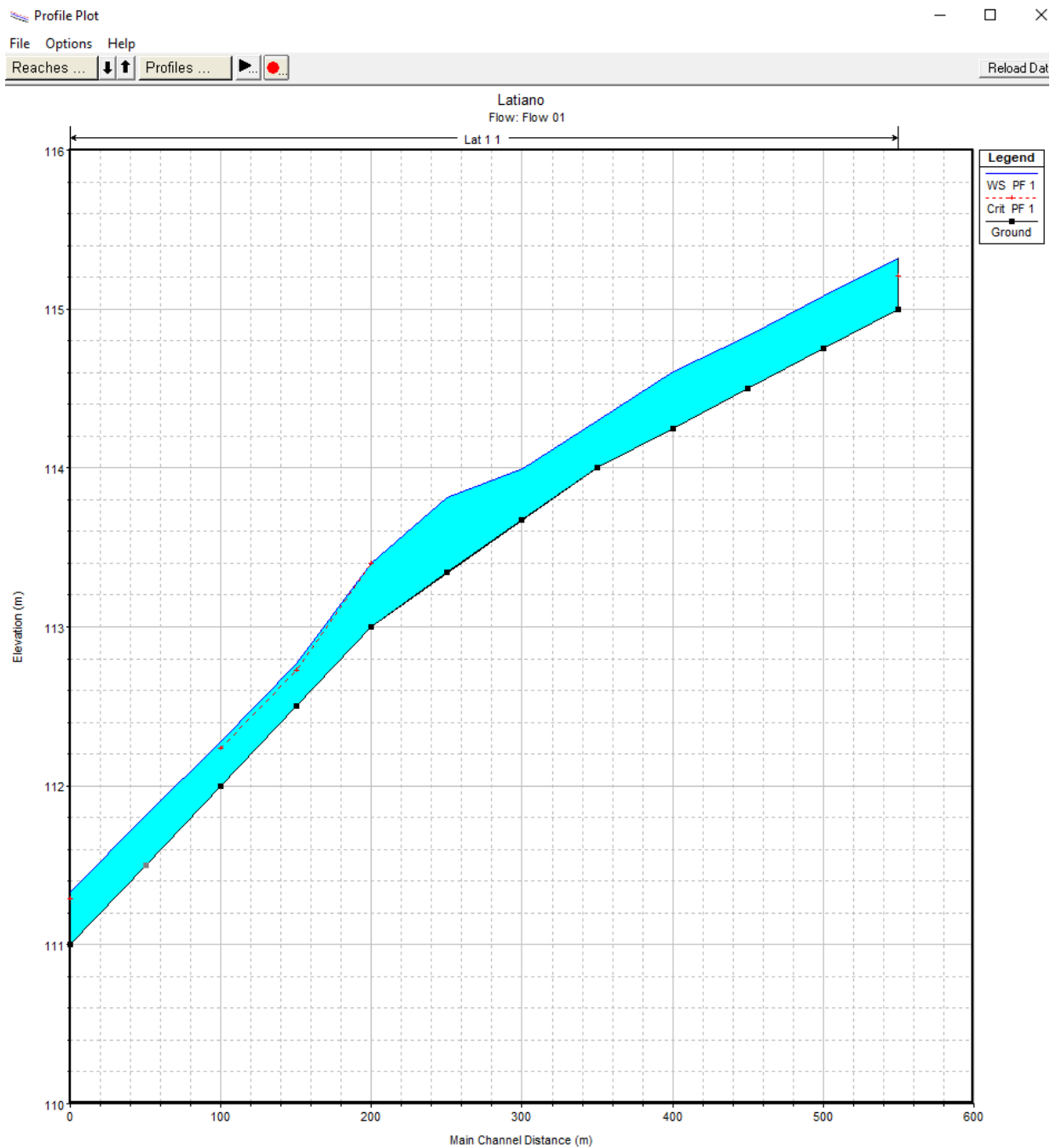


Figure 15 - Profilo longitudinale di moto permanente
(è rappresentato graficamente il livello idrico corrispondente alla piena con $T_r = 200$ anni)



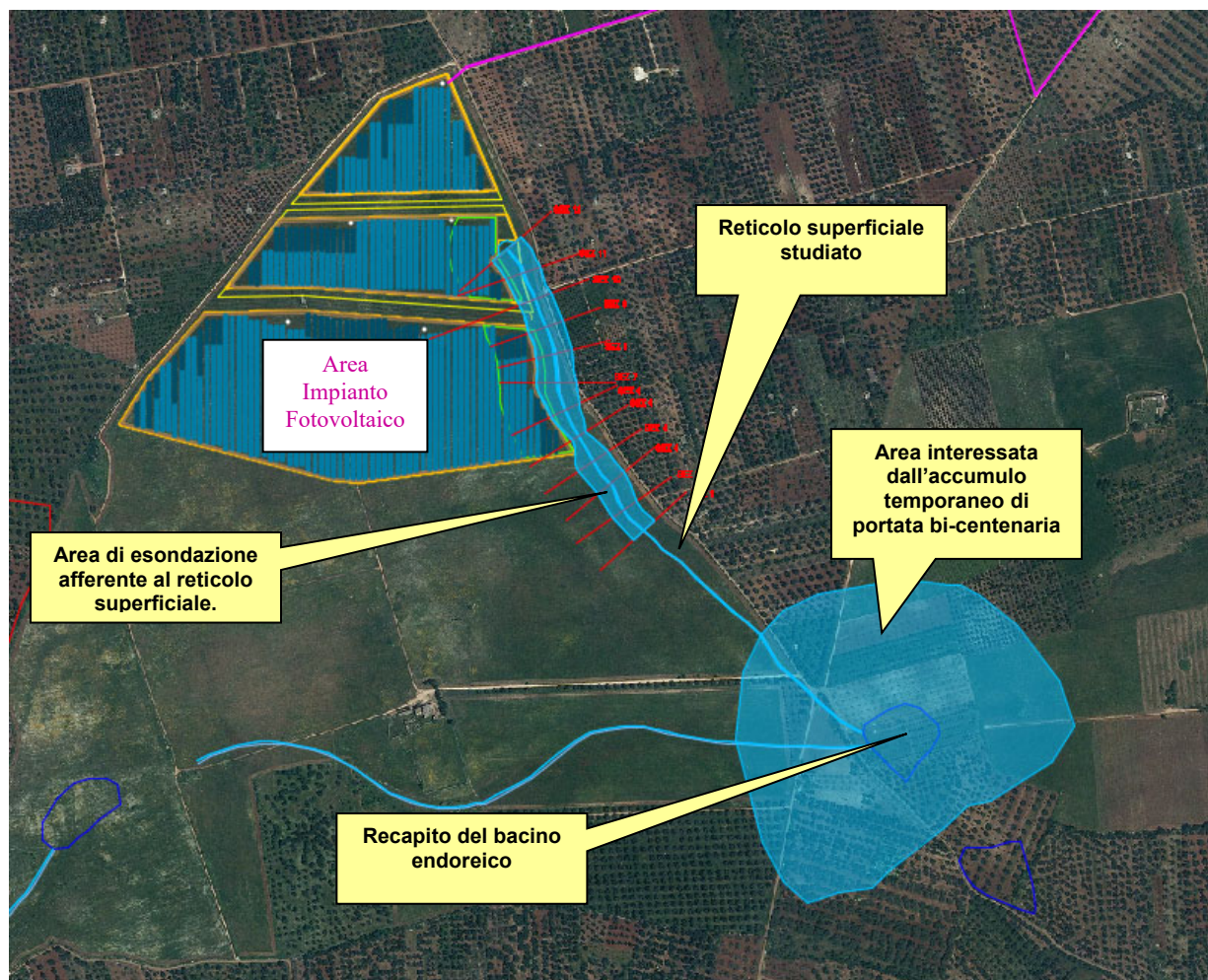


Figura 16 – Planimetria con indicazione delle aree inondabili due centennali retinate in ciano.

Osservando gli output di HEC-RAS si evince come **il corso d'acqua in esame sia sufficiente a contenere la portata di piena bi-centennaria, 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. CONCLUSIONI

Il presente Studio è stato redatto al fine di valutare la compatibilità idrologica ed idraulica relativo alla **realizzazione di un impianto fotovoltaico**, in zona classificata agricola, non di pregio, dal vigente strumento urbanistico comunale, da ubicare nel territorio del comune di **Latiano (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 classificato dall'Autorità di Bacino che ha come recapito finale un bacino endoreico, la cui conca è posta a circa 750 m più a valle dell'impianto fotovoltaico.

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 sarà totalmente esterna alle aree di esondazione individuate.

Per ciò che concerne il recapito finale 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 e comunque l'area di progetto è lontana dall'area interessata dall'accumulo.

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

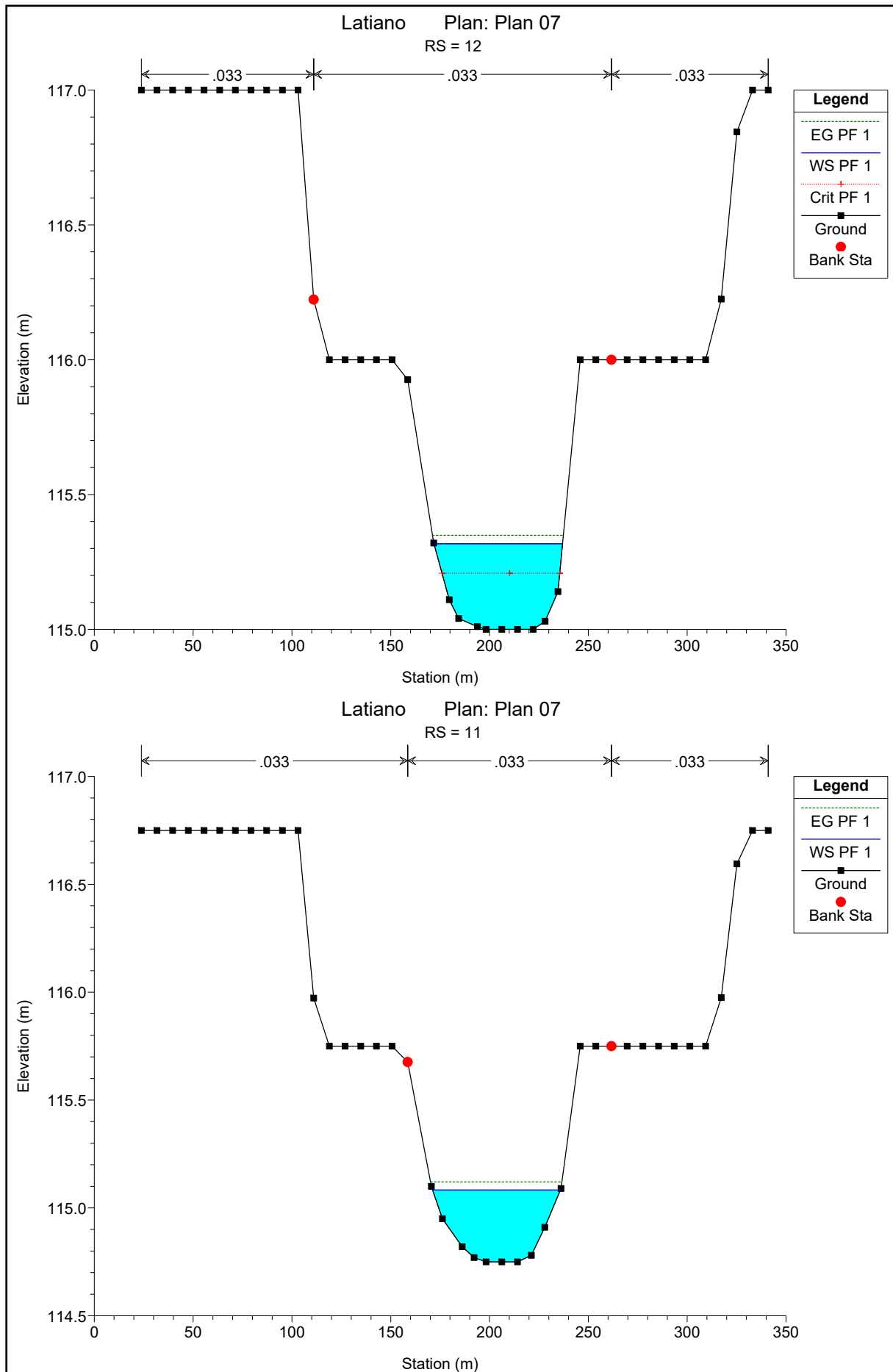
Tav B.1 Inquadramento dei Bacini Idrografici su I.G.M.

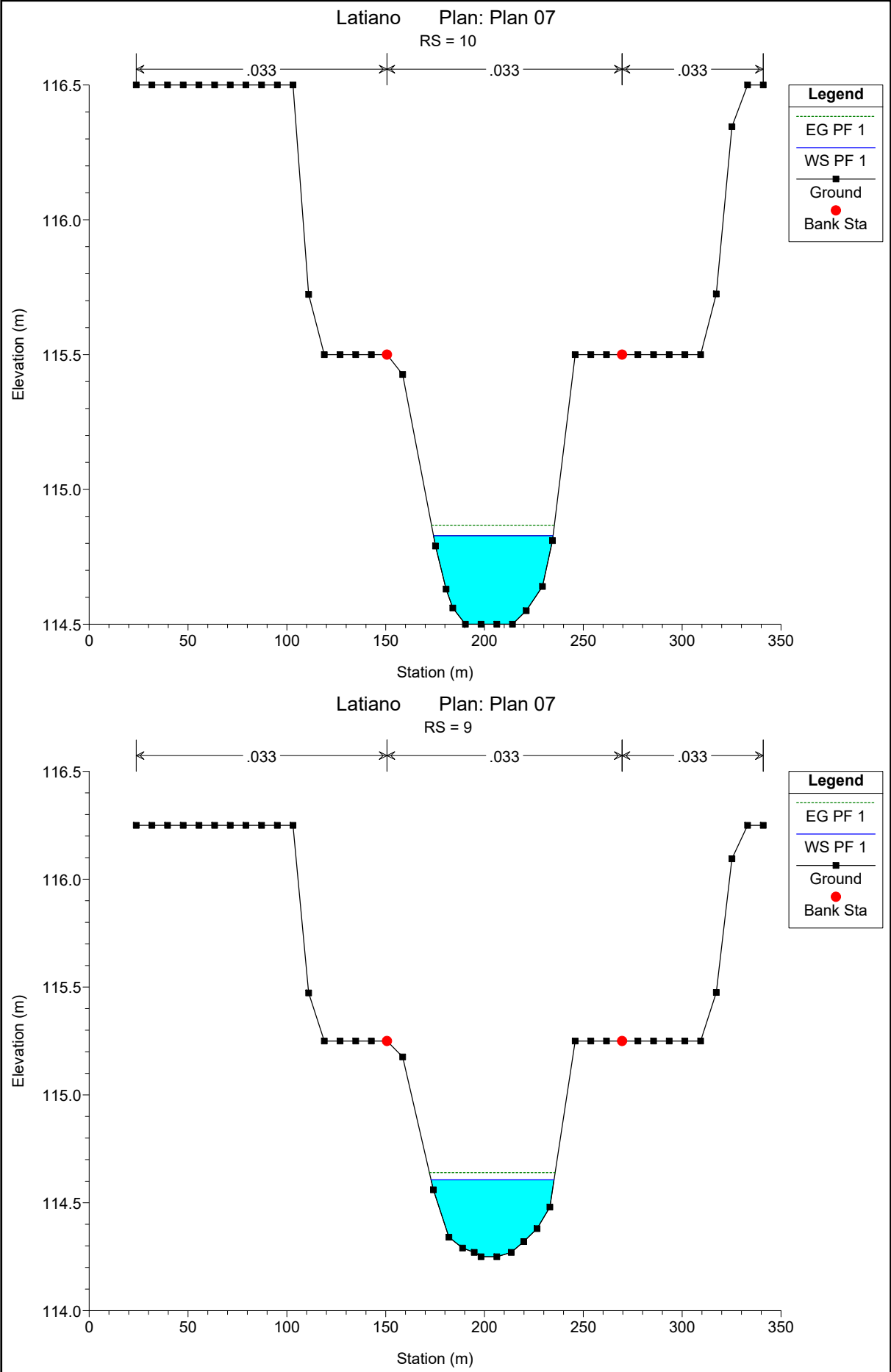
Tav B.2 INDIVIDUAZIONE BACINI IDROGRAFICI SU ORTOFOTO

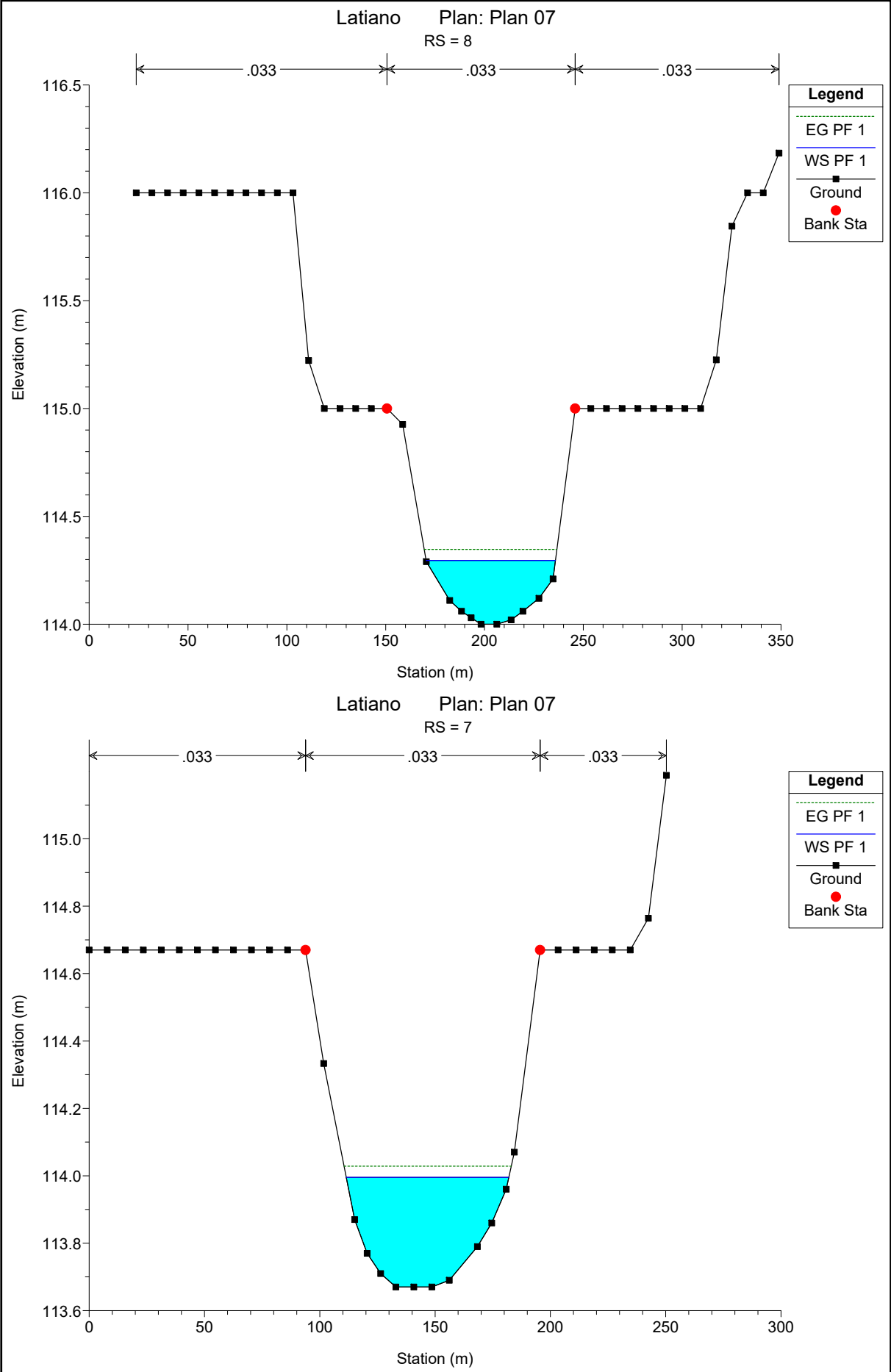
Tav B.3 INDIVIDUAZIONE AREE INONDABILI DUECENTENNALI SU ORTOFOTO

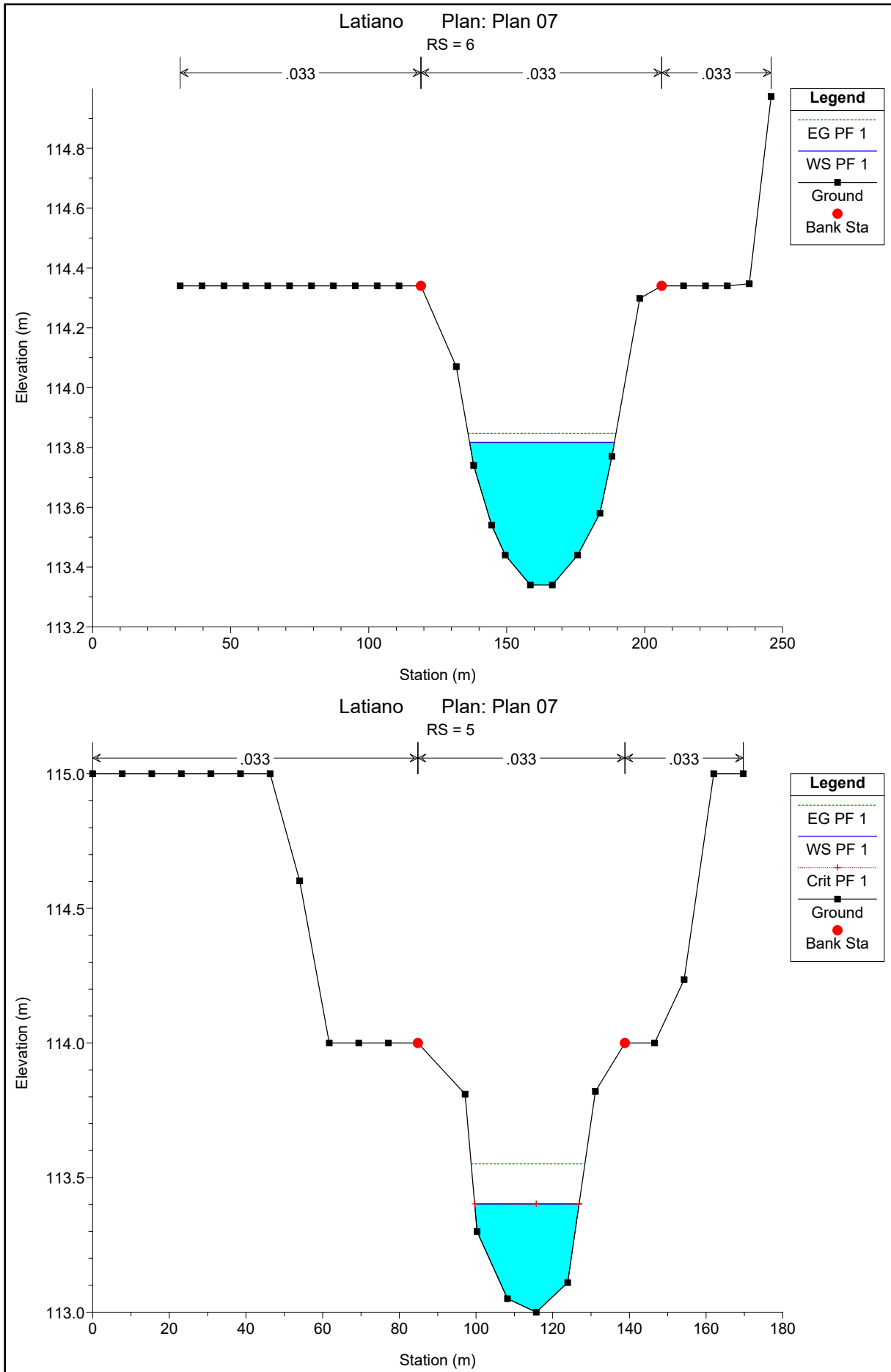


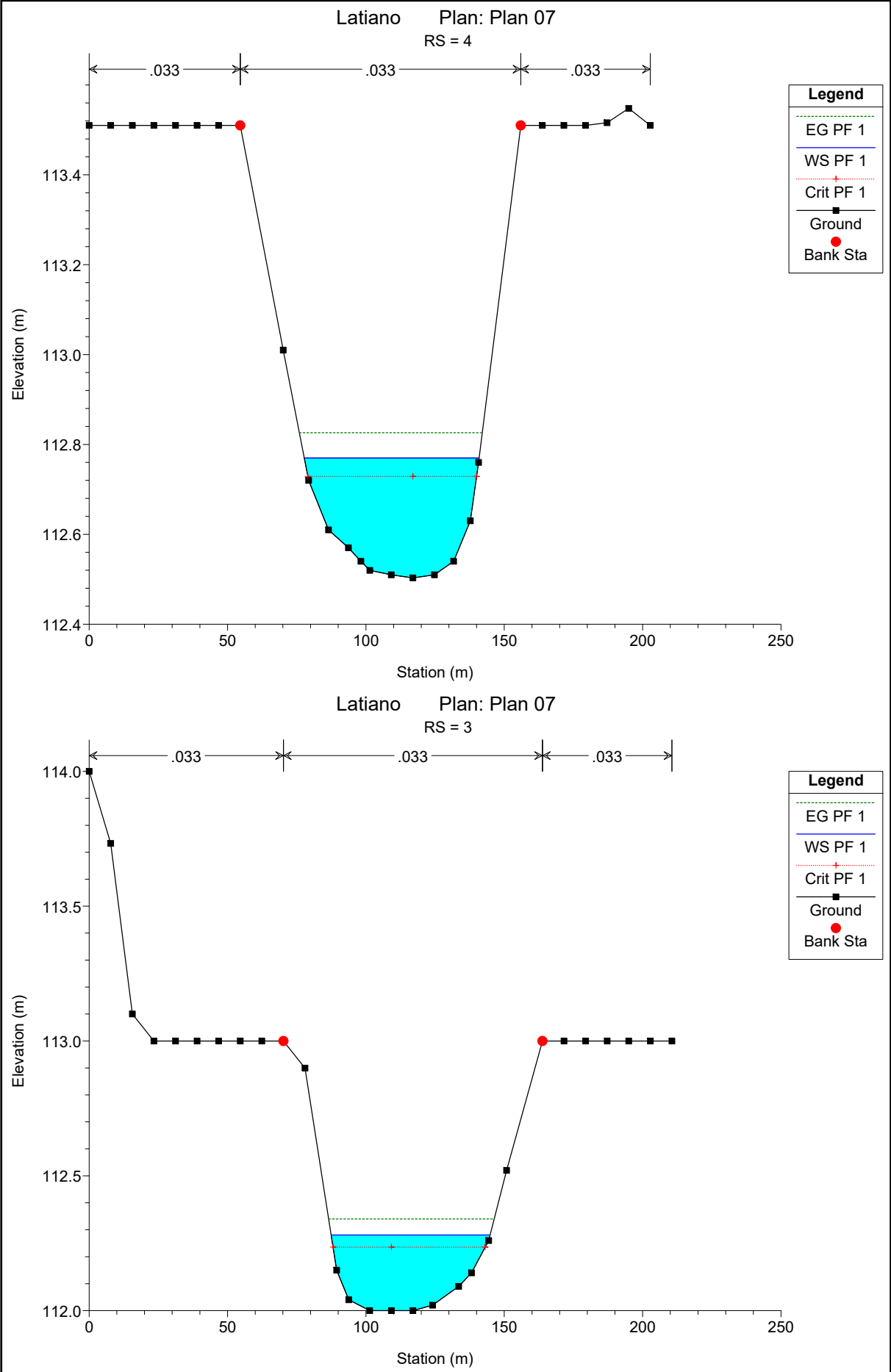
ALL.1 Quaderno delle Sezioni

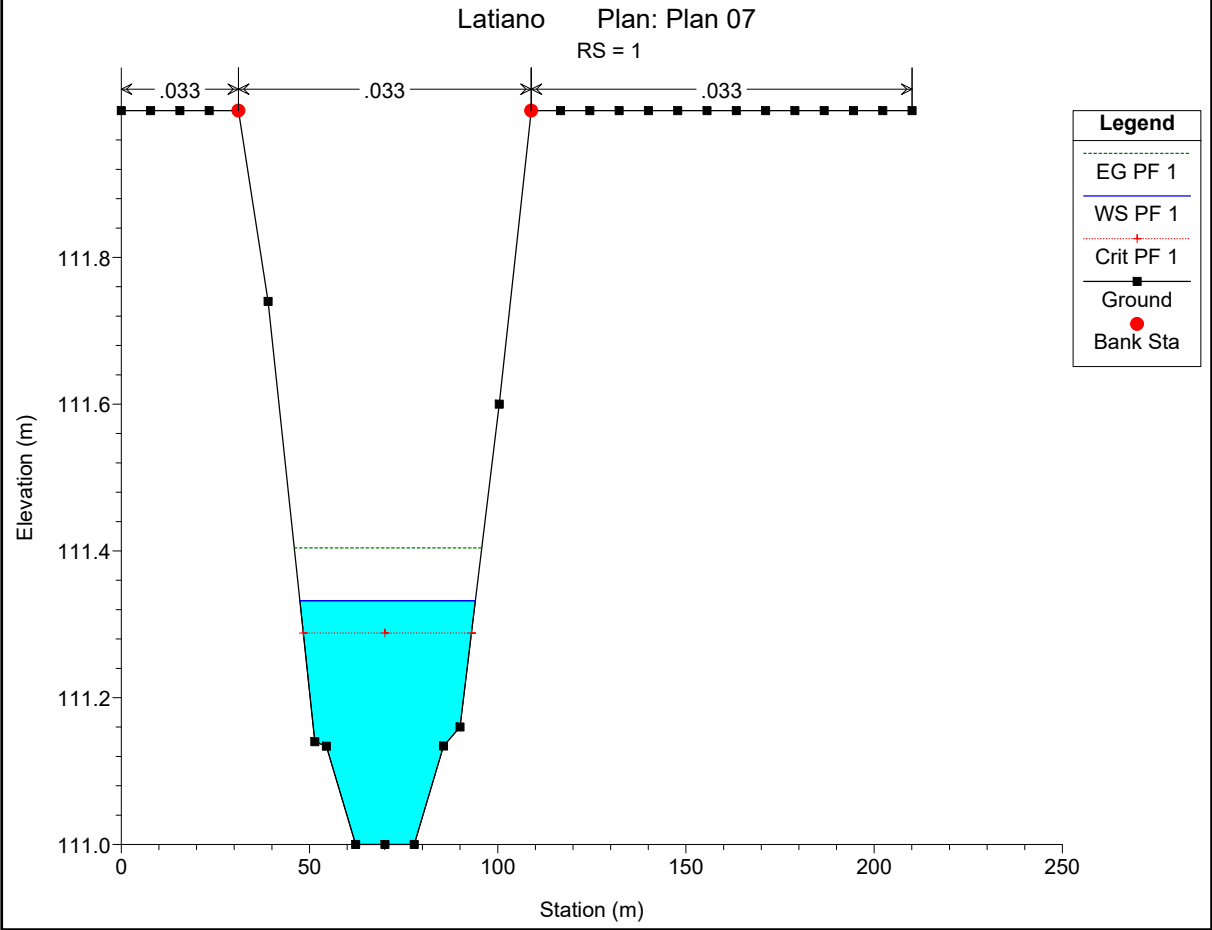
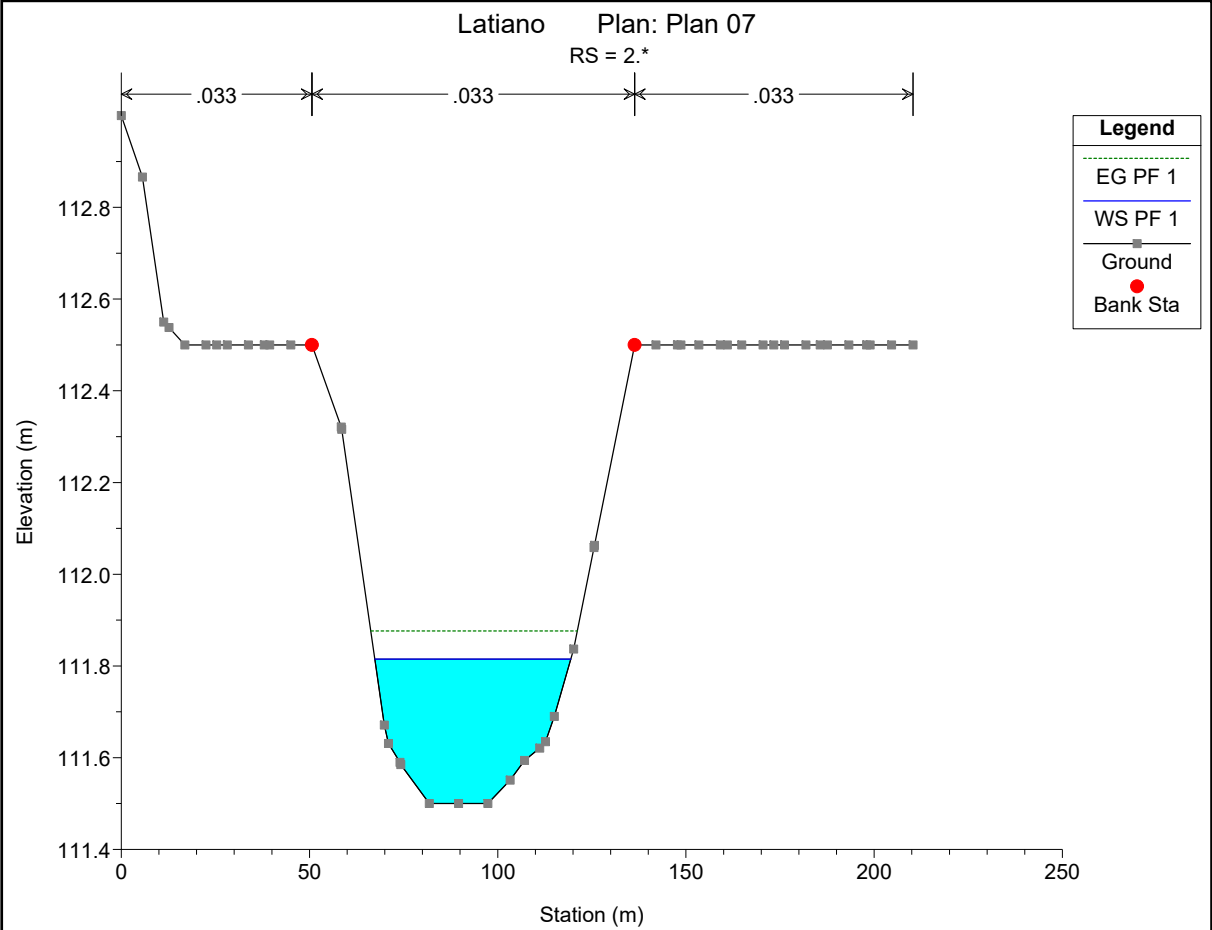




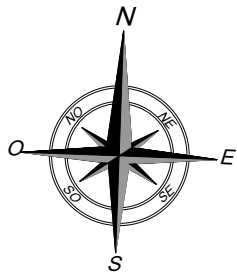






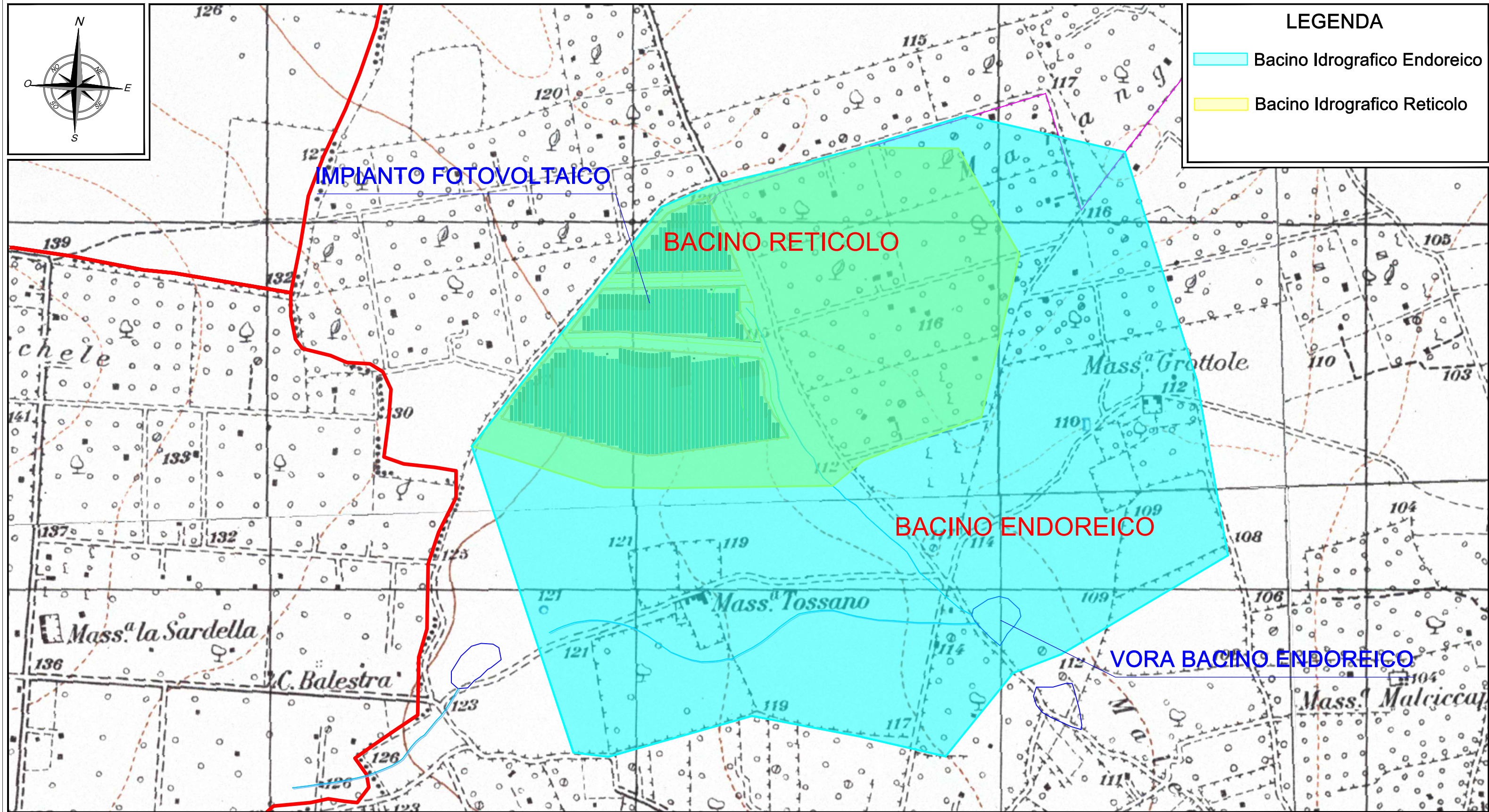


STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA RELATIVO ALLA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO
NEL COMUNE DI LATIANO (BR)



LEGENDA

- Bacino Idrografico Endoreico
- Bacino Idrografico Reticolo



Committente:
UKA SOLAR LATIANO S.r.l.
Sede Legale VIA OMBRONE N. 14,
00198, ROMA
service@netfiles.de

Progettista:
ATECH srl
Via Caduti di Nassirya,
55 70124- Bari (BA)
pec: atechsrl@legalmail.it
Ing. Alessandro Antezza
Direttore Tecnico: Ing. Orazio Tricarico



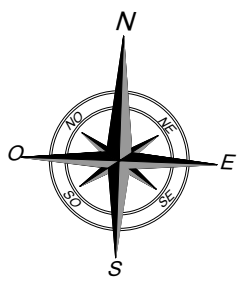
Titolo Allegato:
**INDIVIDUAZIONE BACINI
IDROGRAFICI SU I.G.M.**

Data: **AGOSTO 2022**

Scala: **1:10.000**

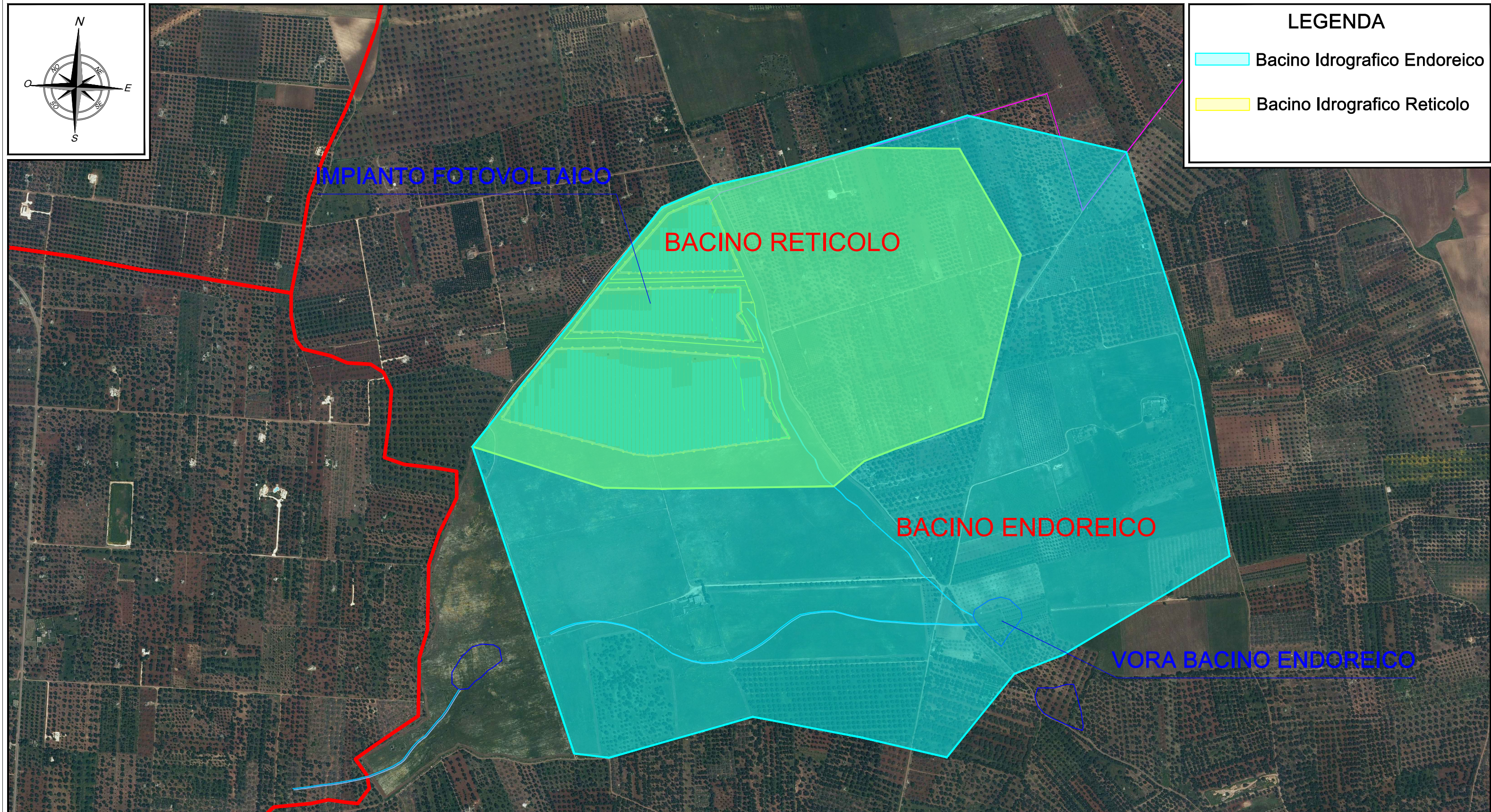
Elaborato: **B.1**

STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA RELATIVO ALLA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO
NEL COMUNE DI LATIANO (BR)



LEGENDA

- Bacino Idrografico Endoreico
- Bacino Idrografico Reticolo



Committente:
UKA SOLAR LATIANO S.r.l.
Sede Legale VIA OMBRONE N. 14,
00198, ROMA
service@netfiles.de

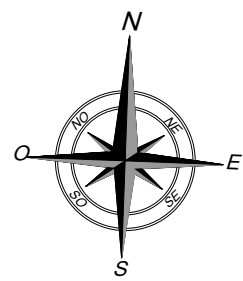
Progettista:
ATECH srl
Via Caduti di Nassirya,
55 70124- Bari (BA)
pec: atechsrl@legalmail.it
Ing. Alessandro Antezza
Direttore Tecnico: Ing. Orazio Tricarico



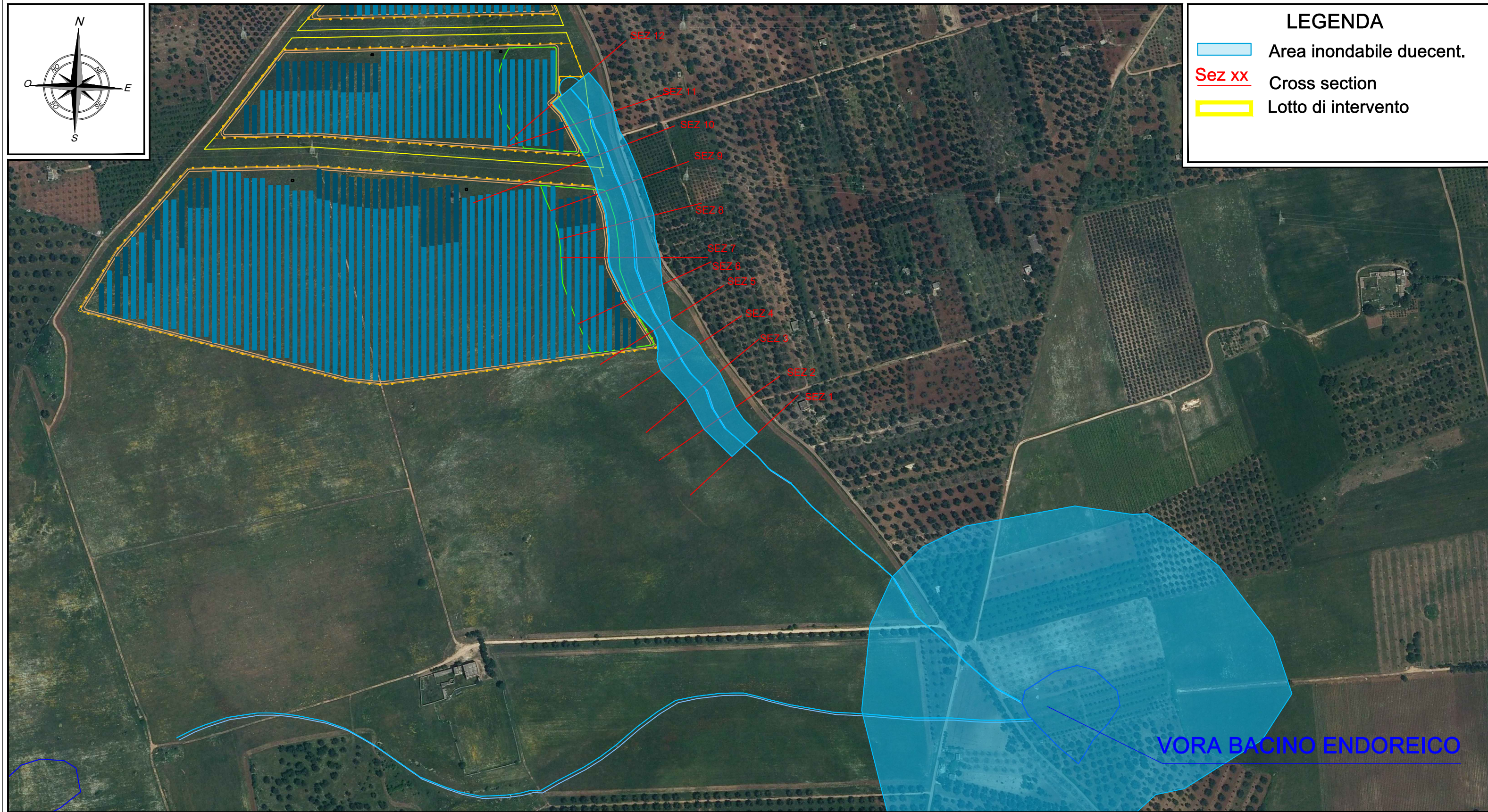
Titolo Allegato:
**INDIVIDUAZIONE BACINI
IDROGRAFICI SU ORTOFOTO**

Data:	AGOSTO 2022
Scala:	1:10.000
Elaborato:	B.2

STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA RELATIVO ALLA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO
NEL COMUNE DI LATIANO (BR)



- LEGENDA**
- Area inondabile duecent.
 - Sez xx** Cross section
 - Lotto di intervento



Committente:

UKA SOLAR LATIANO S.r.l.
Sede Legale VIA OMBRONE N. 14,
00198, ROMA
service@netfiles.de

Progettista:

ATECH srl

Via Caduti di Nassirya,
55 70124- Bari (BA)

pec: atechsrl@legalmail.it

Ing. Alessandro Antezza

Direttore Tecnico: Ing. Orazio Tricarico



Titolo Allegato:

**INDIVIDUAZIONE AREE INONDABILI
DUECENTENNALI SU ORTOFOTO**

Data:

AGOSTO 2022

Scala:

1:5.000

Elaborato:

B.3