

Comune di: POGGIO IMPERIALE

Provincia di: FOGGIA

Regione: PUGLIA



PROPONENTE

# NEOEN

NEOEN RENEWABLES ITALIA srl  
Via Giuseppe Rovani, 7 - 20123 MILANO (MI)

OPERA

## ID: 10650 – Integrazioni – PROGETTO DEFINITIVO

IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE AGRIVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE PARI A 20.013,84 kWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RTN

### “SOLARE POGGIO IMPERIALE – NEOEN”

OGGETTO

TITOLO DELL'ELABORATO:

### RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

DATA:

25/01/2024

N°/CODICE ELABORATO:

# REL 008

Tipologia: REL (RELAZIONI)

I TECNICI

PROGETTISTI:

EDILSAP s.r.l.  
Via di Selva Candida, 452 - 00166 ROMA  
Ing. Fernando Sonnino Project Manager

Prof. Geol. Alfonso Russi  
Via Friuli, 5 - 06034 FOLIGNO



PROFESSIONISTI:

Prof. Geol. Alfonso Russi

Ing. Michele Colonna

Dott. Geol. Marco Costa



01	202201272	ID: 10650 Integrazioni Istanza VIA e AU – Modifica potenza	Ing. Michele Colonna Dott. Geol. Marco Costa	Prof. Geol. Alfonso Russi	Ing. Fernando Sonnino
00	202201272	Emissione per Progetto Definitivo	Ing. Michele Colonna Dott. Geol. Marco Costa	Prof. Geol. Alfonso Russi	Ing. Fernando Sonnino
N° REVISIONE	Cod. STMG	OGGETTO DELLA REVISIONE	ELABORAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE

Proprietà e diritto del presente documento sono riservati - la riproduzione è vietata

## INDICE:

Premessa .....	1
1. Inquadramento topografico e morfologico .....	2
2. Inquadramento geologico locale .....	4
3. Inquadramento idrologico locale .....	6
4. Inquadramento negli strumenti del P.A.I. ....	8
5. Peculiarità idrauliche rilevate in zona .....	10
6. Valutazione idrologica .....	15
6.1 Caratteristiche dei bacini idrografici d'interesse .....	15
6.2 Analisi pluviometrica .....	17
6.3 Determinazione dei pluviogrammi sintetici .....	22
6.4 Determinazione degli idrogrammi di progetto .....	25
7. Valutazioni idrauliche .....	48
7.1 Il software HEC RAS 2D .....	48
7.2 Il modello digitale del terreno .....	48
7.3 Idrogrammi utilizzati .....	49
7.4 Definizione dei valori di scabrezza .....	49
7.5 Condizioni al contorno .....	51
7.6 Risultati della modellazione idraulica .....	52
8. Conclusioni .....	54

## PREMESSA

La Neoen Renewables Italia Srl, con sede a Milano in Via Giuseppe Rovani n.7, ha affidato agli scriventi l'incarico di redigere lo Studio di compatibilità idrologica ed idraulica nell'area di Poggio Imperiale per il progetto di realizzazione di un impianto agrivoltaico nel Comune di Poggio Imperiale (FG).

Nella presente relazione saranno presentate le indagini e le elaborazioni svolte, analizzati i risultati ottenuti e descritto il modello idrologico, idrogeologico ed idraulico del sito. Detto modello sarà sviluppato in modo da costituire un utile elemento di riferimento per l'inquadramento, da parte del progettista, delle problematiche idrologiche, idrogeologiche e idrauliche a piccola e grande scala. L'intervento in progetto è soggetto, come definito meglio nel prosieguo dell'esposizione, ai dettami degli artt. 6 e 10 delle Norme Tecniche di Attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Puglia.

Da un punto di vista normativo, il contesto è in continua evoluzione anche per il recepimento di direttive comunitarie nell'ordinamento giuridico nazionale e regionale.

Vale la pena ricordare ad esempio la direttiva CE/2000/60, che ha portato alla redazione del Piano di Gestione delle Acque distrettuale con le azioni necessarie per il raggiungimento del buono stato ambientale dei corpi idrici, superficiali e sotterranei, previsto dalla direttiva al 2015. La principale fonte normativa nell'ambito in oggetto è sicuramente il D.Lgs. n. 152 del 3 aprile 2006 "Norme in materia ambientale", noto anche come testo unico ambientale.

La realizzazione di un'opera può comportare delle modificazioni ambientali e, in tal senso, uno degli aspetti più importanti riguarda certamente le condizioni di circolazione dell'acqua nei mezzi porosi e/o fratturati che vengono interessati dall'opera.

Nelle NTC18 (Norme Tecniche per le Costruzioni – D.M. 17/01/2018) si fa riferimento anche alla componente idrogeologica, richiamando la necessità della ricostruzione dei caratteri idrogeologici del territorio. La circolare esplicativa specifica che la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito deve fornire lo schema di circolazione idrica superficiale e sotterranea.

Il modello idrologico, idrogeologico ed idraulico di riferimento descritto è stato validato e supportato da indagini specifiche proporzionate, nello specifico, all'importanza dell'opera.

## 1. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E MORFOLOGICO

Il sito entro il quale si intende realizzare il parco fotovoltaico dista circa 1,8 Km, verso SW dal centro abitato di Poggio Imperiale, nei pressi dei toponimi Iaccio Olivi, Coppa di Franceschiello e Masseria di Donna Rosina; lo stesso sito è posto ad una quota che varia tra circa 75 e circa 100 m sul l. m. m.; l'area d'interesse è rappresentata nella tavoletta II - NE "Apricena", nella sua zona nord-occidentale, ricompresa nel Foglio 155 della Carta Topografica d'Italia a scala 1:100.000, in corrispondenza delle seguenti coordinate (baricentro dell'area, Sistema di riferimento WGS84 – proiezione UTM Fuso 33):

- 528.471 E;
- 4.629.581 N.

L'area in studio si pone su un versante esposto verso il quadrante settentrionale, caratterizzato da pendenze variabili che si attestano su valori massimi di circa 8-10 % (Figure 1-1 e 1-2).

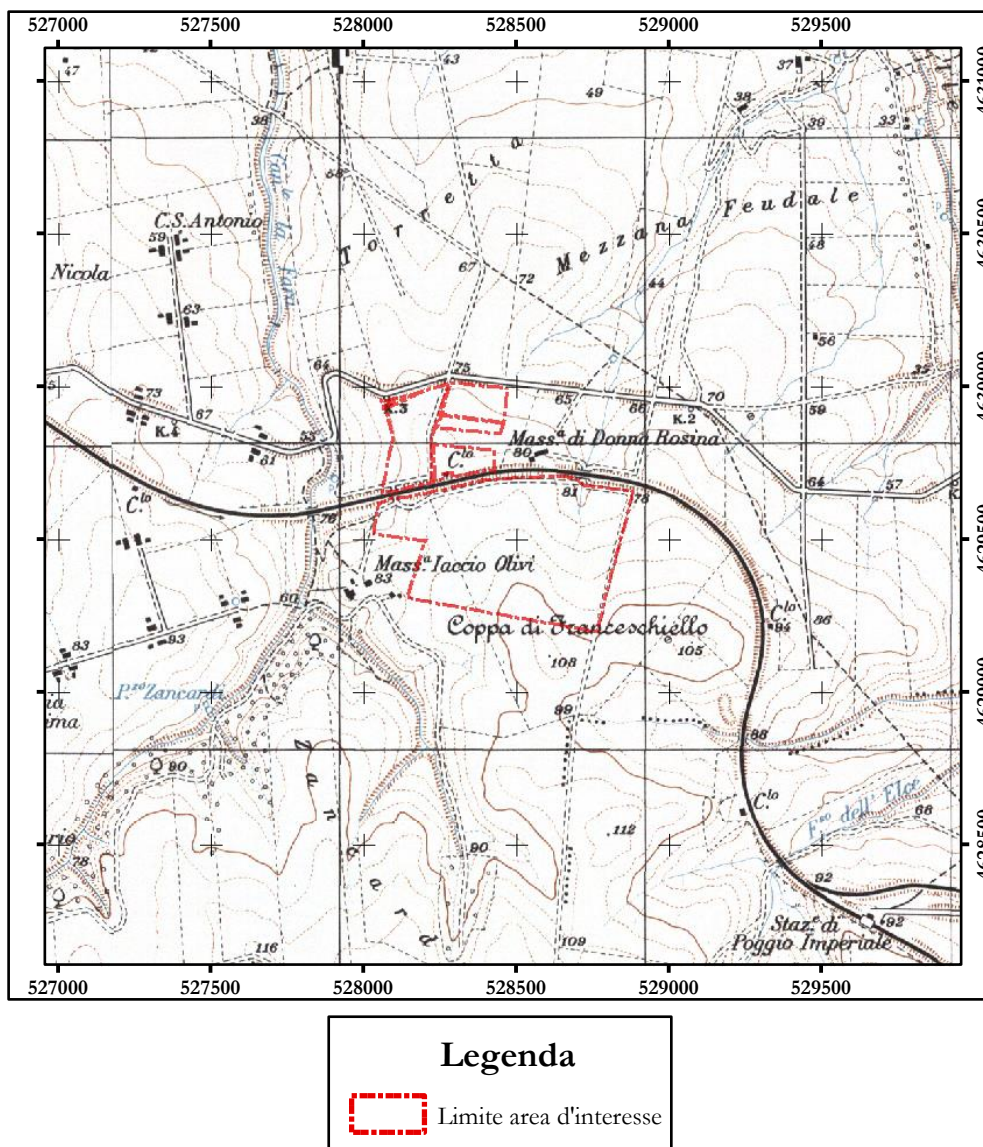


Figura 1-1: stralcio cartografico con ubicazione dell'area d'interesse progettuale (Fonte I.G.M. – Scala 1:25.000).

Il versante sul quale si intende realizzare il progetto proposto mostra una esposizione variabile (ma diretta generalmente verso il quadrante settentrionale) poiché su di esso (e lateralmente allo stesso) si sono impostati diversi corsi d'acqua i cui impluvi mostrano profili trasversali a "U" molto ampia.

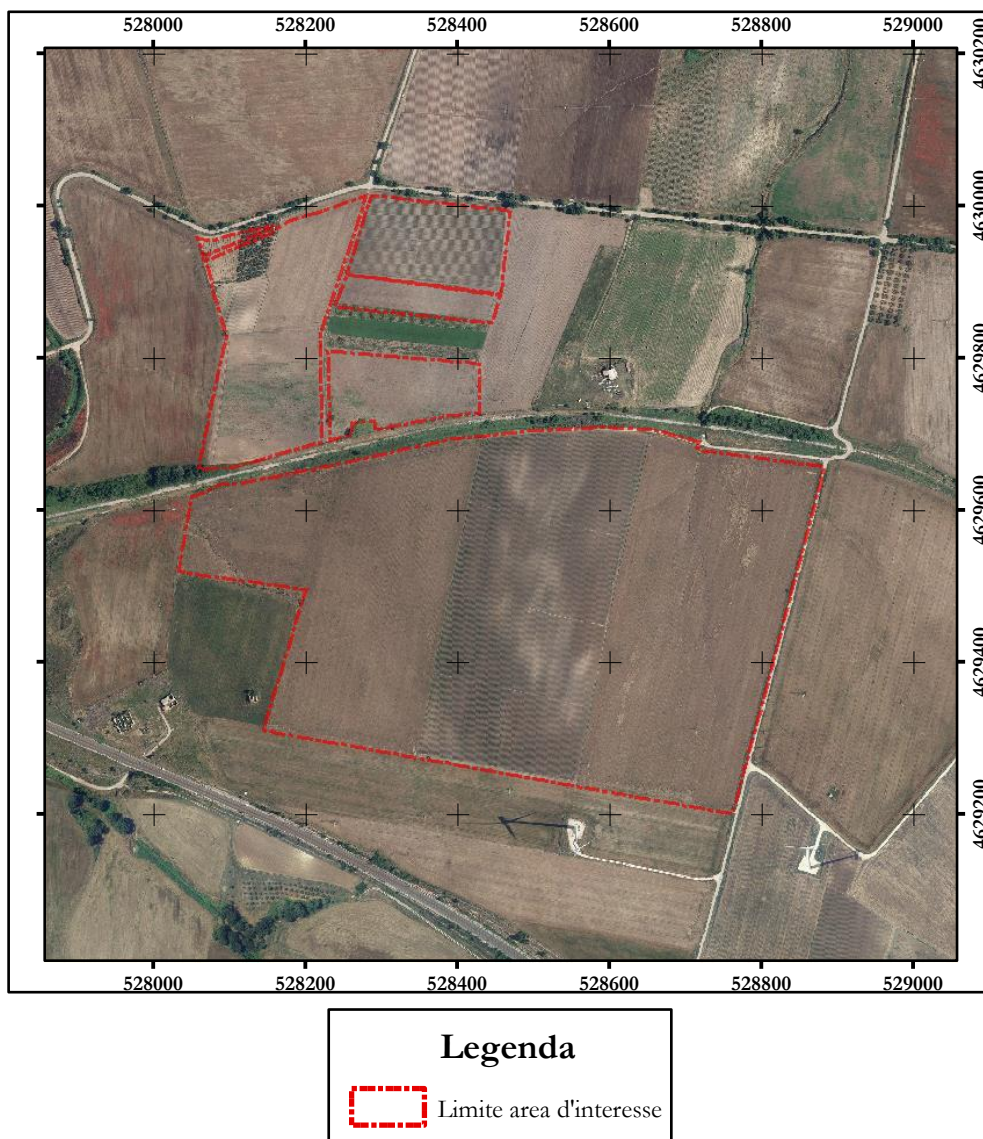


Figura 1-2: stralcio ortofotografico con ubicazione dell'area d'interesse progettuale (Fonte: A.G.E.A., anno 2019 – Scala 1: 10.000).

## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO LOCALE

Da un punto di vista geologico l'area d'interesse è localizzata nella zona orientale del Foglio 155 "San Severo" della Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000. La maggior parte del Foglio San Severo è occupata da sedimenti in prevalenza clastici riferibili al Pliocene ed al Pleistocene; sedimenti più antichi sono presenti in affioramenti di limitata estensione alla Punta delle Pietre Nere e nell'angolo SE del Foglio. Infine, limitati lembi di rocce eruttive sono stati cartografati alla Punta delle Pietre Nere e a San Giovanni in Pane.

Nei dintorni dell'area d'interesse progettuale affiorano diverse litologie, ascrivibili, dal basso verso l'alto della successione stratigrafica, alle Calcareniti di Apricena, alle Sabbie di Serracapriola, ai Conglomerati di Campomarino e, infine, alle Alluvioni terrazzate del IV ordine dei terrazzi; in particolare l'area in studio si pone in corrispondenza di affioramenti della litologia sabbiosa (Figura 2-1).

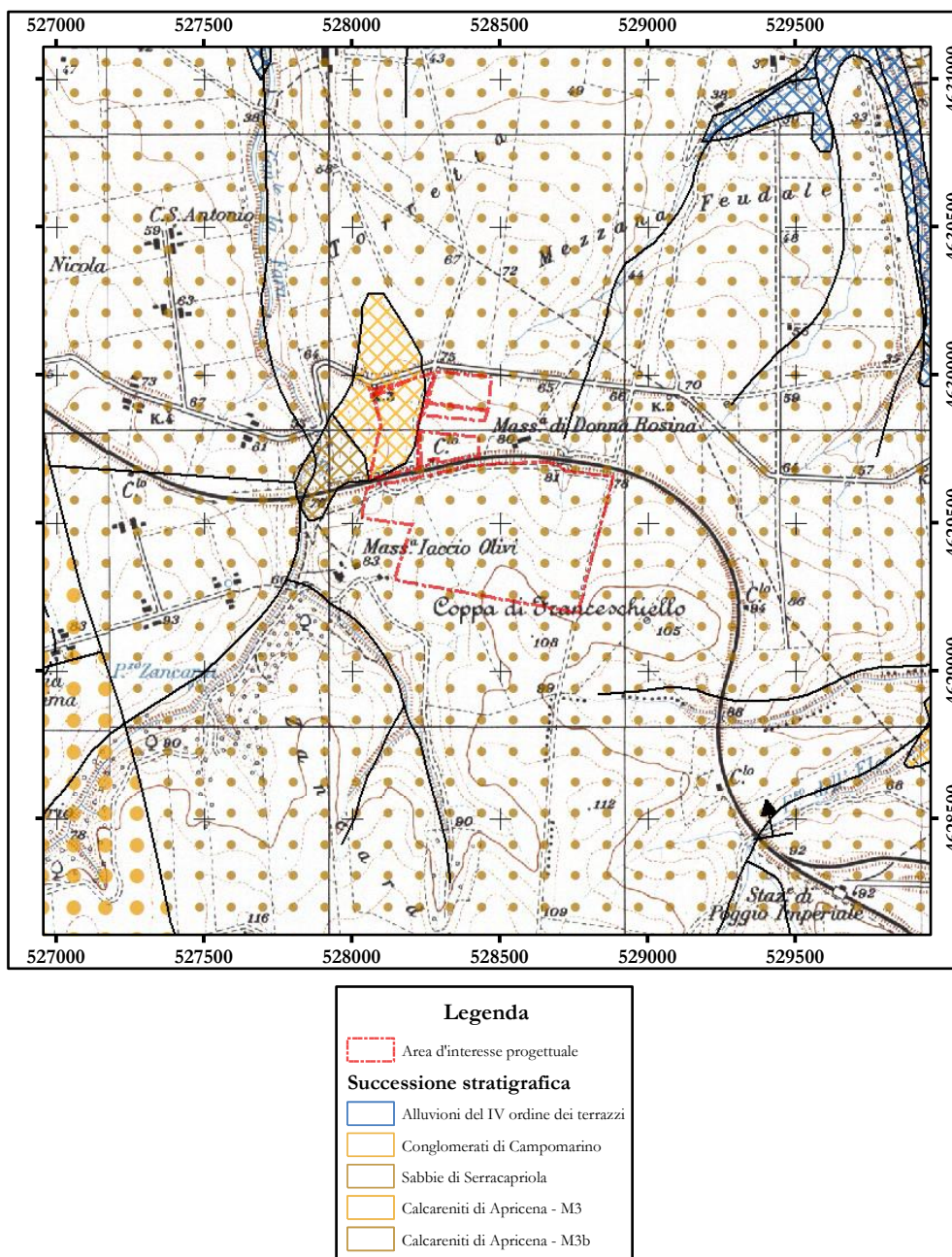


Figura 2-1: stralcio del Foglio 155 "San Severo" con indicazione dell'area in studio (scala 1:25.000).

Le Sabbie di Serracapriola sono costituite principalmente da sabbie quarzose in grossi banchi, giallastre; localmente vi sono intercalazioni di arenarie ben cementate e argille biancastre o verde

chiaro; si rinvengono anche livelli lentiformi di conglomerati ad elementi in prevalenza arenacei e calcareo-marnosi. Solitamente poggiano in discordanza sulle Argille di Montesecco, non affioranti in zona, alle quali passano gradualmente per alternanza, con locali fenomeni di eteropia; nella zona di Apricena, quella in studio, le Sabbie poggiano direttamente, in trasgressione, sui terreni mesozoici e miocenici del Gargano. Mentre nella zona occidentale del Foglio le sabbie sono quarzose e più grossolane, nella zona orientale dello stesso (verso Torremaggiore e San Severo) le stesse diventano molto più argillose ed a grana più fine: si presume che in quest'ultima zona le Sabbie di Serracapriola comprendano un intervallo stratigrafico più ampio rispetto alle altre zone del Foglio, in parziale eteropia con le Argille di Montesecco; lo spessore della formazione, che mediamente si attesta sui 30 m, in quest'ultima zona diviene più considerevole.

### 3. INQUADRAMENTO IDROLOGICO LOCALE

Nei dintorni dell'area in studio ed entro la stessa la cartografia ufficiale prodotta dall'I.G.M.I. riporta diversi corsi d'acqua di secondaria importanza; anche l'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Meridionale (A.d.B.) ha individuato diversi corsi d'acqua di natura non specificata (che nella maggior parte dei casi coincidono con i corsi d'acqua riportati sulla cartografia I.G.M.I.) che potrebbero avere delle implicazioni su quanto a farsi poiché gli stessi intersecano l'area d'interesse progettuale (Figure 3-1 e 3-2).

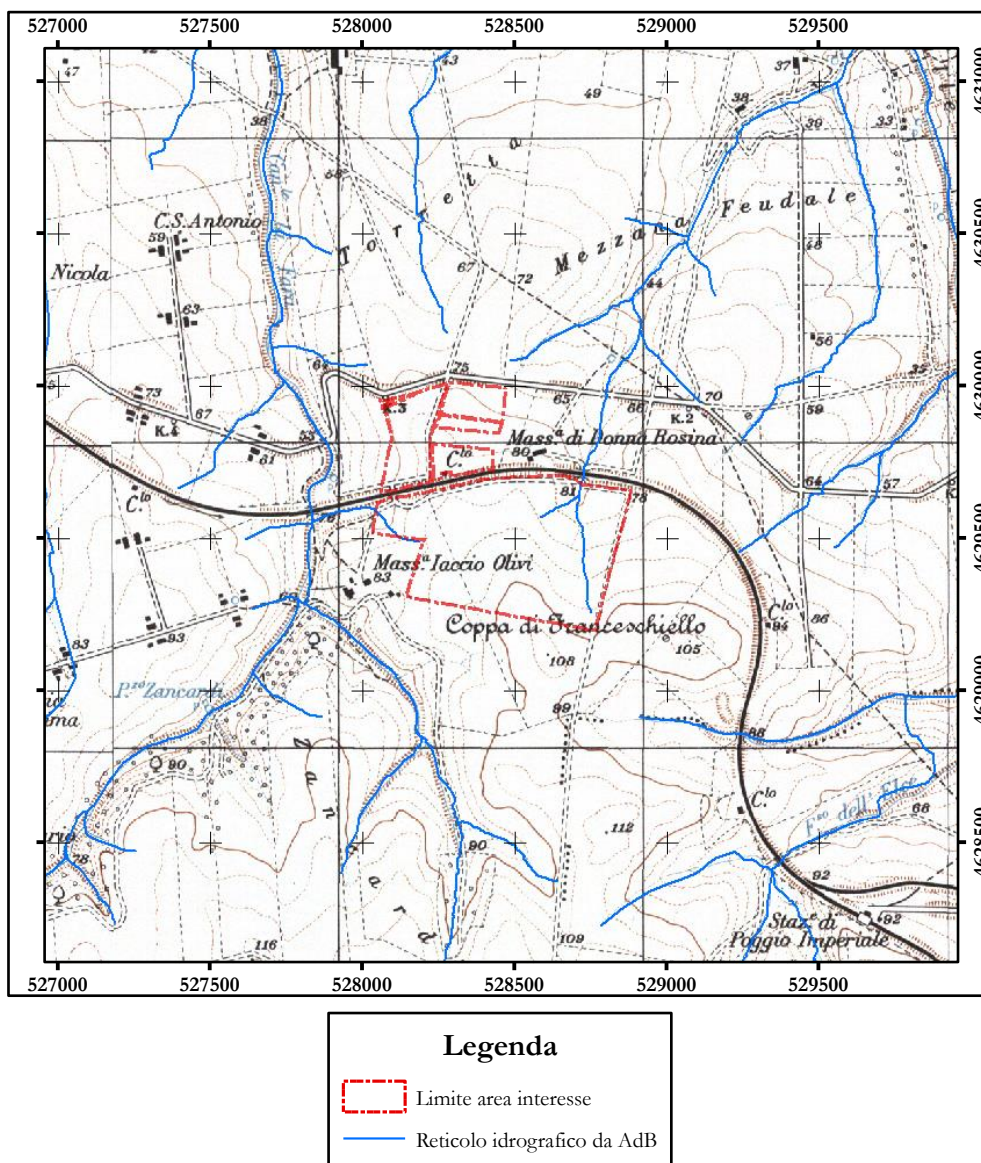


Figura 3-1: stralcio cartografico con indicazione dei reticoli idrografici presenti da cartografia nelle vicinanze dell'area in studio (Fonte: Reticolo idrografico l'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Meridionale - scala 1:25.000).

Il drenaggio delle acque superficiali si esplica da S verso N, verso il Lago di Lesina.



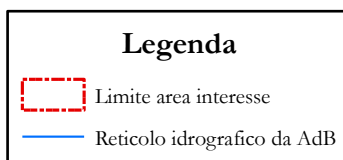
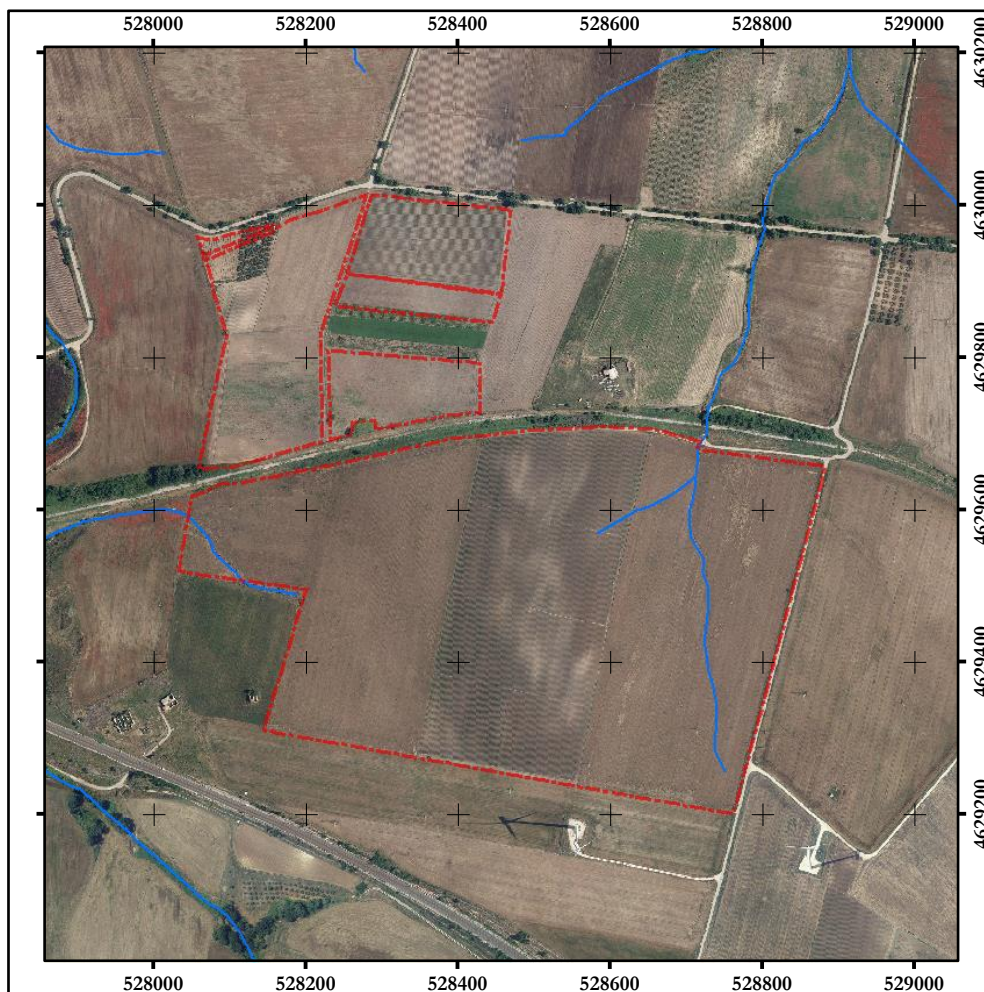


Figura 3-2: stralcio ortofotografico con indicazione dei reticoli idrografici presenti da cartografia nelle vicinanze dell'area in studio (scala 1:10.000).

## 4. INQUADRAMENTO NEGLI STRUMENTI DEL P.A.I.

Il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico, PAI, è stato inizialmente redatto dall'Autorità di Bacino della Puglia e approvato con Delibera del Comitato Istituzionale n. 39 del 30 novembre 2005; attualmente il PAI è sotto l'egida dell'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Meridionale (A.d.B.) a cui fa capo la Unit of Management Regionale (UoM) Puglia.

Come evidente dall'esame della Figura 4-1, entro la zona in studio, non sono presenti aree ritenute a rischio o pericolose da un punto di vista idrogeologico o idraulico e, dunque, quanto a progetto non rientra nelle more di applicazione degli artt. 7 "Interventi consentiti nelle aree ad alta pericolosità idraulica (A.P.)", 8 "Interventi consentiti nelle aree a media pericolosità idraulica (M.P.)", 9 "Interventi consentiti nelle aree a bassa pericolosità idraulica (B.P.)", 13 "Interventi consentiti nelle aree a pericolosità geomorfologica molto elevata (P.G.3)", 14 "Interventi consentiti nelle aree a pericolosità geomorfologica elevata (P.G.2)" e, infine, 15 "Aree a pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1)".

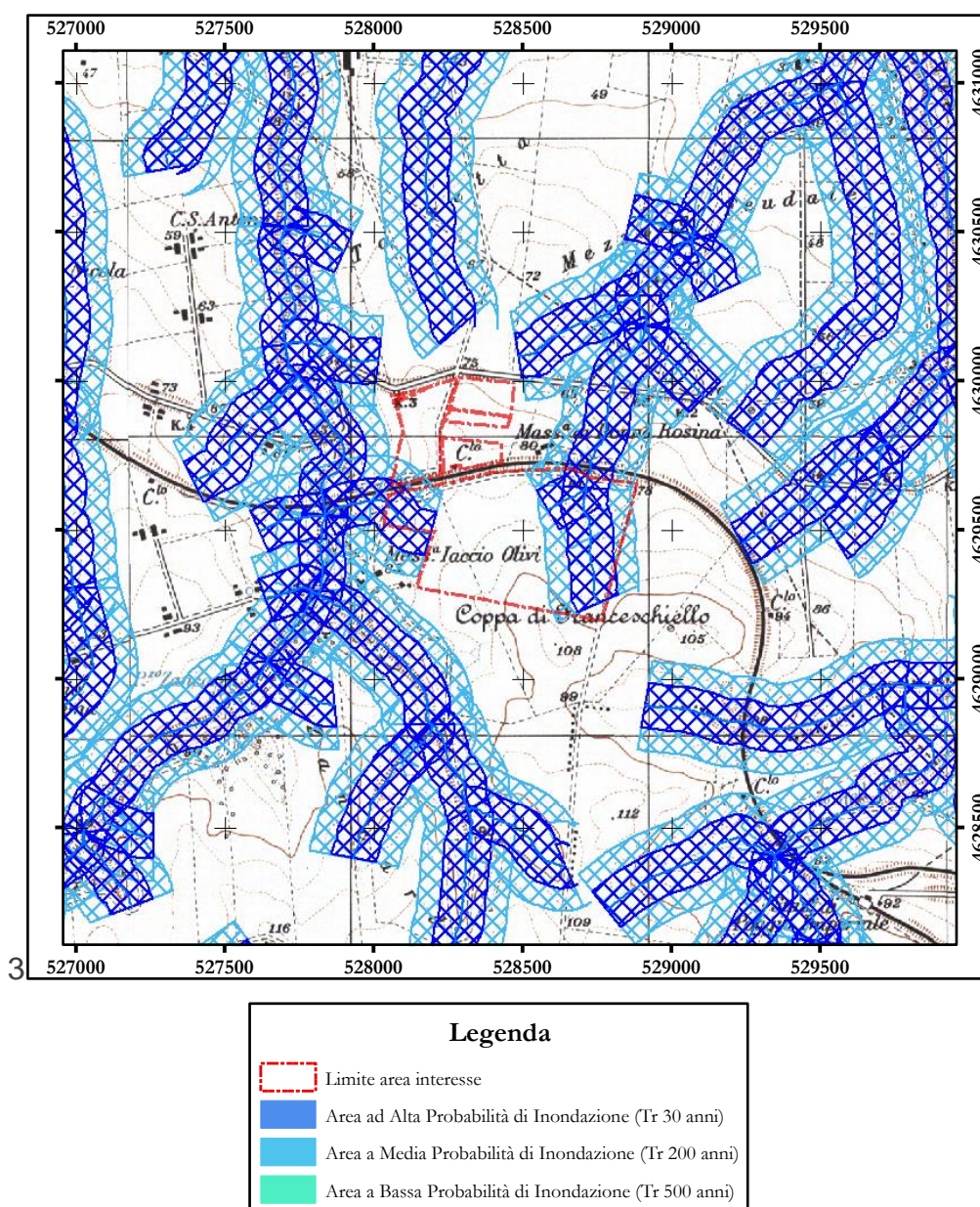


Figura 4-1: stralcio cartografico con indicazione dell'area in studio e delle aree vincolate dal PAI presenti in zona (scala 1:25.000 – Fonte A. d. B.).

Come già accennato in precedenza, invece, entro l'area d'interesse e nei suoi dintorni l'A.d.B. ha individuato diversi corsi d'acqua di natura non specificata; in particolare, tre di essi potrebbero avere delle influenze sulla stessa poiché distanti meno di 150 m. Per quanto appena affermato ne riviene che l'area è assoggettata a quanto prescritto dagli artt. 6 "Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali" e 10 "Disciplina delle fasce di pertinenza fluviale" (Figura 4-2) e per tale ragione si è reso necessario il presente studio. Inoltre, al fine di simulare nel modo più attinente alla realtà dei luoghi (presenza di cunicoli o interferenze che permettono il ruscellamento superficiale delle acque di pioggia oltre dei rilevati antropici – vedi oltre) la situazione idraulica locale, la simulazione ha considerato un ulteriore corso d'acqua (quello afferente al bacino B1) posto oltre 150 m, verso W, dal limite dell'area d'interesse progettuale.

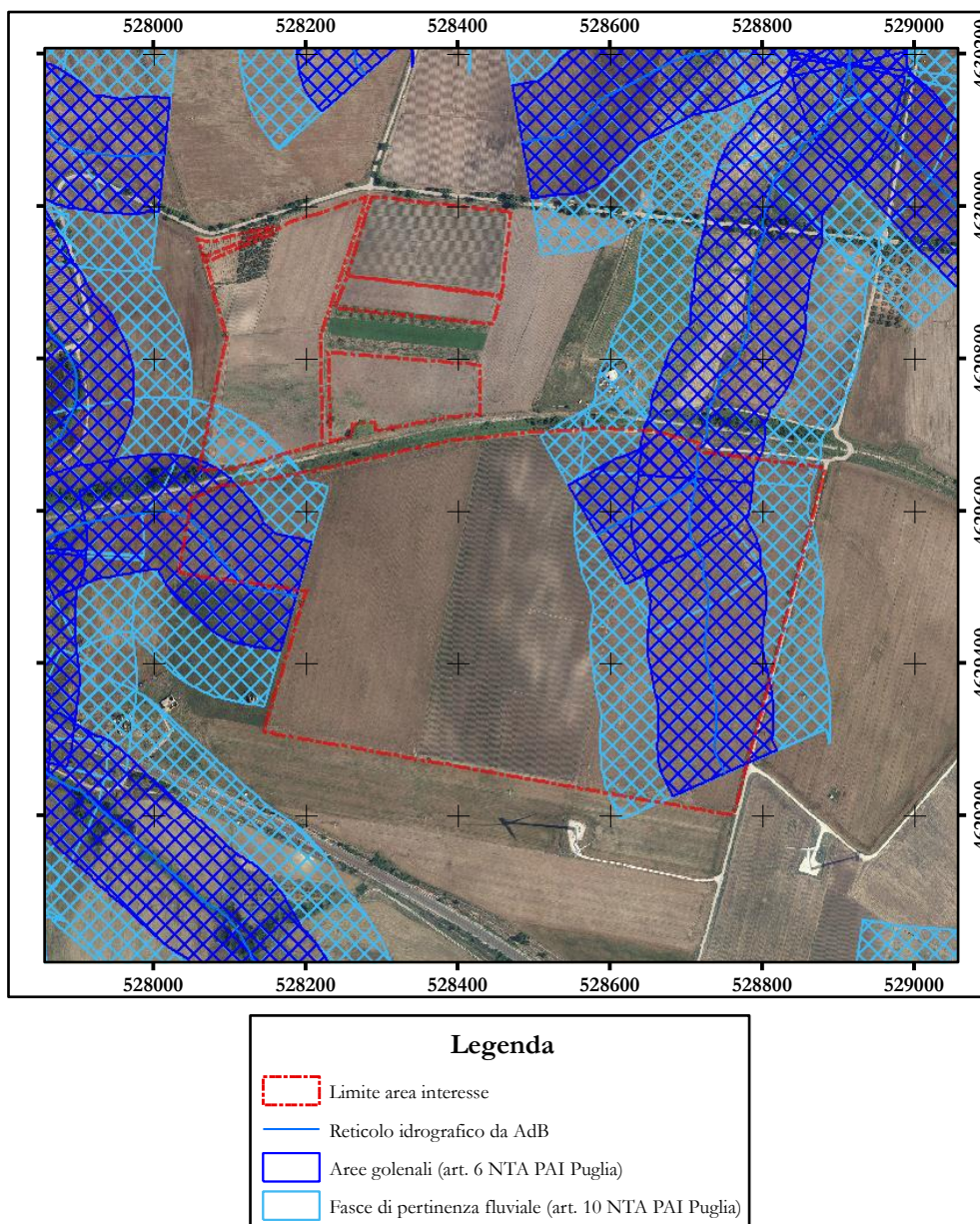


Figura 4-2: stralcio ortofotografico con indicazione dell'area in studio e delle fasce di rispetto dai corsi d'acqua (scala 1:5.000).

## 5. PECULIARITÈ IDRAULICHE RILEVATE IN ZONA

Con il fine precipuo di descrivere ed analizzare la situazione idraulica nel modo più attinente possibile alla realtà dei luoghi è stata effettuata un'attenta disamina dei dati cartografici ed ortofotografici a disposizione e dei luoghi. Tale analisi ha portato ad individuare, entro un idoneo areale esterno all'area d'interesse progettuale, n. 6 manufatti o cunicoli (Figura 5-1), 2 a N e 4 a W dell'area d'interesse progettuale, atti a far defluire le acque di precipitazione meteorica, che potrebbero scorrere in modo concentrato, attraverso dei rilevati sui quali sono state realizzate nel recente passato viabilità carrabile di varia natura e tratte ferroviarie. I manufatti individuati (Foto 5-1, 5-2, 5-3, 5-4, 5-5 e 5-6) hanno le caratteristiche dimensionali riportate in Tabella 5-1.

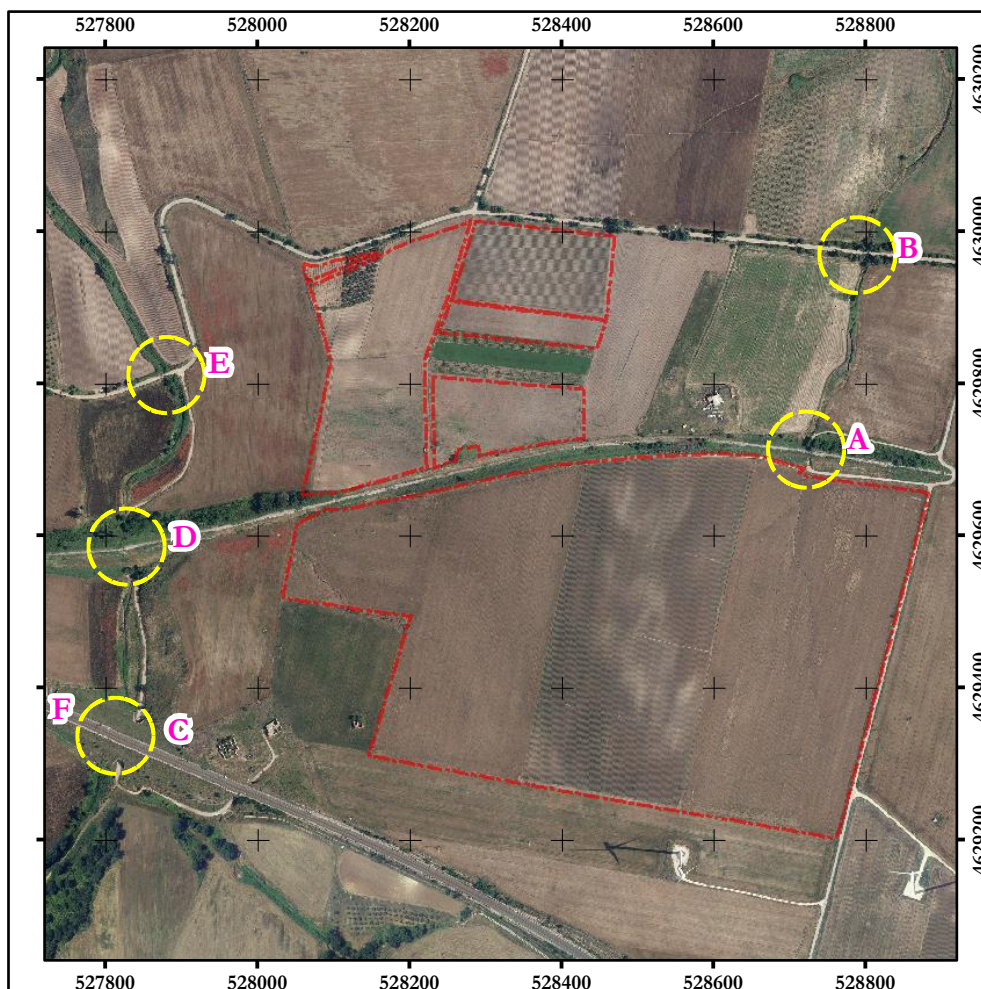


Figura 5-1: ubicazione dei cunicoli individuati (scala 1:10.000).



Foto5-1: cunicolo A.



Foto5-2: cunicolo B.



Foto5-3: cunicolo C.



Foto5-4: cunicolo D.

Cunicolo	Altezza (m)	Lunghezza (m)	Larghezza (m)
A	4,5	20,0	3
B	2,5	6,0	2,0
C	5,4	56,6	7,0
D	4,0	50,1	4,9
E	3,85	7,0	4,2
F	4,0	88,0	12,8

Tabella 5-1: caratteristiche dimensionali dei cunicoli individuati.

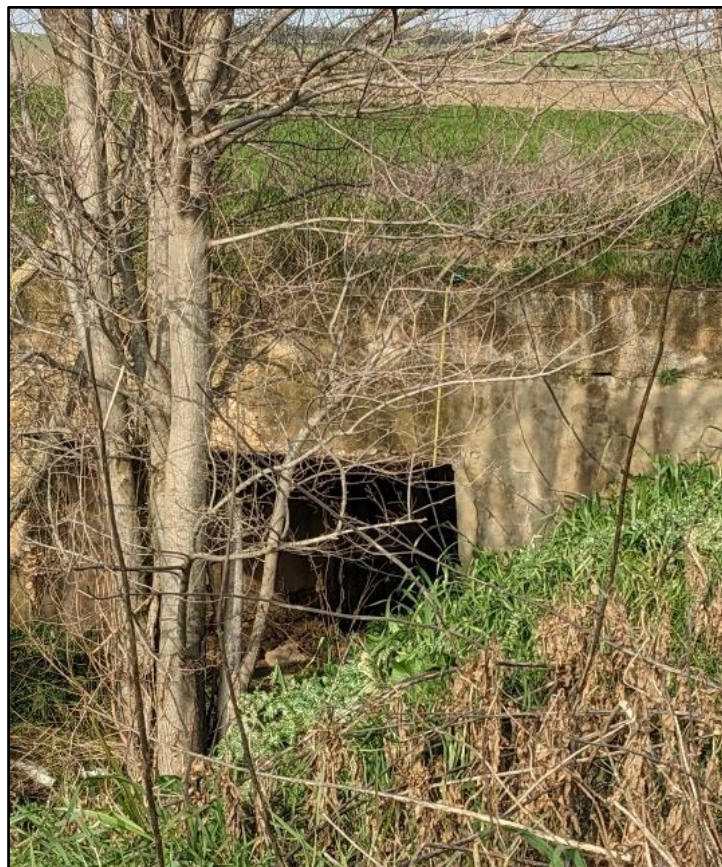


Foto5-5: cunicolo E.

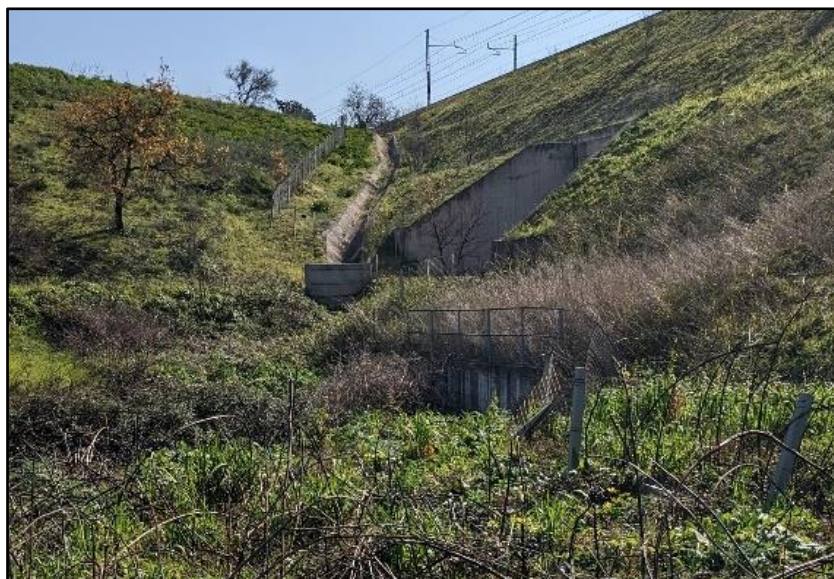


Foto5-6: cunicolo F.

Tutti i manufatti individuati sono stati considerati nelle simulazioni idrauliche realizzate.



## 6. VALUTAZIONE IDROLOGICA

Scopo della valutazione idrologica è quello di definire, come risultato finale, le portate massime e gli idrogrammi di piena che vengono a generarsi in concomitanza di eventi meteorici determinati per tempi di ritorno di a 30 e 200 anni; il fine precipuo è quello di valutare se sussistano o meno le condizioni di sicurezza idraulica così come definita dall'art. 36 delle N.T.A. del P.A.I. In linea generale, il processo valutativo è articolato in una serie di fasi consequenziali, come di seguito indicato:

definizione delle caratteristiche del bacino idrografico;

- Analisi pluviometrica;
- Determinazione dei pluviogrammi sintetici;
- Determinazione degli idrogrammi di piena.

Il risultato della valutazione idrologica costituirà il dato di input della successiva valutazione idraulica, trattata nel capitolo che segue.

### 6.1 Caratteristiche dei bacini idrografici d'interesse

Nelle vicinanze dell'area in studio, come già accennato, vi sono quattro corsi d'acqua, riportati sulla cartografia I.G.M. ed individuati dall'A.d.B.; tali corsi d'acqua, sia interni all'area d'interesse

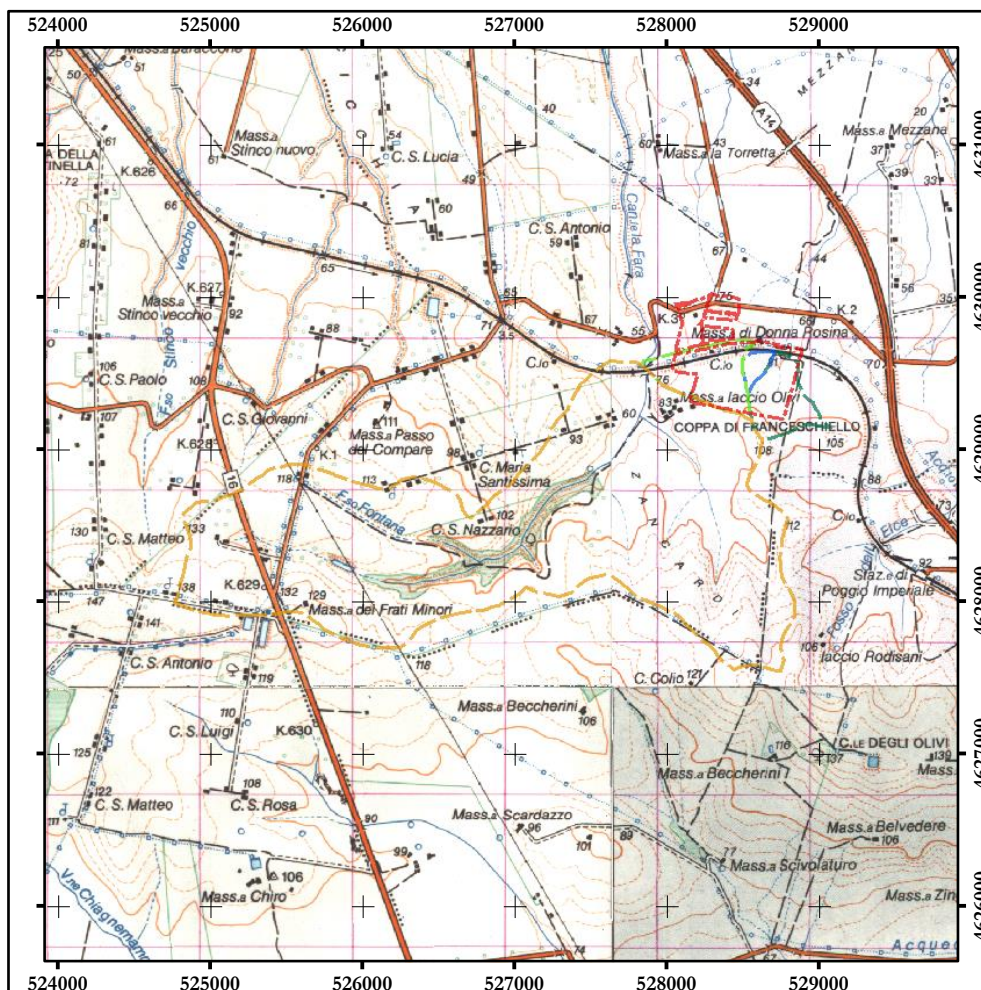
progettuale che esterni alla stessa, potrebbero avere delle conseguenze dirette su quanto a progetto; in particolare, il Bacino B1 (vedi oltre) è stato studiato con il fine di valutare l'efficacia di un cunicolo che permette il ruscellamento superficiale delle acque meteoriche oltre un rilevato sia del corso d'acqua ad esso afferente che di quello afferente al bacino B2.

La delimitazione dei bacini idrografici (Figura 6-1) è stata effettuata su base cartografica, prendendo come riferimento principale i dati del modello digitale del terreno determinato con tecnica Lidar dal Ministero dell'Ambiente e a disposizione dello scrivente, con risoluzione di 1 m, privilegiando un approccio di tipo "manuale" piuttosto che automatico o semi-automatico. Le caratteristiche morfologiche salienti dei bacini idrografici individuati sono riportate in Tabella 6-1.

Sulla scorta dei dati morfologici dei bacini è stato possibile determinare il loro tempo di corrivazione -  $t_c$  -, inteso come il tempo che necessita ad una goccia d'acqua per raggiungere la sezione di chiusura del bacino, partendo dal punto posto più a monte dello stesso. In letteratura sono riportate formulazioni matematiche proposte da differenti autori, sulla scorta di esperienze empiriche condotte in specifiche situazioni geografiche, morfologiche e ambientali.

Nel caso specifico si è optato per l'utilizzo della formulazione proposta da Ventura. Il risultato ottenuto è il seguente:

- $t_{cB1}$  = 1,87 ore;
- $t_{cB2}$  = 0,25 ore;
- $t_{cB3}$  = 0,09 ore;
- $t_{cB4}$  = 0,24 ore.



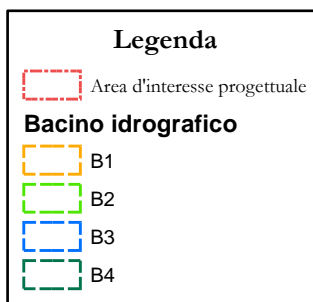


Figura 6-1: stralcio cartografico con indicazione dell'area d'interesse e dei bacini idrografici identificati (scala 1.50.000).

Bacino	A	P <sub>b</sub>	L	Q <sub>max</sub>	Q <sub>med</sub>	Q <sub>s</sub>	P <sub>a</sub>
B1	4,32	8,5	4,3	139,8	105,9	54,7	2,0
B2	0,21	7,8	0,9	105,7	85,7	54,7	5,7
B3	0,03	6,7	0,4	100,3	87,1	73,6	6,7
B4	0,17	6,2	0,7	107,5	95,3	73,6	4,8

Tabella 6-1: caratteristiche morfologiche dei bacini in studio (A: area del bacino - Km<sup>2</sup>; P<sub>b</sub>: pendenza media del bacino - %; L: lunghezza percorso idraulico maggiore - Km; Q<sub>max</sub>: quota massima del bacino - m; Q<sub>med</sub>: quota media del bacino - m; Q<sub>s</sub>: quota sezione di chiusura del bacino - m; P<sub>a</sub>: pendenza media del percorso idraulico maggiore - %).

## 6.2 Analisi pluviometrica

Seguendo le indicazioni riportate nella Relazione di Piano del P.A.I. l'analisi pluviometrica a scala di bacino è stata condotta in conformità a quanto previsto dal progetto Valutazione Piene (Va.Pi.) del Gruppo Nazionale di Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) che ha tenuto conto dei dati raccolti dagli Uffici periferici dell'ex Servizio Mareografico e Idrografico Nazionale. I risultati dell'analisi regionale delle piogge massime annuali, di durata variabile tra 1 e 24 ore, ottenuti utilizzando il modello statistico della distribuzione TCEV con distribuzione di tipo gerarchico, hanno portato alla suddivisione del territorio di competenza della Unity of Management (Uom) della Puglia in 6 aree pluviometriche omogenee (Figura 6-2).

Per ognuna di tali aree è possibile calcolare la Curva di Possibilità Pluviometrica sulla scorta delle relazioni seguenti:

$$\text{Zona 1: } x(t,z) = 26,8t^{[(0,720+0,00503z)/3,178]}$$

$$\text{Zona 2: } x(t,z) = 22,23t^{0,247}$$

$$\text{Zona 3: } x(t,z) = 25,325t^{[(0,0696+0,00531z)/3,178]}$$

$$\text{Zona 4: } x(t,z) = 24,70t^{0,256}$$

$$\text{Zona 5: } x(t,z) = 28,2t^{[(0,628+0,0002z)/3,178]}$$

$$\text{Zona 6: } x(t,z) = 33,7t^{[(0,488+0,0022z)/3,178]}$$

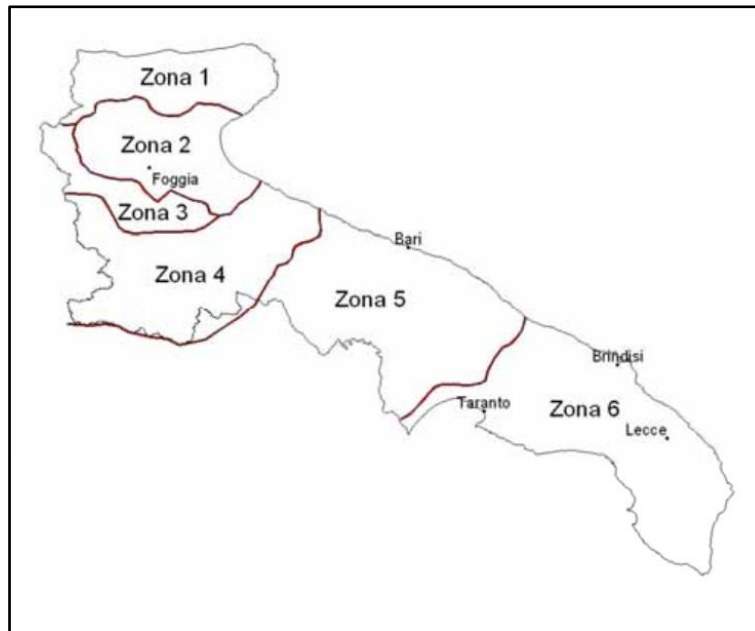


Figura 6-2: aree pluviometriche omogenee identificate nel territorio pugliese.

Ai valori così ottenuti vanno poi applicati dei coefficienti moltiplicativi relativamente al Fattore di Crescita ( $K_T$ ), funzione del tempo di ritorno (espresso in anni) dell'evento di progetto, ed al Fattore di Riduzione Areale ( $K_A$ ), funzione della superficie del bacino (espressa in  $Km^2$ ) e del tempo di ritorno (espresso in anni):

$$K_T = 0,5648 + 0,415 * \ln(T) \text{ (per le zone omogenee 1, 2, 3 e 4)}$$

$$K_T = 0,1599 + 0,5166 * \ln(T) \text{ (per le zone omogenee 5 e 6).}$$

Qualora lo studio idrologico riguardi un'area estesa la precipitazione deve essere ragguagliata alla superficie del bacino attraverso il fattore  $K_A$ ; nel caso specifico tale fattore è di poco inferiore a 1.

Tenendo in considerazione i valori di estensione e quota media di ciascun bacino in studio e considerando che ciascun bacino ricade nella zona omogenea 1, sono stati determinati i valori di "a" e "n" relativi alla curva di possibilità pluviometrica, per eventi con tempi di ritorno pari a 30 e 200 anni (Tabella 6-2). Nelle Figure 6-3, 6-4, 6-5, 6-6, 6-7, 6-8, 6-9 e 6-10 sono riportate le curve di possibilità pluviometrica per il bacino d'interesse, per i tempi di ritorno considerati.

Bacino		$T_r = 30$ anni	$T_r = 200$ anni
B1	a	52,71	73,71
	n	0,394	0,394
B2	a	52,95	74,04
	n	0,362	0,362
B3	a	52,96	74,06
	n	0,364	0,364
B4	a	52,95	74,05
	n	0,377	0,377

Tabella 6-2: valori dei parametri "a" e "n" della curva di possibilità pluviometrica determinati per tempi di ritorno pari a 30 e 200 anni.

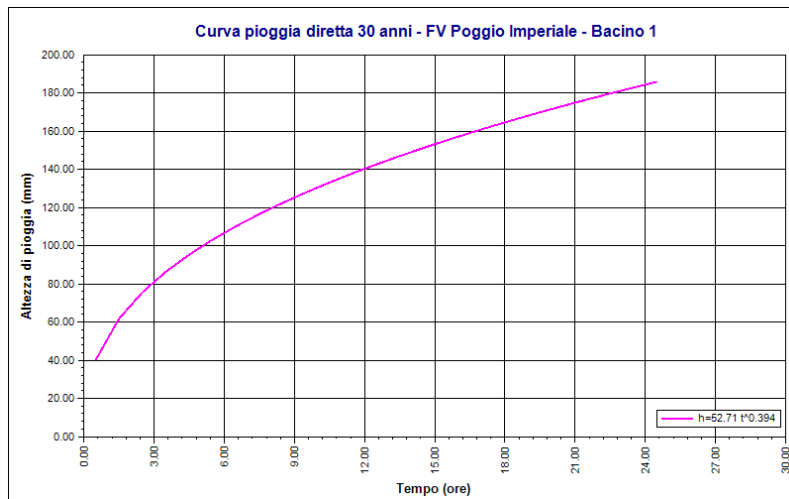


Figura 6-3: curva di possibilità pluviometrica del bacino idrografico B1 in studio per un tempo di ritorno di 30 anni.

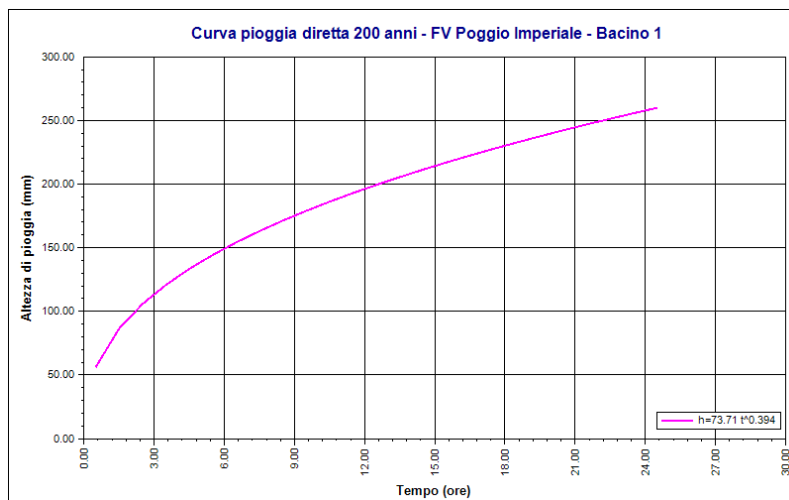


Figura 6-4: curva di possibilità pluviometrica del bacino idrografico B1 in studio per un tempo di ritorno di 200 anni.

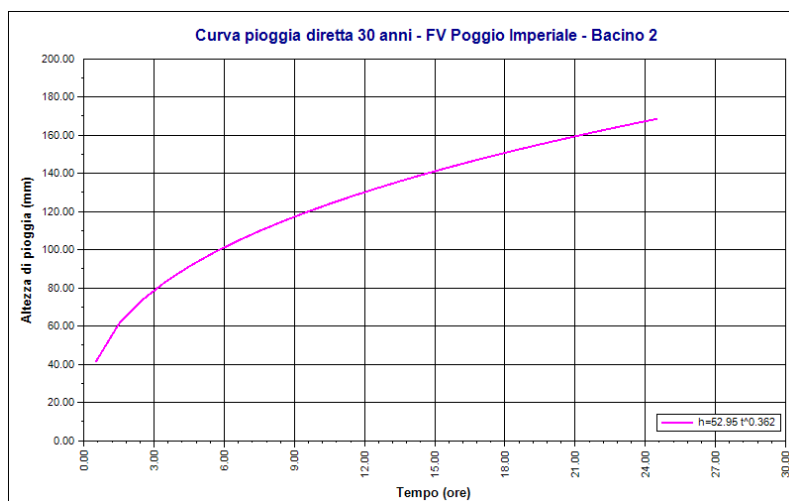


Figura 6-5: curva di possibilità pluviometrica del bacino idrografico B2 in studio per un tempo di ritorno di 30 anni.

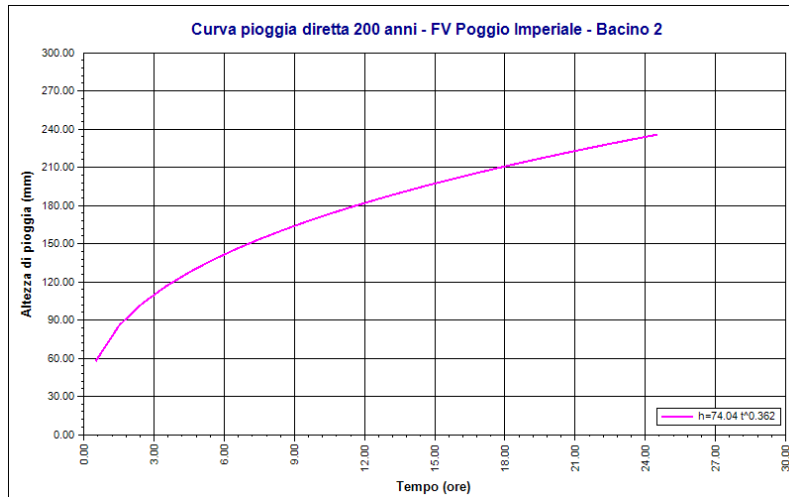


Figura 6-6: curva di possibilità pluviometrica del bacino idrografico B2 in studio per un tempo di ritorno di 200 anni.

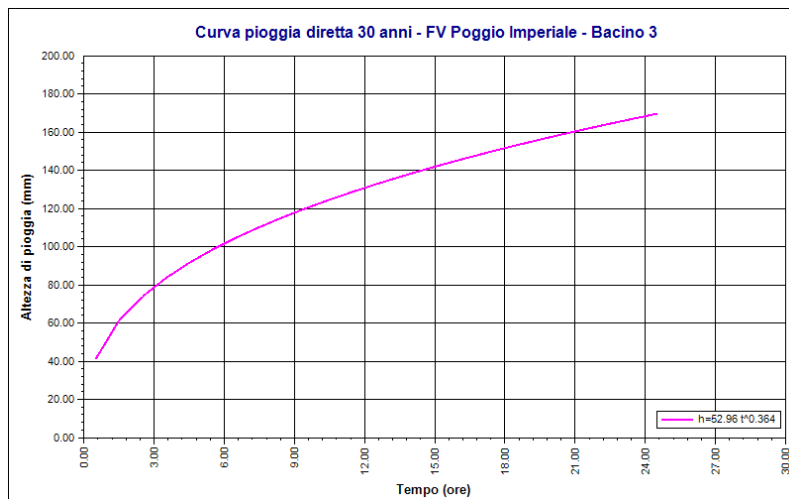


Figura 6-7: curva di possibilità pluviometrica del bacino idrografico B3 in studio per un tempo di ritorno di 30 anni.

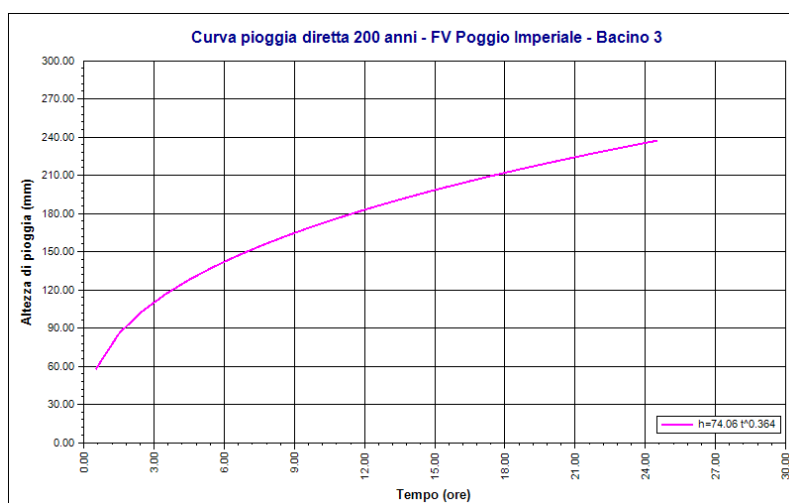


Figura 6-8: curva di possibilità pluviometrica del bacino idrografico B3 in studio per un tempo di ritorno di 200 anni.

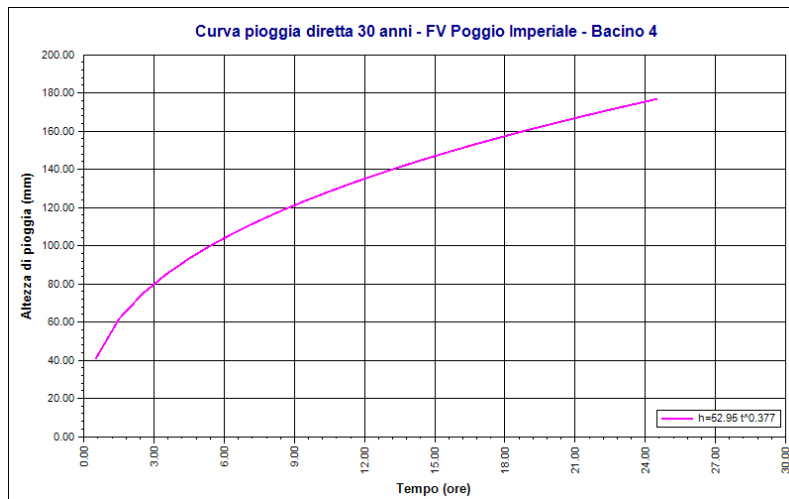


Figura 6-9: curva di possibilità pluviometrica del bacino idrografico B4 in studio per un tempo di ritorno di 30 anni.

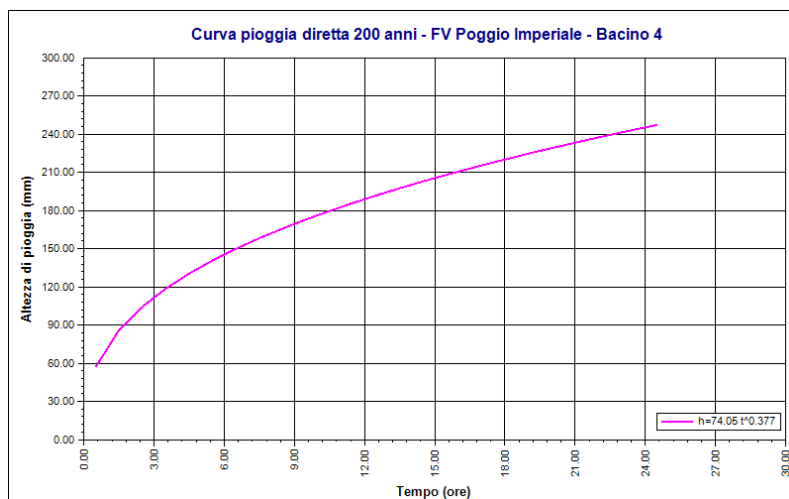


Figura 6-10: curva di possibilità pluviometrica del bacino idrografico B4 in studio per un tempo di ritorno di 200 anni.

### 6.3 Determinazione dei pluviogrammi sintetici

Per ciascun bacino e per tempi di ritorno di 30 e 200 anni, seguendo le indicazioni contenute nella Relazione di Piano del P.A.I., sono stati determinati i pluviogrammi sintetici, imponendo le seguenti condizioni:

- Pluviogramma Chicago con picco centrale
- Durata dell'evento meteorico pari al tempo di corrivazione.

Nelle Figure 6-11, 6-12, 6-13, 6-14, 6-15, 6-16, 6-17 e 6-18 sono riportati i pluviogrammi sintetici così determinati.

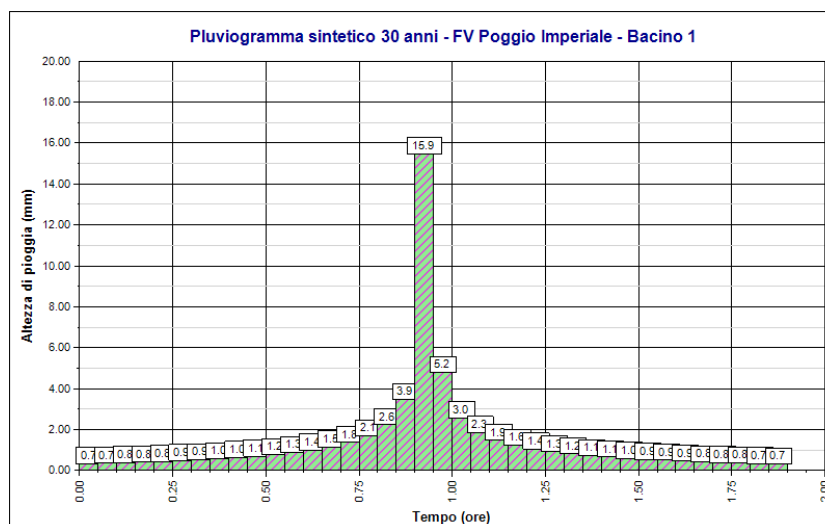


Figura 6-11: pluviogramma sintetico del bacino idrografico B1 in studio per un tempo di ritorno di 30 anni.



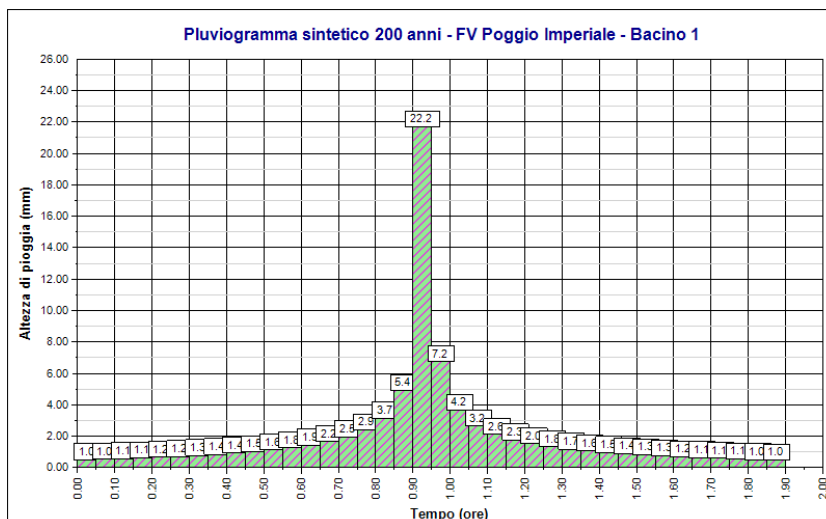


Figura 6-12: pluviogramma sintetico del bacino idrografico B1 in studio per un tempo di ritorno di 200 anni.

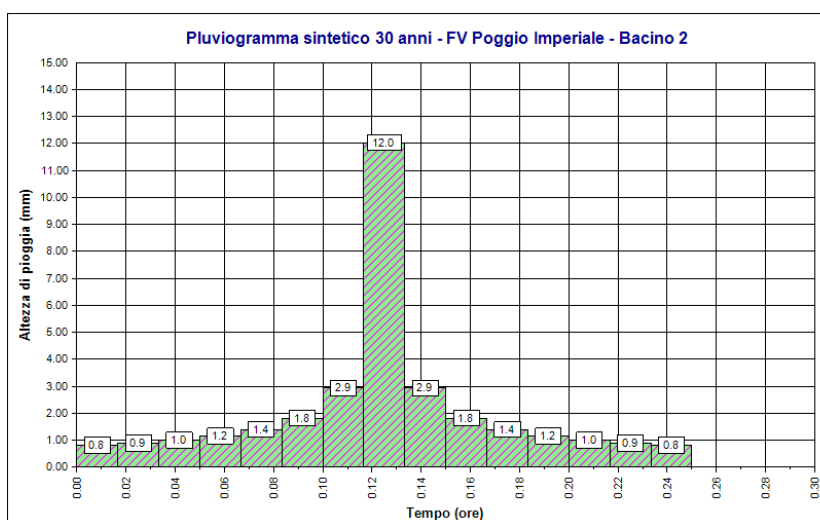


Figura 6-13: pluviogramma sintetico del bacino idrografico B2 in studio per un tempo di ritorno di 30 anni.

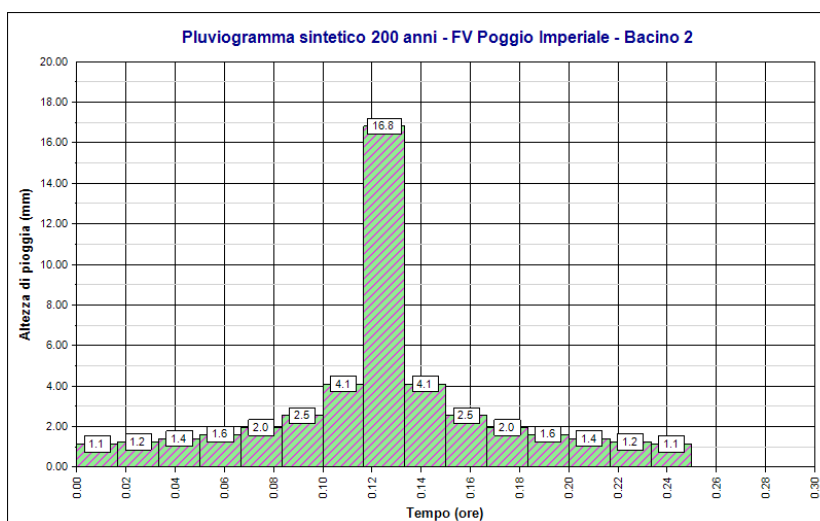


Figura 6-14: pluviogramma sintetico del bacino idrografico B2 in studio per un tempo di ritorno di 200 anni.

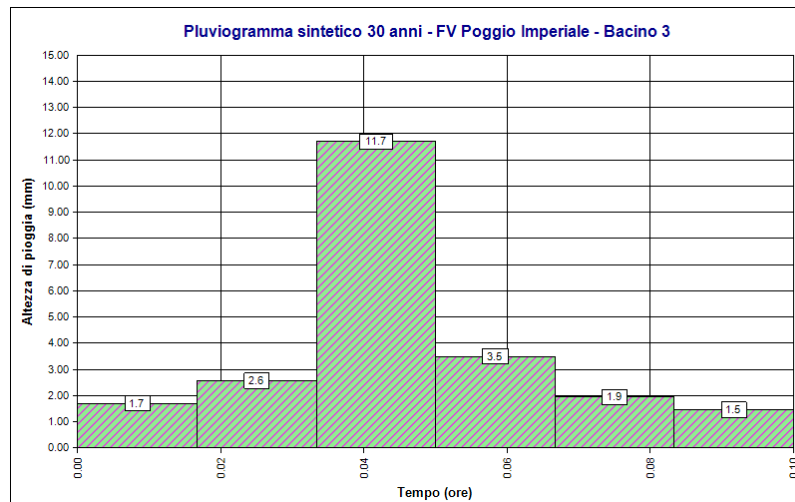


Figura 6-15: pluviogramma sintetico del bacino idrografico B3 in studio per un tempo di ritorno di 30 anni.

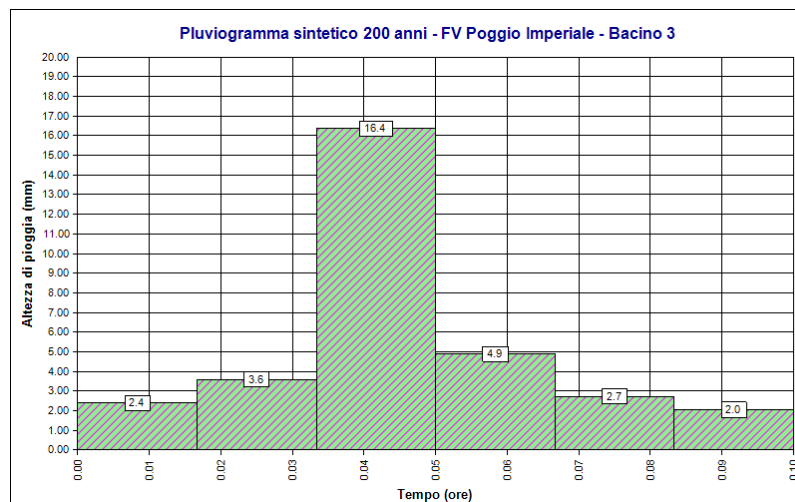


Figura 6-16: pluviogramma sintetico del bacino idrografico B3 in studio per un tempo di ritorno di 200 anni.

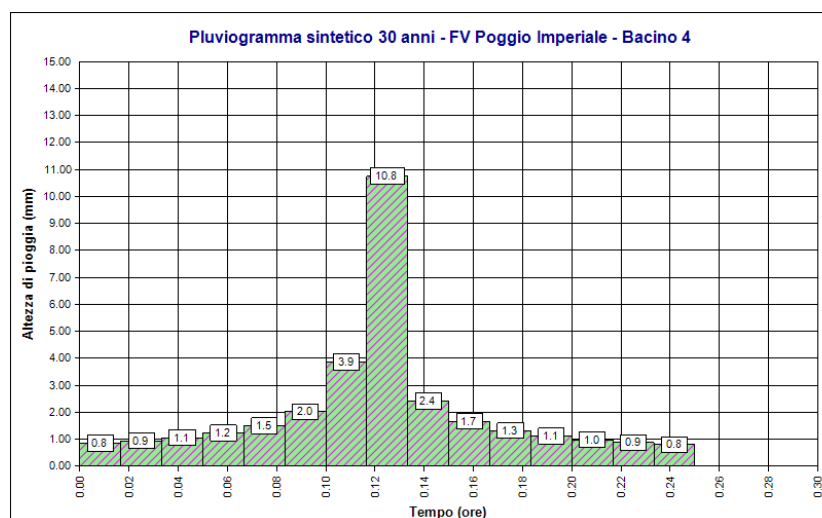


Figura 6-16: pluviogramma sintetico del bacino idrografico B4 in studio per un tempo di ritorno di 30 anni.

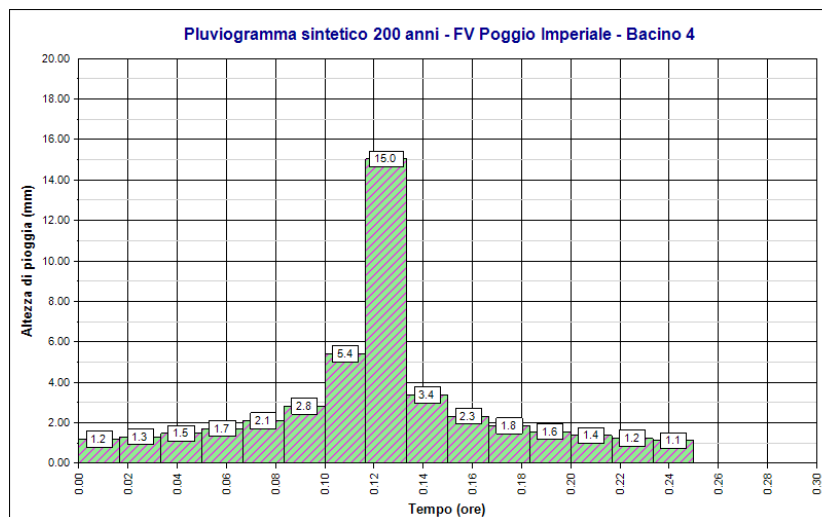


Figura 6-18: pluviogramma sintetico del bacino idrografico B4 in studio per un tempo di ritorno di 200 anni.

## 6.4 Determinazione degli idrogrammi di progetto

In letteratura sono riportati vari metodi per la stima degli idrogrammi di progetto o della pioggia efficace; il metodo del Curve Number (CN) proposto dal Soil Conservation Service (SCS) è tradizionalmente uno dei più utilizzati ed è quello che sarà applicato nel presente lavoro. Il CN è un parametro adimensionale che decresce in funzione della permeabilità del substrato; il valore assunto da tale parametro è funzione:

- Del grado di umidità del terreno prima dell'evento meteorico preso in considerazione;
- Della litologia e della pedologia del suolo.

Il valore del CN varia da 0 a 100 ed è diffusamente tabulato, soprattutto nella letteratura scientifica americana, come risultato di innumerevoli esempi applicativi.

Per ciò che attiene il grado di umidità del terreno sono previste tre classi, I, II e III, in funzione dell'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni antecedenti l'evento meteorico considerato (Antecedent Moisture Condition – AMC); la Tabella 6-3 riassume le caratteristiche delle tre classi AMC.

AMC	Precipitazione (mm)	Classe
Molto asciutto	< 50	I
Standard	Tra 50 e 110	II
Molto umido	>110	III

Tabella 6-3: classi relative a AMC (Fonte SCS).

I valori di CN riscontrati in letteratura fanno sempre riferimento al CN della classe AMC II (CN<sub>II</sub>); il valore di CN riferito alla classe AMC III (CN<sub>III</sub>) è solitamente così determinato:

$$CN_{III} = (23 * CN_{II}) / (10 + 0,13 * CN_{II}).$$

Al fine di determinate il CN il suolo deve essere classificato anche in funzione delle caratteristiche di permeabilità, secondo la suddivisione litologica proposta dal SCS; tale suddivisione prevede 4 classi di permeabilità o di potenzialità di deflusso, come indicato nella Tabella 6-4.

Potenzialità deflusso	Classe
Scarsa	A
Moderatamente bassa	B
Moderatamente alta	C
Molto alta	D

Tabella 6-4: suddivisione dei terreni in base alla potenzialità di deflusso (Fonte SCS).

Determinata la classe della potenzialità di deflusso è possibile, per ciascun tipo di copertura del suolo, determinarne il relativo valore di CN (Tabella 6-5). Allo scopo di determinare in modo corretto la potenzialità di deflusso delle acque di precipitazione meteorica all'interno del bacino in studio è stata realizzata una carta della potenzialità di deflusso superficiale (Figura 6-19), considerando quanto riportato nella Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia e la permeabilità perlomeno medio dei litotipi affioranti in zona; a ciascun tipo litologico è stata attribuita una classe di deflusso. Sempre al fine di determinare il valore del CN per i bacini è stata redatta una carta di uso del suolo, prendendo a riferimento i dati ufficiali del Sistema Informativo Territoriale (S.I.T.) della Puglia (Figura 6-20).

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 d'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 permanenti	62	71	78	81
Frutteti e frutteti minori non irrigui	62	71	78	81
Frutteti e frutteti minori irrigui	72	81	88	91
Oliveti irrigui	72	81	88	91
Oliveti non irrigui	62	71	78	81
Prati stabili non irrigui	30	58	71	78
Seminativi in aree non irrigue	62	71	78	81
Sistemi colturali e particellari complessi	72	81	88	91
Vigneti irrigui	72	81	88	91
Vigneti non irrigui	62	71	78	81
Zone boscate	45	66	77	83

Tabella 6-5: esempio di valori di CNII per differenti tipologie di copertura del suolo e della diversa potenzialità di deflusso.

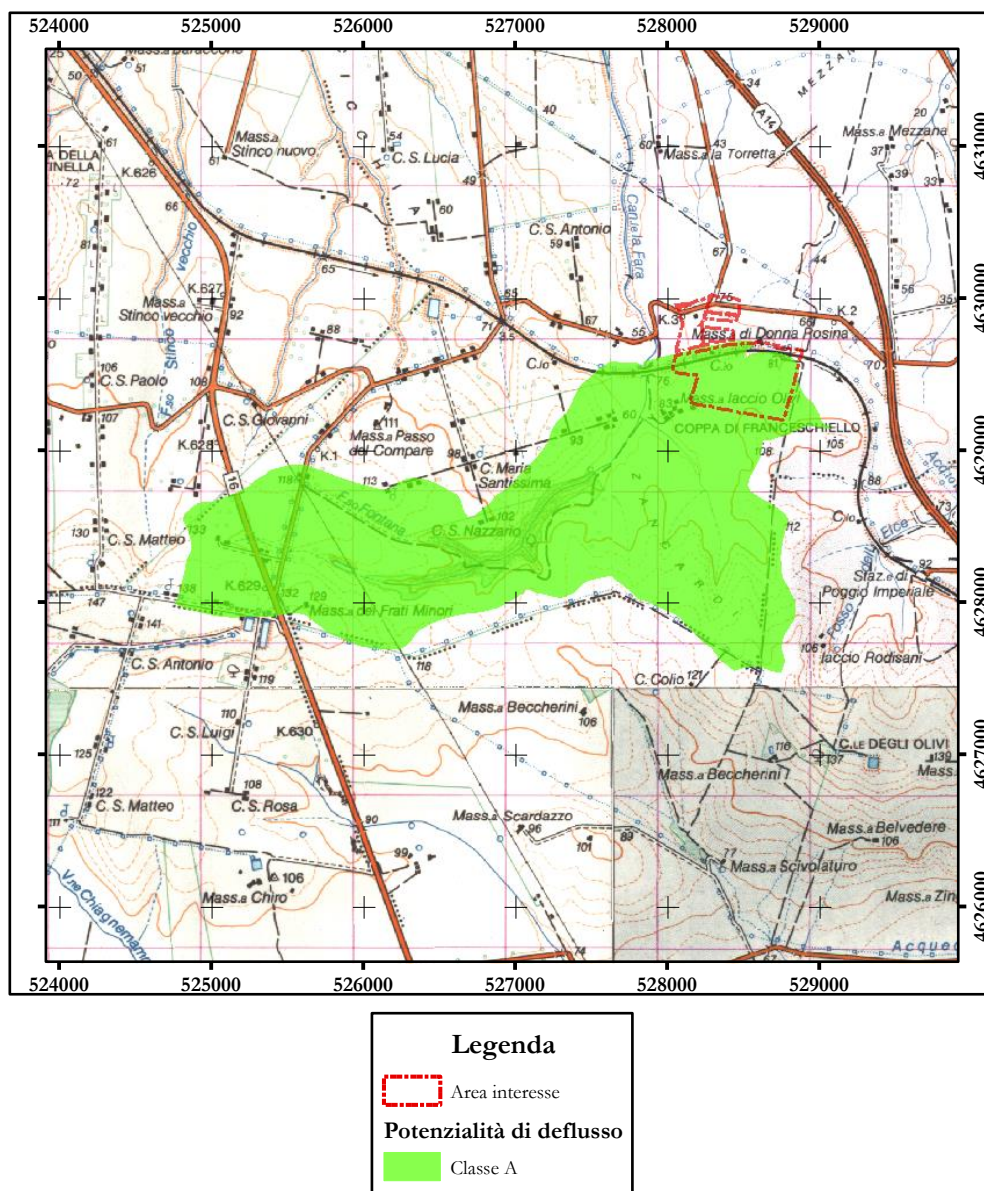


Figura 6-19: carta litologica con definizione della potenzialità di deflusso relativa ai due bacini idrografici in studio (scala 1:50.000 – Fonte: Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia).

Una volta noti sia la potenzialità di deflusso che l'uso del suolo è stato possibile definire, per ciascuna classe di uso del suolo in funzione della litologia del substrato, il corrispondente valore del  $CN_{III}$ ; la Figura 6-21 ne mostra graficamente il risultato. Il valore medio del  $CN_{III}$  determinato per ciascun bacino è:

- $CN_{III}B1 = 79$ ;
- $CN_{III}B2 = 79$ ;
- $CN_{III}B3 = 79$ ,
- $CN_{III}B4 = 80$ .

Per ciò che concerne il valore medio di  $CN_{III}$  è doveroso specificare che esso è stato determinato come media ponderata sull'area di ciascun poligono di uso del suolo.

Il calcolo della precipitazione efficace utile per definire lo scorrimento superficiale è stato effettuando, seguendo le indicazioni riportate nella Relazione di Piano del P.A.I., depurando i pluviogrammi dalle

perdite per infiltrazione e immagazzinamento nelle depressioni morfologiche superficiali. È stato adottato il metodo di depurazione della pioggia noto come Curve Number, proposto dal SoilConservation Service. Il modello idrologico SCS-CN permette di simulare il deflusso superficiale in corrispondenza di una data precipitazione. Il processo di trasformazione afflussi-deflussi è suddiviso nelle seguenti fasi:

- a) Determinazione delle piogge nette;
- b) Trasformazione delle piogge nette in deflussi superficiali.

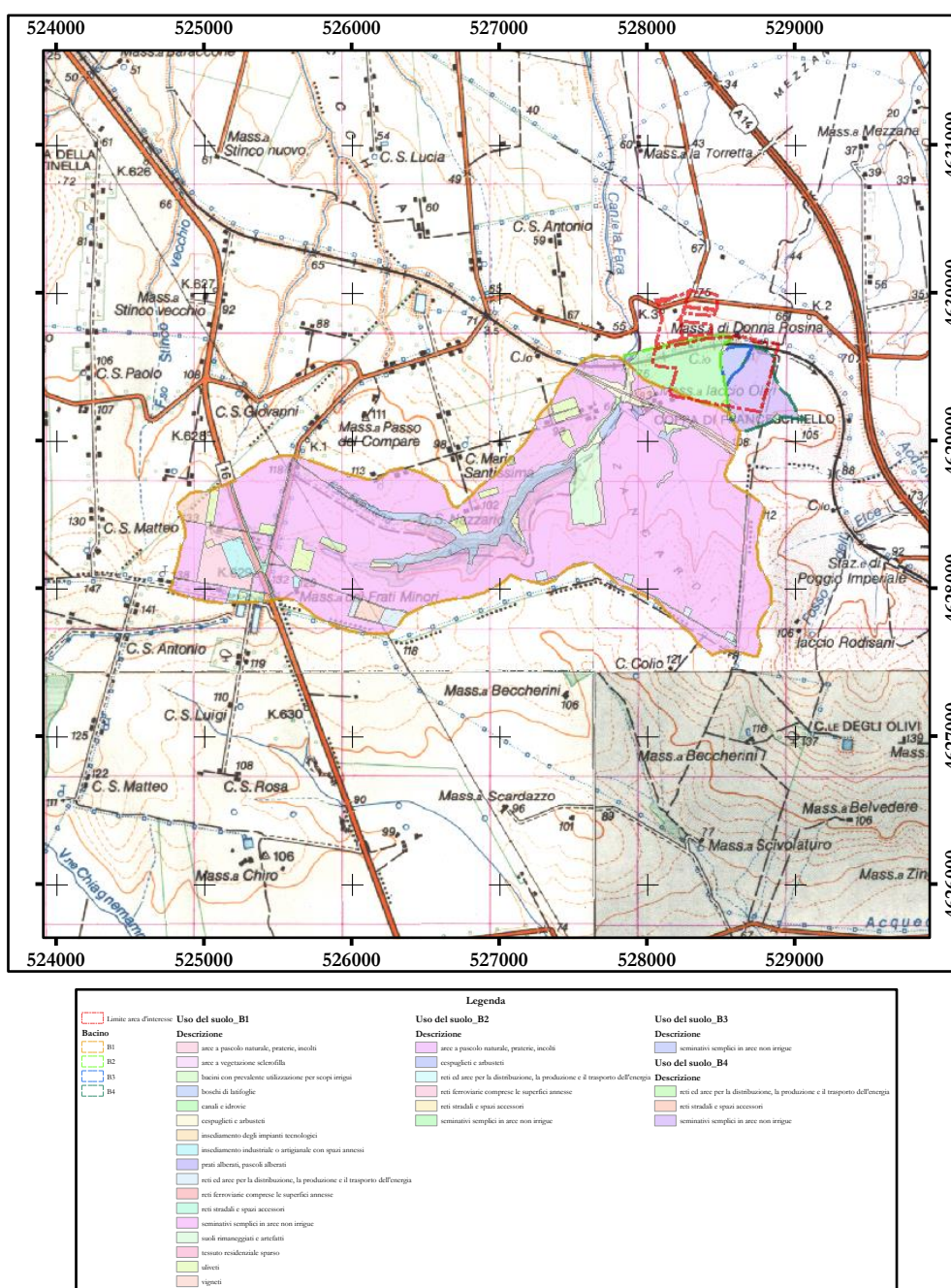


Figura 6-20: carta di uso del suolo dei bacini idrografici in studio (scala 1:50.000 - Fonte S.I.T. Puglia).

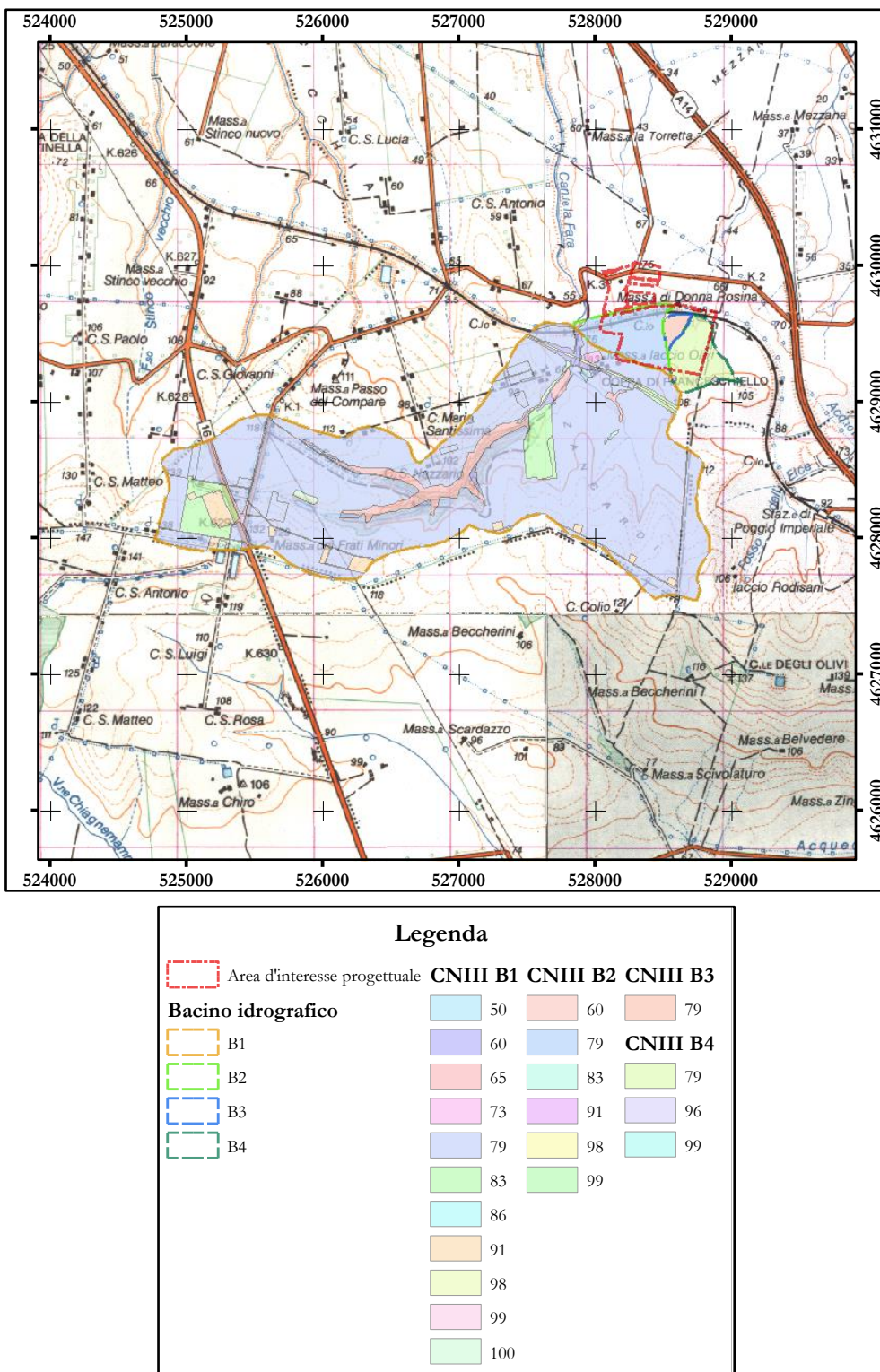


Figura 6-21: carta del CNIII relativo a ciascun poligono di uso del suolo in funzione della litologia del substrato relativa ai due bacini idrografici in studio (scala 1:50.000).

A tal fine è necessario definire un pluviogramma, che viene considerato uniformemente distribuito sull'intero bacino

$$\frac{S}{S'} = \frac{R}{P}$$

e assume la forma seguente:

$$R = \frac{P^2}{P + S'} [mm]$$

che definisce l'andamento nel tempo del deflusso R nota la precipitazione P e la massima infiltrazione S'.

Considerando che un'aliquota di P si invasa nelle depressioni superficiali o si infiltra prima che il deflusso abbia inizio, si può scrivere:

$$R = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S'} [mm]$$

essendo  $I_a$  (mm) la perdita iniziale (Initialabstraction). Unico parametro del modello risulta quindi essere l'altezza massima immagazzinabile nel terreno a saturazione S' (mm), che si ricava dalla seguente formula:

$$S' = \frac{25400}{CN} - 254$$

dove CN (Curve Number) è, come già specificato, un indice compreso tra 0 e 100 fornito dalle tabelle SCS in funzione del tipo di terreno, dell'utilizzazione del suolo e delle condizioni antecedenti di umidità.

Il valore di S' determinato ponendo  $CN_{III}$  pari a 79 per i bacini B1, B2 e B3 in studio è circa 67,5 mm, mentre ponendo  $CN_{III}$  pari a 80 per il bacino B4 è circa 63,5; poiché la perdita iniziale  $I_a$  è stabilita in  $0,2 \times S'$ , la stessa è circa 13,5 mm per i bacini B1, B2 e B3 e 12,7 mm per il bacino B4 (nella trasformazione afflussi-deflussi, a scopo meramente cautelativo, si considererà una  $I_a$  di 5 mm).

La trasformazione afflussi-deflussi è ottenuta tramite l'idrogramma unitario SCS (1972), di seguito riportato, che richiede come unico parametro il tempo  $T_{lag}$  (ore) pari al ritardo tra il baricentro del diagramma delle piogge nette e il picco dell'idrogramma unitario.

L'istante e la portata di picco rispetto alla precipitazione unitaria sono calcolati come:

$$t_{picco} = 0,5\Delta t + t_{lag}$$

$$U_{picco} = 0,2084 \frac{A}{t_{picco}}$$

dove  $t_{picco}$  è il tempo in ore del picco dell'idrogramma unitario (Figura 6-22),  $\Delta t$  è l'intervallo di calcolo espresso in ore,  $U_{picco}$  è la portata massima dell'idrogramma unitario espressa in  $m^3/s/mm$  e A è l'area del bacino misurata in  $km^2$ .

Imponendo per  $I_a$  un valore pari a 5 mm (inferiore a 13,5 mm e 12,7 mm, a scopo cautelativo) e un  $T_{lag}$  (intervallo temporale che intercorre tra il picco del pluviogramma di progetto ed il picco dell'idrogramma risultante) pari al 60 % del tempo di corrvazione, per i bacini in studio sono stati determinati gli idrogrammi (Figure 6-23, 6-24, 6-25, 6-26, 6-27, 6-28, 6-29 e 6-30; Tabelle 6-6, 6-7, 6-8, 6-9, 6-10, 6-11, 6-12 e 6-13), le portate di picco (Tabella 6-14) e le grandezze di alcuni parametri



di interesse idraulico (Tabelle 6-15, 6-16, 6-17, 6-18, 6-19, 6-20, 6-21 e 6-22) per eventi con tempi di ritorno pari a 30 e 200 anni.

La portata è ottenuta tramite la sommatoria che discretizza l'integrale di convoluzione:

$$Q(i) = \sum_{j=1}^i U(j)P(i-j+1)$$

dove  $Q(i)$  è la portata alla fine dell'intervallo  $i$ -esimo,  $U(j)$  è la  $j$ -esima ordinata dell'idrogramma unitario, ricavabile dalla Figura 6-22, e  $P(i)$  è la pioggia netta all'intervallo  $i$ -esimo.

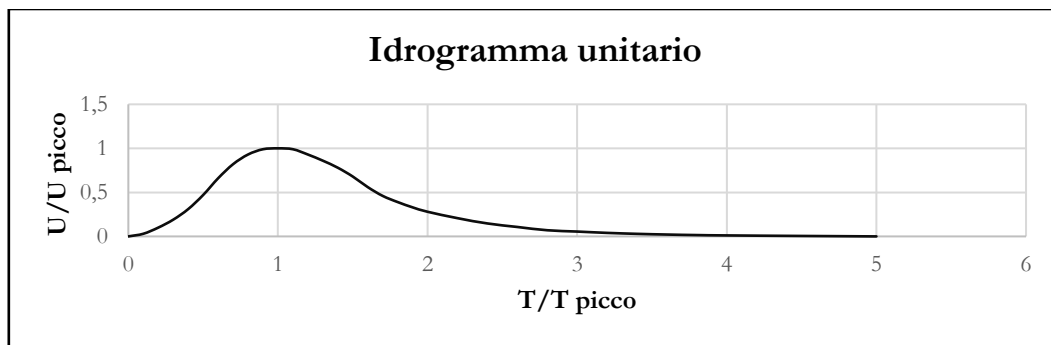


Figura 6-22: idrogramma unitario adimensionalizzato SCS.

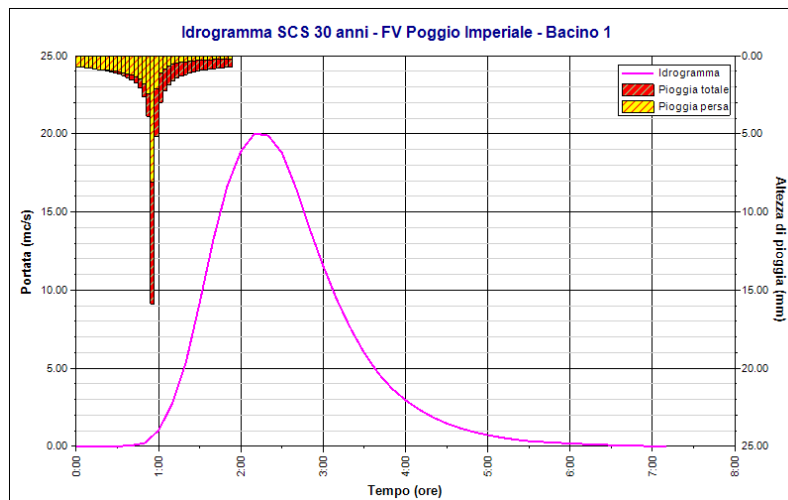


Figura 6-23: idrogramma di progetto relativo al bacino idrografico B1 in studio, con tempo di ritorno di 30 anni.

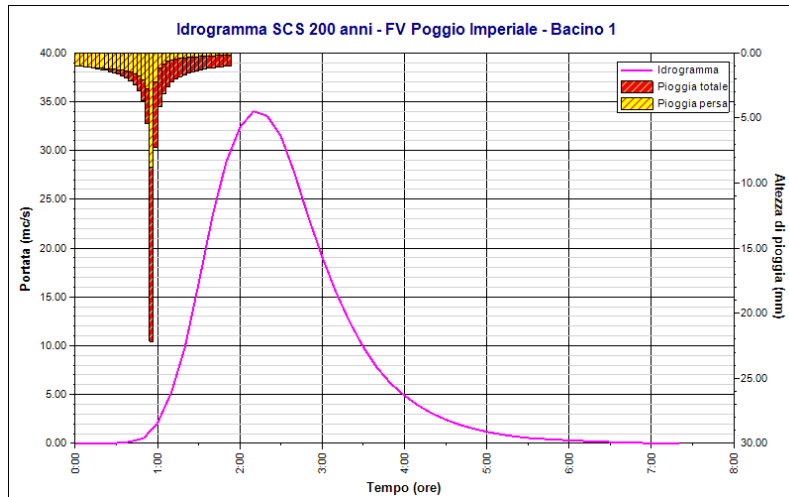


Figura 6-24: idrogramma di progetto relativo al Bacino idrografico B1 in studio con tempo di ritorno di 200 anni.

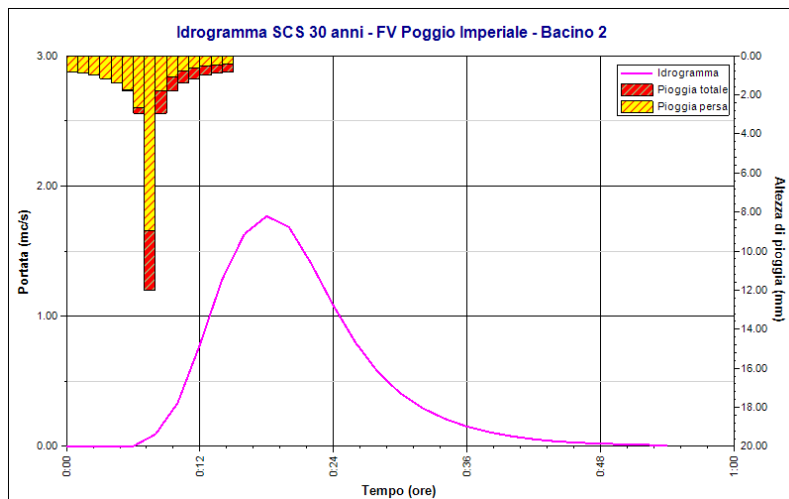


Figura 6-25: idrogramma di progetto relativo al bacino idrografico B2 in studio, con tempo di ritorno di 30 anni.

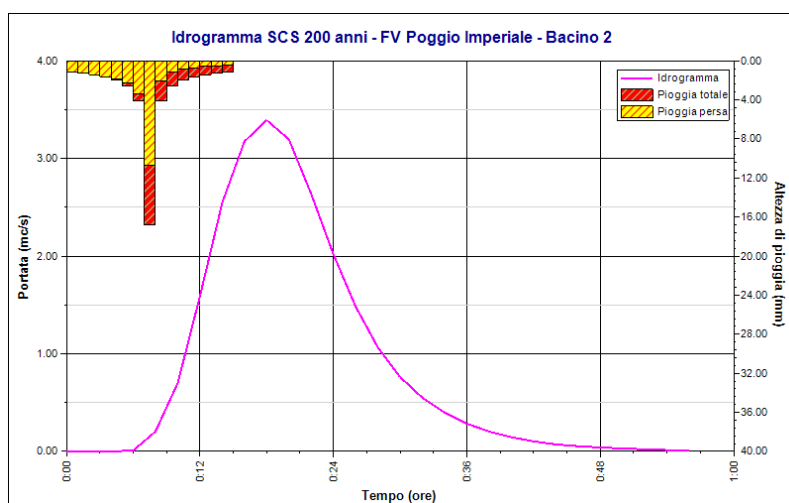


Figura 6-26: idrogramma di progetto relativo al Bacino idrografico B2 in studio con tempo di ritorno di 200 anni.

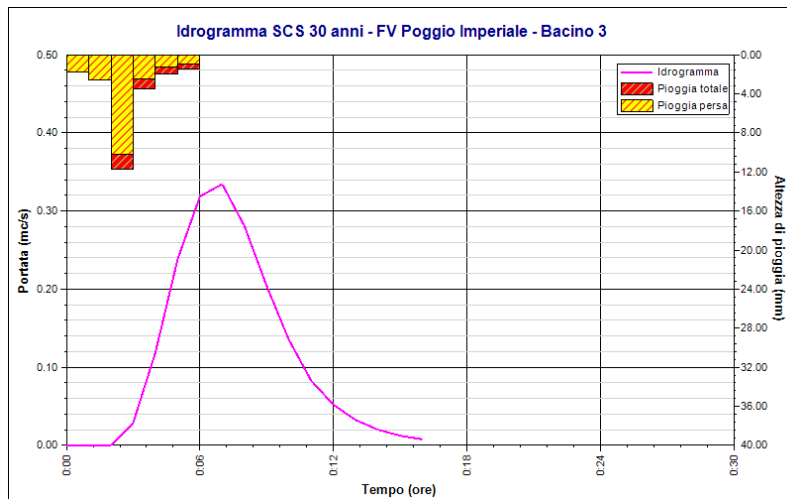


Figura 6-27: idrogramma di progetto relativo al bacino idrografico B3 in studio, con tempo di ritorno di 30 anni.

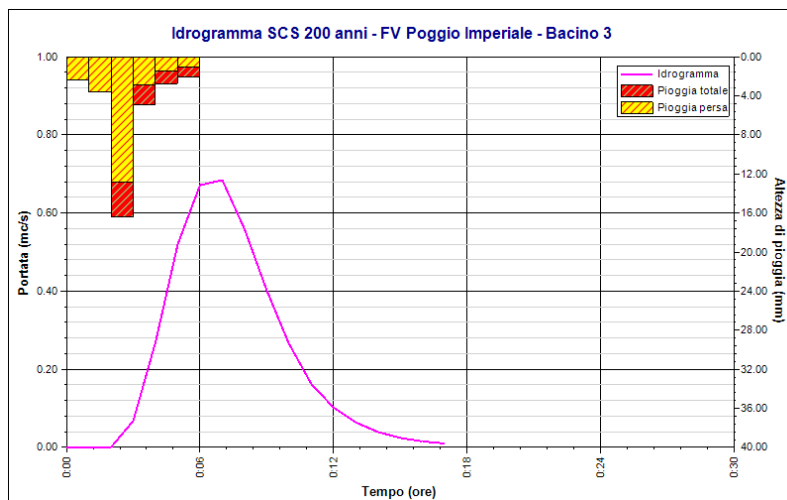


Figura 6-28: idrogramma di progetto relativo al Bacino idrografico B3 in studio con tempo di ritorno di 200 anni.

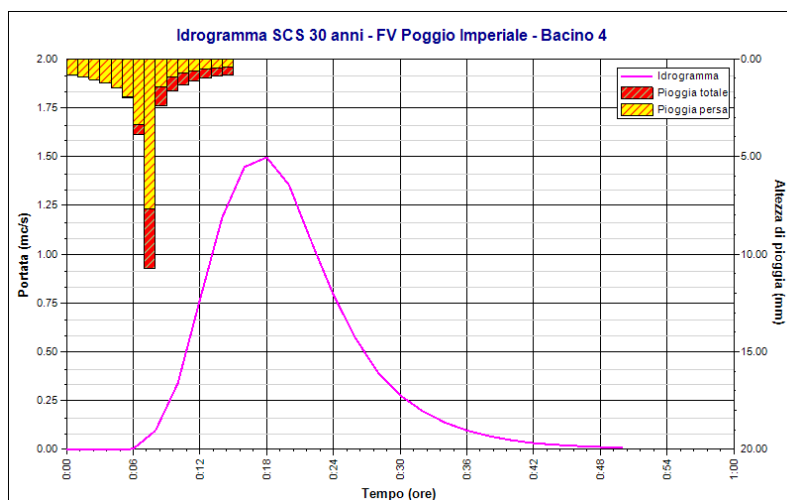


Figura 6-29: idrogramma di progetto relativo al bacino idrografico B4 in studio, con tempo di ritorno di 30 anni.

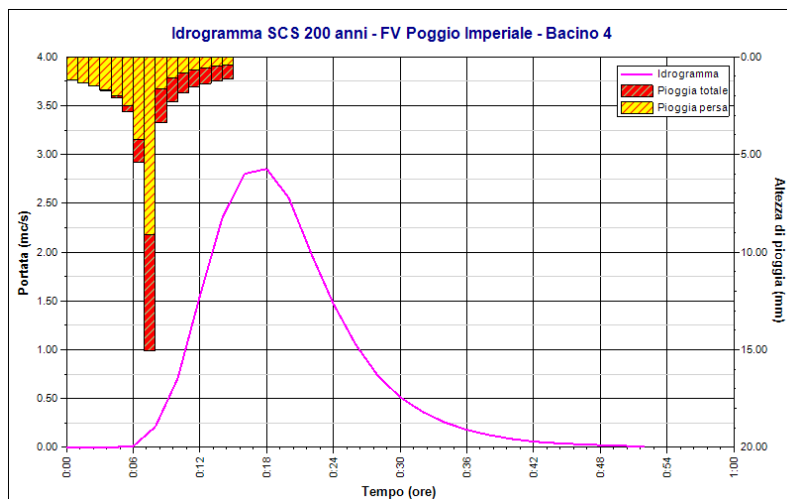


Figura 6-30: idrogramma di progetto relativo al Bacino idrografico B4 in studio con tempo di ritorno di 200 anni.

n	Tempo		Afflusso (mm)	Pioggia persa (mm)	Pioggia netta (mm)	Portata (mc/s)
	(ore)	(minuti)				
1	0.000	0	2.5	2.5	0.0	0.0
2	0.167	10	2.9	2.9	0.0	0.0
3	0.333	20	3.4	3.2	0.2	0.0
4	0.500	30	4.3	3.7	0.7	0.0
5	0.667	40	6.6	4.8	1.8	0.1
6	0.833	50	25.8	13.2	12.6	0.2
7	1.000	60	7.6	2.8	4.9	1.0
8	1.167	70	4.6	1.5	3.1	2.7
9	1.333	80	3.6	1.1	2.5	5.4
10	1.500	90	3.0	0.9	2.1	9.2
11	1.667	100	2.6	0.7	1.9	13.3
12	1.833	110	0.0	0.0	0.0	16.7
13	2.000	120	0.0	0.0	0.0	18.9
14	2.167	130	0.0	0.0	0.0	20.0
15	2.333	140	0.0	0.0	0.0	19.9
16	2.500	150	0.0	0.0	0.0	18.8
17	2.667	160	0.0	0.0	0.0	16.6
18	2.833	170	0.0	0.0	0.0	14.0
19	3.000	180	0.0	0.0	0.0	11.6
20	3.167	190	0.0	0.0	0.0	9.4
21	3.333	200	0.0	0.0	0.0	7.5

n	Tempo		Afflusso (mm)	Pioggia persa (mm)	Pioggia netta (mm)	Portata (mc/s)
	(ore)	(minuti)				
22	3.500	210	0.0	0.0	0.0	6.0
23	3.667	220	0.0	0.0	0.0	4.7
24	3.833	230	0.0	0.0	0.0	3.7
25	4.000	240	0.0	0.0	0.0	3.0
26	4.167	250	0.0	0.0	0.0	2.4
27	4.333	260	0.0	0.0	0.0	1.9
28	4.500	270	0.0	0.0	0.0	1.5
29	4.667	280	0.0	0.0	0.0	1.2
30	4.833	290	0.0	0.0	0.0	0.9
31	5.000	300	0.0	0.0	0.0	0.7
32	5.167	310	0.0	0.0	0.0	0.6
33	5.333	320	0.0	0.0	0.0	0.4
34	5.500	330	0.0	0.0	0.0	0.3
35	5.667	340	0.0	0.0	0.0	0.3
36	5.833	350	0.0	0.0	0.0	0.2
37	6.000	360	0.0	0.0	0.0	0.2
38	6.167	370	0.0	0.0	0.0	0.1
39	6.333	380	0.0	0.0	0.0	0.1
40	6.500	390	0.0	0.0	0.0	0.1
41	6.667	400	0.0	0.0	0.0	0.1
42	6.833	410	0.0	0.0	0.0	0.0
43	7.000	420	0.0	0.0	0.0	0.0
44	7.167	430	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabella 6-6: dati numerici dell'idrogramma relativo al bacino idrografico B1 in studio determinati con tempo di ritorno di 30 anni.

n	Tempo		Afflusso (mm)	Pioggia persa (mm)	Pioggia netta (mm)	Portata (mc/s)
	(ore)	(minuti)				
1	0.000	0	3.5	3.5	0.0	0.0
2	0.167	10	4.0	3.9	0.1	0.0
3	0.333	20	4.7	4.1	0.6	0.0
4	0.500	30	6.1	4.6	1.5	0.0
5	0.667	40	9.3	5.8	3.5	0.2
6	0.833	50	36.1	14.5	21.6	0.5
7	1.000	60	10.7	2.8	7.9	2.1
8	1.167	70	6.5	1.5	5.0	5.2
9	1.333	80	5.0	1.1	3.9	9.9
10	1.500	90	4.1	0.8	3.3	16.4
11	1.667	100	3.6	0.7	2.9	23.3
12	1.833	110	0.0	0.0	0.0	28.8
13	2.000	120	0.0	0.0	0.0	32.4
14	2.167	130	0.0	0.0	0.0	34.0
15	2.333	140	0.0	0.0	0.0	33.5
16	2.500	150	0.0	0.0	0.0	31.4
17	2.667	160	0.0	0.0	0.0	27.6
18	2.833	170	0.0	0.0	0.0	23.1
19	3.000	180	0.0	0.0	0.0	19.1
20	3.167	190	0.0	0.0	0.0	15.5
21	3.333	200	0.0	0.0	0.0	12.4
22	3.500	210	0.0	0.0	0.0	9.9
23	3.667	220	0.0	0.0	0.0	7.7
24	3.833	230	0.0	0.0	0.0	6.1
25	4.000	240	0.0	0.0	0.0	4.9
26	4.167	250	0.0	0.0	0.0	3.9
27	4.333	260	0.0	0.0	0.0	3.1
28	4.500	270	0.0	0.0	0.0	2.4
29	4.667	280	0.0	0.0	0.0	1.9
30	4.833	290	0.0	0.0	0.0	1.5
31	5.000	300	0.0	0.0	0.0	1.2
32	5.167	310	0.0	0.0	0.0	0.9
33	5.333	320	0.0	0.0	0.0	0.7

n	Tempo		Afflusso (mm)	Pioggia persa (mm)	Pioggia netta (mm)	Portata (mc/s)
	(ore)	(minuti)				
34	5.500	330	0.0	0.0	0.0	0.6
35	5.667	340	0.0	0.0	0.0	0.5
36	5.833	350	0.0	0.0	0.0	0.4
37	6.000	360	0.0	0.0	0.0	0.3
38	6.167	370	0.0	0.0	0.0	0.2
39	6.333	380	0.0	0.0	0.0	0.2
40	6.500	390	0.0	0.0	0.0	0.1
41	6.667	400	0.0	0.0	0.0	0.1
42	6.833	410	0.0	0.0	0.0	0.0
43	7.000	420	0.0	0.0	0.0	0.0
44	7.167	430	0.0	0.0	0.0	0.0
45	7.333	440	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabella 6-7: dati numerici dell'idrogramma relativo al bacino idrografico B1 in studio determinati con tempo di ritorno di 200 anni.

n	Tempo		Afflusso (mm)	Pioggia persa (mm)	Pioggia netta (mm)	Portata (mc/s)
	(ore)	(minuti)				
1	0.000	0	1.7	1.7	0.0	0.0
2	0.033	2	2.2	2.2	0.0	0.0
3	0.067	4	3.2	3.2	0.1	0.0
4	0.100	6	15.0	11.6	3.4	0.0
5	0.133	8	4.8	2.9	1.9	0.1
6	0.167	10	2.6	1.4	1.1	0.3
7	0.200	12	1.9	1.0	0.9	0.8
8	0.233	14	0.0	0.0	0.0	1.3
9	0.267	16	0.0	0.0	0.0	1.6
10	0.300	18	0.0	0.0	0.0	1.8
11	0.333	20	0.0	0.0	0.0	1.7
12	0.367	22	0.0	0.0	0.0	1.4
13	0.400	24	0.0	0.0	0.0	1.1
14	0.433	26	0.0	0.0	0.0	0.8
15	0.467	28	0.0	0.0	0.0	0.6
16	0.500	30	0.0	0.0	0.0	0.4
17	0.533	32	0.0	0.0	0.0	0.3
18	0.567	34	0.0	0.0	0.0	0.2
19	0.600	36	0.0	0.0	0.0	0.2
20	0.633	38	0.0	0.0	0.0	0.1
21	0.667	40	0.0	0.0	0.0	0.1
22	0.700	42	0.0	0.0	0.0	0.1
23	0.733	44	0.0	0.0	0.0	0.0
24	0.767	46	0.0	0.0	0.0	0.0
25	0.800	48	0.0	0.0	0.0	0.0
26	0.833	50	0.0	0.0	0.0	0.0
27	0.867	52	0.0	0.0	0.0	0.0
28	0.900	54	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabella 6-8: dati numerici dell'idrogramma relativo al bacino idrografico B2 in studio determinati con tempo di ritorno di 30 anni.



n	Tempo		Afflusso (mm)	Pioggia persa (mm)	Pioggia netta (mm)	Portata (mc/s)
	(ore)	(minuti)				
1	0.000	0	2.4	2.4	0.0	0.0
2	0.033	2	3.0	3.0	0.0	0.0
3	0.067	4	4.5	4.2	0.3	0.0
4	0.100	6	20.9	14.1	6.8	0.0
5	0.133	8	6.6	3.2	3.4	0.2
6	0.167	10	3.6	1.6	2.0	0.7
7	0.200	12	2.7	1.1	1.6	1.6
8	0.233	14	0.0	0.0	0.0	2.5
9	0.267	16	0.0	0.0	0.0	3.2
10	0.300	18	0.0	0.0	0.0	3.4
11	0.333	20	0.0	0.0	0.0	3.2
12	0.367	22	0.0	0.0	0.0	2.6
13	0.400	24	0.0	0.0	0.0	2.0
14	0.433	26	0.0	0.0	0.0	1.5
15	0.467	28	0.0	0.0	0.0	1.1
16	0.500	30	0.0	0.0	0.0	0.8
17	0.533	32	0.0	0.0	0.0	0.5
18	0.567	34	0.0	0.0	0.0	0.4
19	0.600	36	0.0	0.0	0.0	0.3
20	0.633	38	0.0	0.0	0.0	0.2
21	0.667	40	0.0	0.0	0.0	0.1
22	0.700	42	0.0	0.0	0.0	0.1
23	0.733	44	0.0	0.0	0.0	0.1
24	0.767	46	0.0	0.0	0.0	0.1
25	0.800	48	0.0	0.0	0.0	0.0
26	0.833	50	0.0	0.0	0.0	0.0
27	0.867	52	0.0	0.0	0.0	0.0
28	0.900	54	0.0	0.0	0.0	0.0
29	0.933	56	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabella 6-9: dati numerici dell'idrogramma relativo al bacino idrografico B2 in studio determinati con tempo di ritorno di 200 anni.

n	Tempo		Afflusso (mm)	Pioggia persa (mm)	Pioggia netta (mm)	Portata (mc/s)
	(ore)	(minuti)				
1	0.000	0	1.7	1.7	0.0	0.0
2	0.017	1	2.6	2.6	0.0	0.0
3	0.033	2	11.7	10.2	1.5	0.0
4	0.050	3	3.5	2.5	1.0	0.0
5	0.067	4	1.9	1.3	0.7	0.1
6	0.083	5	1.5	0.9	0.5	0.2
7	0.100	6	0.0	0.0	0.0	0.3
8	0.117	7	0.0	0.0	0.0	0.3
9	0.133	8	0.0	0.0	0.0	0.3
10	0.150	9	0.0	0.0	0.0	0.2
11	0.167	10	0.0	0.0	0.0	0.1
12	0.183	11	0.0	0.0	0.0	0.1
13	0.200	12	0.0	0.0	0.0	0.1
14	0.217	13	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0.233	14	0.0	0.0	0.0	0.0
16	0.250	15	0.0	0.0	0.0	0.0
17	0.267	16	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabella 6-10: dati numerici dell'idrogramma relativo al bacino idrografico B3 in studio determinati con tempo di ritorno di 30 anni.

n	Tempo		Afflusso (mm)	Pioggia persa (mm)	Pioggia netta (mm)	Portata (mc/s)
	(ore)	(minuti)				
1	0.000	0	2.4	2.4	0.0	0.0
2	0.017	1	3.6	3.6	0.0	0.0
3	0.033	2	16.4	12.8	3.5	0.0
4	0.050	3	4.9	2.9	2.0	0.1
5	0.067	4	2.7	1.5	1.2	0.3
6	0.083	5	2.0	1.1	1.0	0.5
7	0.100	6	0.0	0.0	0.0	0.7
8	0.117	7	0.0	0.0	0.0	0.7
9	0.133	8	0.0	0.0	0.0	0.6
10	0.150	9	0.0	0.0	0.0	0.4
11	0.167	10	0.0	0.0	0.0	0.3
12	0.183	11	0.0	0.0	0.0	0.2
13	0.200	12	0.0	0.0	0.0	0.1
14	0.217	13	0.0	0.0	0.0	0.1
15	0.233	14	0.0	0.0	0.0	0.0
16	0.250	15	0.0	0.0	0.0	0.0
17	0.267	16	0.0	0.0	0.0	0.0
18	0.283	17	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabella 6-11: dati numerici dell'idrogramma relativo al bacino idrografico B3 in studio determinati con tempo di ritorno di 200 anni.

n	Tempo		Afflusso (mm)	Pioggia persa (mm)	Pioggia netta (mm)	Portata (mc/s)
	(ore)	(minuti)				
1	0.000	0	1.8	1.8	0.0	0.0
2	0.033	2	2.3	2.3	0.0	0.0
3	0.067	4	3.5	3.4	0.1	0.0
4	0.100	6	14.6	11.1	3.6	0.0
5	0.133	8	4.1	2.4	1.7	0.1
6	0.167	10	2.4	1.3	1.1	0.3
7	0.200	12	1.9	1.0	0.9	0.8
8	0.233	14	0.0	0.0	0.0	1.2
9	0.267	16	0.0	0.0	0.0	1.4
10	0.300	18	0.0	0.0	0.0	1.5
11	0.333	20	0.0	0.0	0.0	1.4
12	0.367	22	0.0	0.0	0.0	1.1
13	0.400	24	0.0	0.0	0.0	0.8
14	0.433	26	0.0	0.0	0.0	0.6
15	0.467	28	0.0	0.0	0.0	0.4
16	0.500	30	0.0	0.0	0.0	0.3
17	0.533	32	0.0	0.0	0.0	0.2
18	0.567	34	0.0	0.0	0.0	0.1
19	0.600	36	0.0	0.0	0.0	0.1
20	0.633	38	0.0	0.0	0.0	0.1
21	0.667	40	0.0	0.0	0.0	0.0
22	0.700	42	0.0	0.0	0.0	0.0
23	0.733	44	0.0	0.0	0.0	0.0
24	0.767	46	0.0	0.0	0.0	0.0
25	0.800	48	0.0	0.0	0.0	0.0
26	0.833	50	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabella 6-12: dati numerici dell'idrogramma relativo al bacino idrografico B4 in studio determinati con tempo di ritorno di 30 anni.

n	Tempo		Afflusso (mm)	Pioggia persa (mm)	Pioggia netta (mm)	Portata (mc/s)
	(ore)	(minuti)				
1	0.000	0	2.5	2.5	0.0	0.0
2	0.033	2	3.2	3.2	0.0	0.0
3	0.067	4	4.9	4.5	0.4	0.0
4	0.100	6	20.4	13.3	7.1	0.0
5	0.133	8	5.7	2.7	3.0	0.2
6	0.167	10	3.4	1.5	1.9	0.7
7	0.200	12	2.6	1.1	1.6	1.6
8	0.233	14	0.0	0.0	0.0	2.3
9	0.267	16	0.0	0.0	0.0	2.8
10	0.300	18	0.0	0.0	0.0	2.9
11	0.333	20	0.0	0.0	0.0	2.6
12	0.367	22	0.0	0.0	0.0	2.0
13	0.400	24	0.0	0.0	0.0	1.5
14	0.433	26	0.0	0.0	0.0	1.1
15	0.467	28	0.0	0.0	0.0	0.7
16	0.500	30	0.0	0.0	0.0	0.5
17	0.533	32	0.0	0.0	0.0	0.4
18	0.567	34	0.0	0.0	0.0	0.3
19	0.600	36	0.0	0.0	0.0	0.2
20	0.633	38	0.0	0.0	0.0	0.1
21	0.667	40	0.0	0.0	0.0	0.1
22	0.700	42	0.0	0.0	0.0	0.1
23	0.733	44	0.0	0.0	0.0	0.0
24	0.767	46	0.0	0.0	0.0	0.0
25	0.800	48	0.0	0.0	0.0	0.0
26	0.833	50	0.0	0.0	0.0	0.0
27	0.867	52	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabella 6-13: dati numerici dell'idrogramma relativo al bacino idrografico B4 in studio determinati con tempo di ritorno di 200 anni.

Bacino	Q <sub>30</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>200</sub> (m <sup>3</sup> /s)
B1	20,0	34,0
B2	1,8	3,4
B3	0,3	0,7
B4	1,5	2,9

Tabella 6-14: portate di picco determinate per tempi di ritorno di 30 e 200 anni.

Parametro	Valore	U.M.
Portata massima	20.0	mc/s
Istante picco	2.167	ore
Istante picco	130.0	minuti
Durata totale evento	7.200	ore
Volume afflusso	293	mc x 1000
Volume deflusso	128	mc x 1000
Altezza afflusso	67.9	mm
Altezza deflusso	29.6	mm
Coeff. deflusso	0.44	-
Coeff. udometrico	4.64	mc/s/kmq

Tabella 6-15: valori dei parametri idraulici dell'idrogramma determinato con tempo di ritorno di 30 anni relativo al bacino idrografico B1 in studio.

Parametro	Valore	U.M.
Portata massima	34.0	mc/s
Istante picco	2.167	ore
Istante picco	130.0	minuti
Durata totale evento	7.350	ore
Volume afflusso	410	mc x 1000
Volume deflusso	217	mc x 1000
Altezza afflusso	94.9	mm
Altezza deflusso	50.3	mm
Coeff. deflusso	0.53	-
Coeff. udometrico	7.87	mc/s/kmq

Tabella 6-16: valori dei parametri idraulici dell'idrogramma determinato con tempo di ritorno di 200 anni relativo al bacino idrografico B1 in studio.

Parametro	Valore	U.M.
Portata massima	1.8	mc/s
Istante picco	0.300	ore
Istante picco	18.0	minuti
Durata totale evento	0.900	ore
Volume afflusso	7	mc x 1000
Volume deflusso	2	mc x 1000
Altezza afflusso	32.1	mm
Altezza deflusso	7.3	mm
Coeff. deflusso	0.23	-
Coeff. udometrico	8.42	mc/s/kmq

Tabella 6-17: valori dei parametri idraulici dell'idrogramma determinato con tempo di ritorno di 30 anni relativo al bacino idrografico B2 in studio.

Parametro	Valore	U.M.
Portata massima	3.4	mc/s
Istante picco	0.300	ore
Istante picco	18.0	minuti
Durata totale evento	0.933	ore
Volume afflusso	9	mc x 1000
Volume deflusso	3	mc x 1000
Altezza afflusso	44.8	mm
Altezza deflusso	14.1	mm
Coeff. deflusso	0.31	-
Coeff. udometrico	16.16	mc/s/kmq

Tabella 6-18: valori dei parametri idraulici dell'idrogramma determinato con tempo di ritorno di 200 anni relativo al bacino idrografico B2 in studio.

Parametro	Valore	U.M.
Portata massima	0.3	mc/s
Istante picco	0.117	ore
Istante picco	7.0	minuti
Durata totale evento	0.267	ore
Volume afflusso	1	mc x 1000
Volume deflusso	0	mc x 1000
Altezza afflusso	22.9	mm
Altezza deflusso	3.7	mm
Coeff. deflusso	0.16	-
Coeff. udometrico	11.15	mc/s/kmq

Tabella 6-19: valori dei parametri idraulici dell'idrogramma determinato con tempo di ritorno di 30 anni relativo al bacino idrografico B3 in studio.

Parametro	Valore	U.M.
Portata massima	0.7	mc/s
Istante picco	0.117	ore
Istante picco	7.0	minuti
Durata totale evento	0.283	ore
Volume afflusso	1	mc x 1000
Volume deflusso	0	mc x 1000
Altezza afflusso	32.0	mm
Altezza deflusso	7.7	mm
Coeff. deflusso	0.24	-
Coeff. udometrico	22.81	mc/s/kmq

Tabella 6-20: valori dei parametri idraulici dell'idrogramma determinato con tempo di ritorno di 200 anni relativo al bacino idrografico B3 in studio.

Parametro	Valore	U.M.
Portata massima	1.5	mc/s
Istante picco	0.300	ore
Istante picco	18.0	minuti
Durata totale evento	0.833	ore
Volume afflusso	5	mc x 1000
Volume deflusso	1	mc x 1000
Altezza afflusso	31.4	mm



Parametro	Valore	U.M.
Altezza deflusso	7.4	mm
Coeff. deflusso	0.23	-
Coeff. udometrico	8.80	mc/s/kmq

Tabella 6-21: valori dei parametri idraulici dell'idrogramma determinato con tempo di ritorno di 30 anni relativo al bacino idrografico B4 in studio.

Parametro	Valore	U.M.
Portata massima	2.9	mc/s
Istante picco	0.300	ore
Istante picco	18.0	minuti
Durata totale evento	0.867	ore
Volume afflusso	7	mc x 1000
Volume deflusso	2	mc x 1000
Altezza afflusso	43.9	mm
Altezza deflusso	14.1	mm
Coeff. deflusso	0.32	-
Coeff. udometrico	16.78	mc/s/kmq

Tabella 6-22: valori dei parametri idraulici dell'idrogramma determinato con tempo di ritorno di 200 anni relativo al bacino idrografico B4 in studio.

## 7. VALUTAZIONI IDRAULICHE

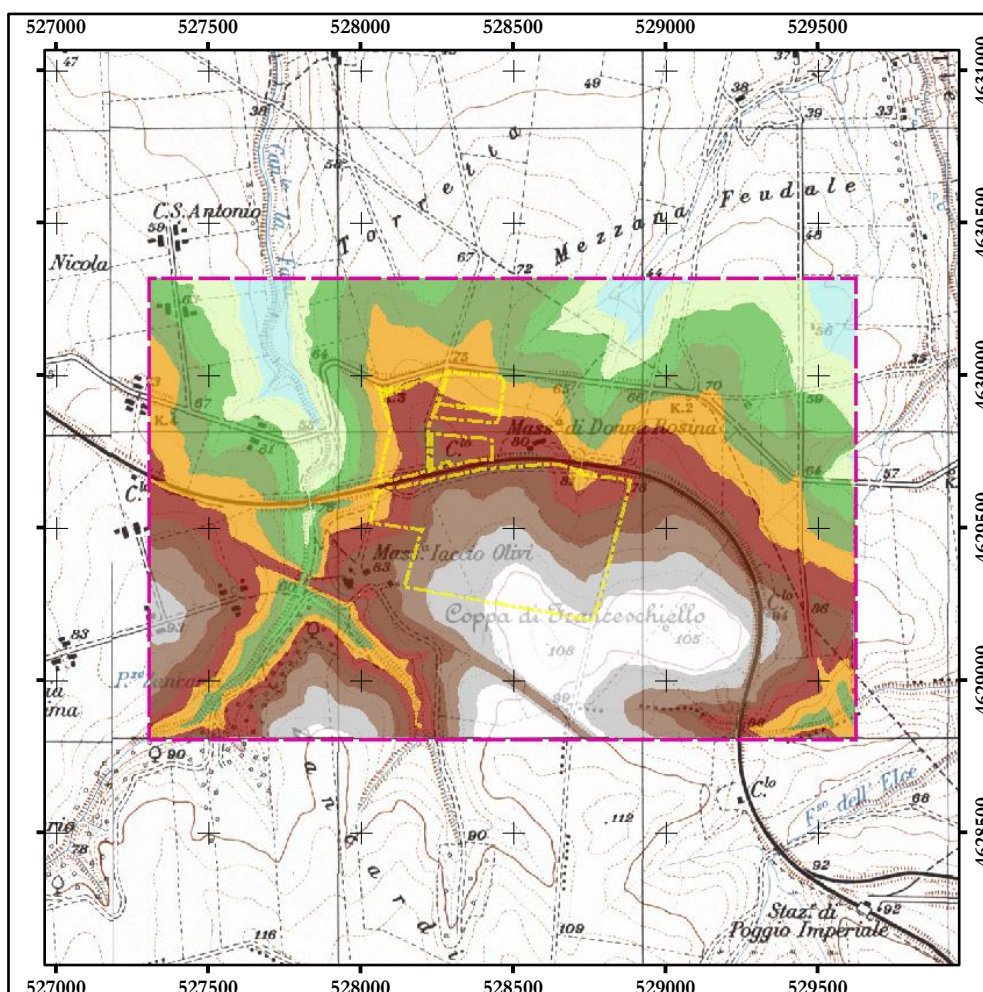
La modellazione idraulica dell'area è stata realizzata con l'ausilio del software di modellazione HEC RAS 2D (ver. 6.3.1).

### 7.1 Il software HEC RAS 2D

Il software HEC RAS, realizzato e messo a disposizione della utenza dal Department of The Army – Corps of Engineers - Institute for Water Resources, permette eseguire la modellazione in uno scenario 1D, 2D e 1D/2D combinato. Per informazioni relative al modello di simulazione ed ai risultati ottenibili si rimanda al sito web ufficiale: <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>.

### 7.2 Il modello digitale del terreno

Il dato di partenza indispensabile al fine di determinare le caratteristiche idrauliche di un sito è rappresentato dall'altimetria del terreno. Il modello digitale del terreno (DTM - Digital Terrain Model) è stato determinato utilizzando i dati rivenienti dal modello digitale del terreno determinato con tecnica Lidar dal Ministero dell'Ambiente con risoluzione di 1 m; ad ogni modo i dati altimetrici sono stati verificati sul campo. I dati a disposizione sono stati elaborati in ambiente GIS, al fine di inserire dei cunicoli o gallerie realizzati (interferenze) al di sotto di rilevati stradali o ferroviari, ottenendo il DTM, utilizzato come base altimetrica dell'elaborazione, relativo all'area di simulazione identificata (Figura7-1).



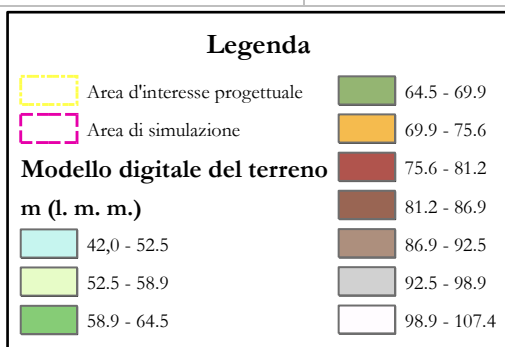


Figura 7-1: modello digitale del terreno (DTM) con risoluzione di 1 m considerato nella valutazione idraulica (scala 1:25.000).

### 7.3 Idrogrammi utilizzati

Al fine di definire le aree ad Alta e Media Probabilità di inondazione, utili per caratterizzare la condizione di sicurezza o pericolosità idraulica di un sito, trattandosi di una simulazione idraulica in moto vario, per la simulazione idraulica sono stati utilizzati idrogrammi di progetto con tempi di ritorno di 30 e 200 anni (vedi paragrafo 6.4).

### 7.4 Definizione dei valori di scabrezza

La procedura di calcolo adottata dal software HEC-RAS prevede l'utilizzo dei valori di scabrezza del suolo interessato dal deflusso idrico. Per tale ragione a ciascun poligono di uso del suolo individuato nell'area d'interesse a fini idraulici è stato assegnato un determinato valore del coefficiente di Manning ( $n$ , espresso in  $s/m^{1/3}$  – Figura 7-2).

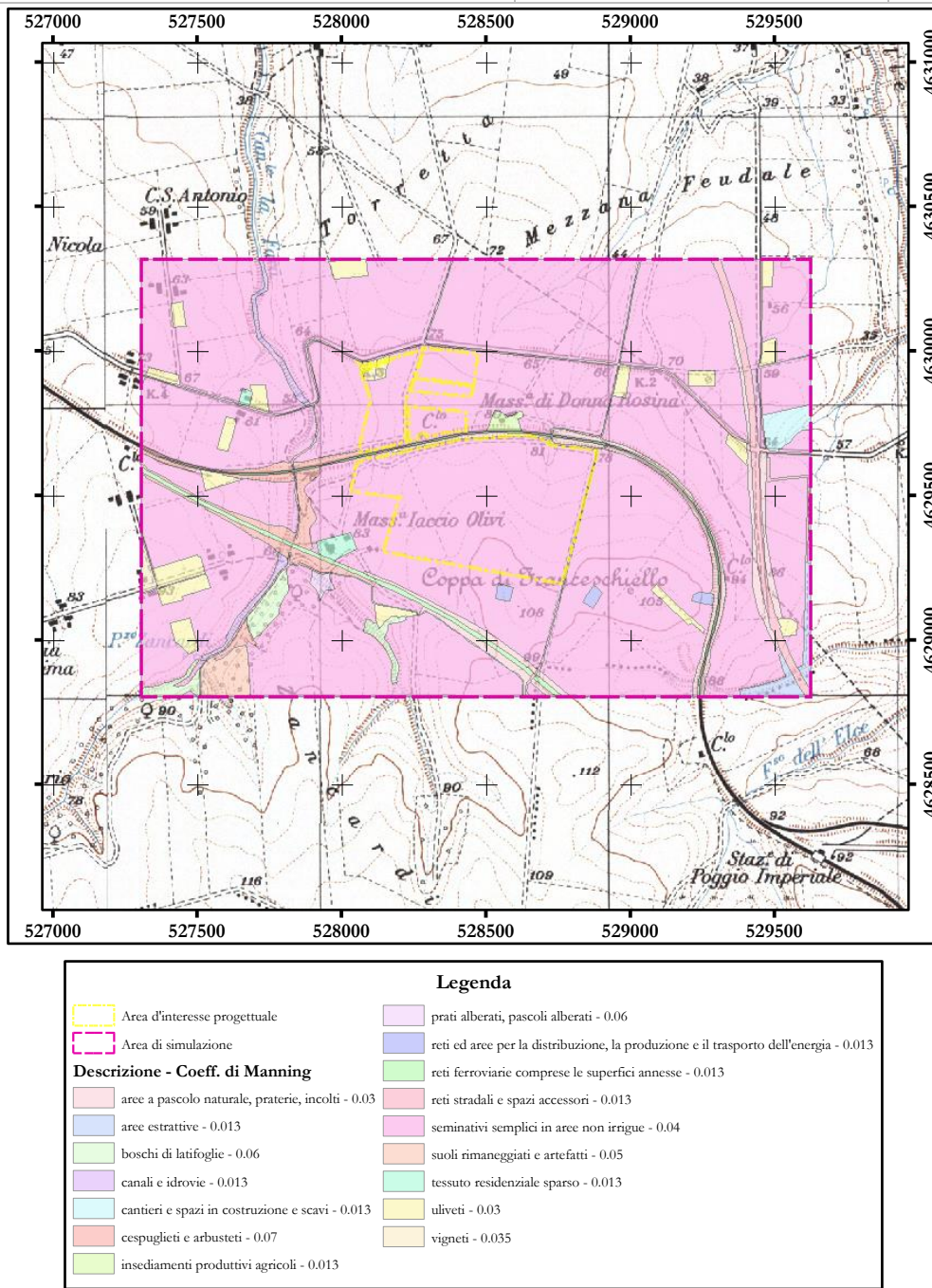


Figura 7-2: rappresentazione grafica dei valori del Coefficiente di Manning assegnato a ciascun poligono di uso del suolo (scala 1:25.000).

## 7.5 Condizioni al contorno

Per la modellazione idraulica realizzata con il software HEC RAS sono state definite le seguenti condizioni al contorno (Figura 7-3):

- Mesh di calcolo non strutturata, con passo medio di 1 m;
- Definizione del dominio di calcolo;
- Definizione delle condizioni al contorno in ingresso al dominio di calcolo – BC\_1\_In (Flow Hydrograph con passo temporale di 10 min ed Energy Grade 0,009), BC\_2\_In (Flow Hydrograph con passo temporale di 2 min ed Energy Grade 0,082), BC\_3\_In (Flow Hydrograph con passo temporale di 1 min ed Energy Grade 0,064), BC\_4\_In (Flow Hydrograph con passo temporale di 2 min ed Energy Grade 0,072);
- Definizione delle condizioni al contorno in uscita dal dominio di calcolo – BC\_Out\_1 (Normal Depth con FrictionSlope 0,004), BC\_Out\_2 (Normal Depth con FrictionSlope 0,050).

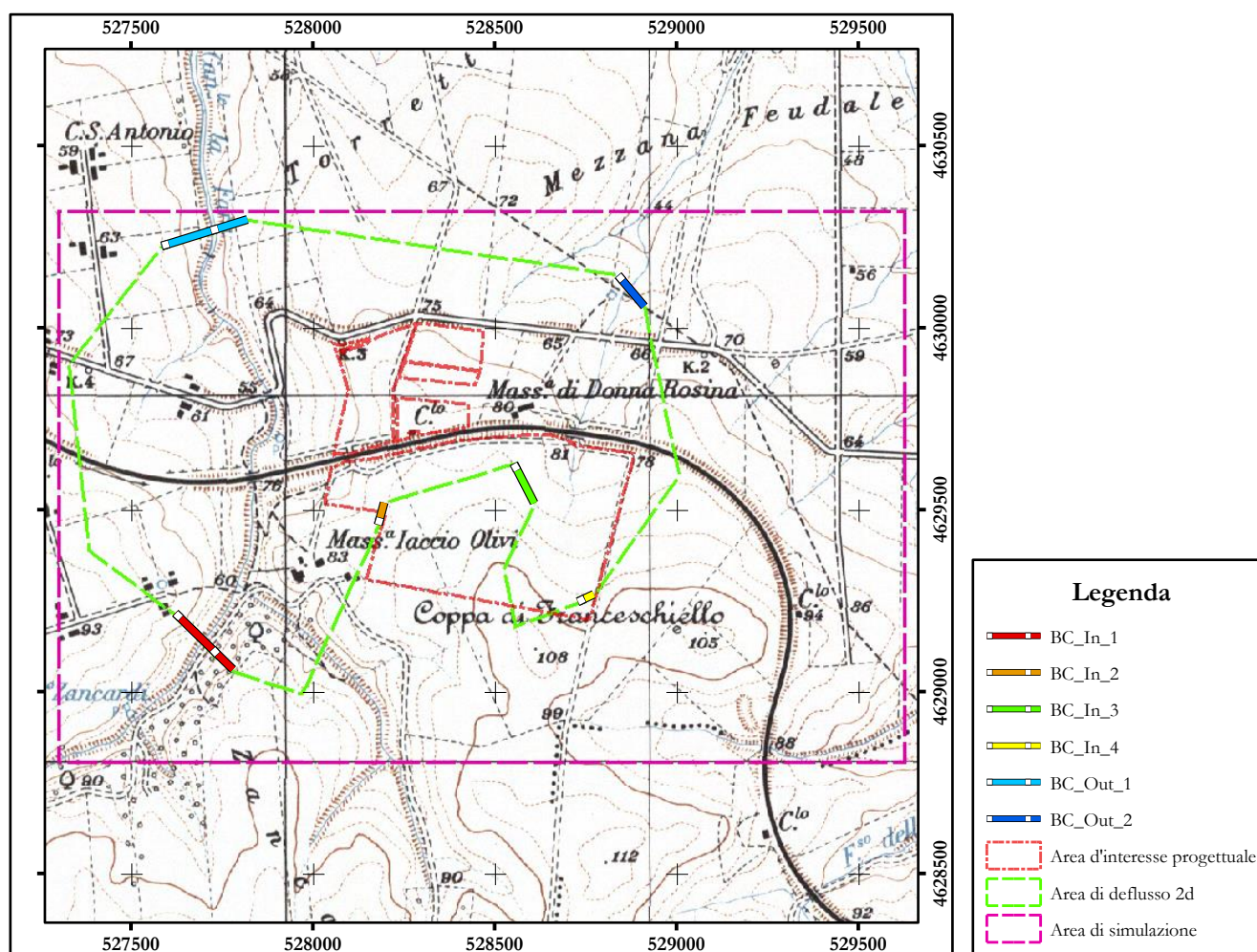


Figura 7-3: rappresentazione grafica delle condizioni al contorno della simulazione idraulica (Scala 1:20.000).

## 7.6 Risultati della modellazione idraulica

Sulla scorta di quanto finora discusso ed esposto è stata eseguita la modellazione idraulica dei corsi d'acqua che, più o meno direttamente, potrebbero interferire con l'area in studio. La modellazione, eseguita in regime di flusso misto utilizzando il set di equazioni "Diffusionwave", è stata portata a termine senza alcun problema di stabilità del modello. Il risultato della modellazione è riportato in forma grafica nelle Figure 7-4 e 7-5, nelle quali sono rappresentate, a scala differente, le aree inondabili per eventi di piena determinati con tempi di ritorno di 30 e 200 anni, avendo eliminato l'area potenzialmente inondabile caratterizzata da un'altezza del tirante idrico inferiore a 20 cm.

In riferimento ai risultati ottenuti è possibile affermare che tutta l'area d'interesse localizzata esternamente alle aree identificate come ad Alta e Media Probabilità di inondazione si trova in condizioni di sicurezza idraulica, così come definita dall'art. 36 delle N.T.A. del P.A.I. della Puglia: "Sicurezza idraulica: condizione associata alla pericolosità idraulica per fenomeni di insufficienza del reticolo di drenaggio e generalmente legata alla non inondabilità per eventi di assegnata frequenza. Agli effetti del PAI si intendono in sicurezza idraulica le aree non inondate per eventi con tempo di ritorno fino a 200 anni".

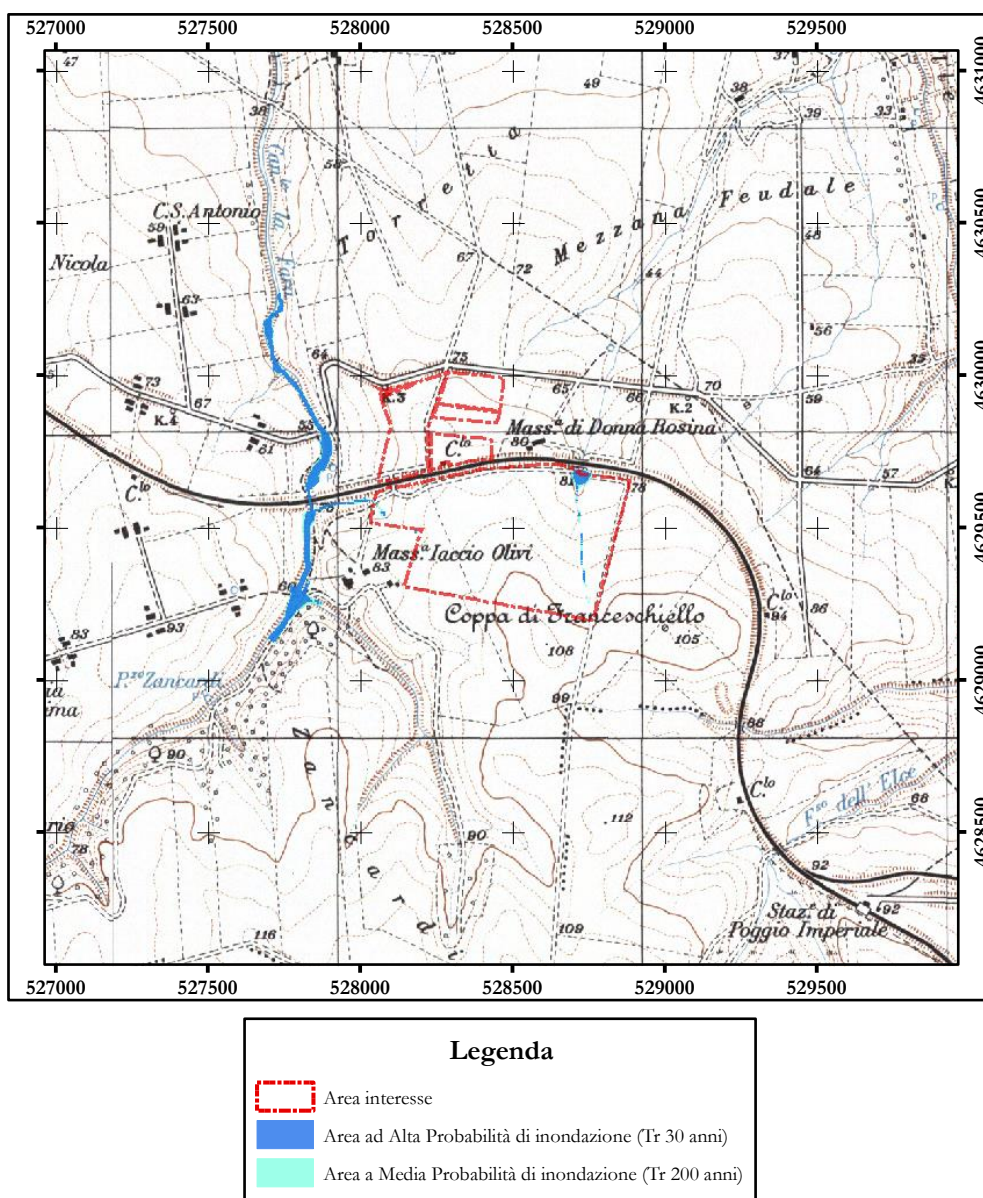


Figura 7-4: aree inondabili nei dintorni dei corsi d'acqua che interessano l'area in studio (scala 1: 25.000).

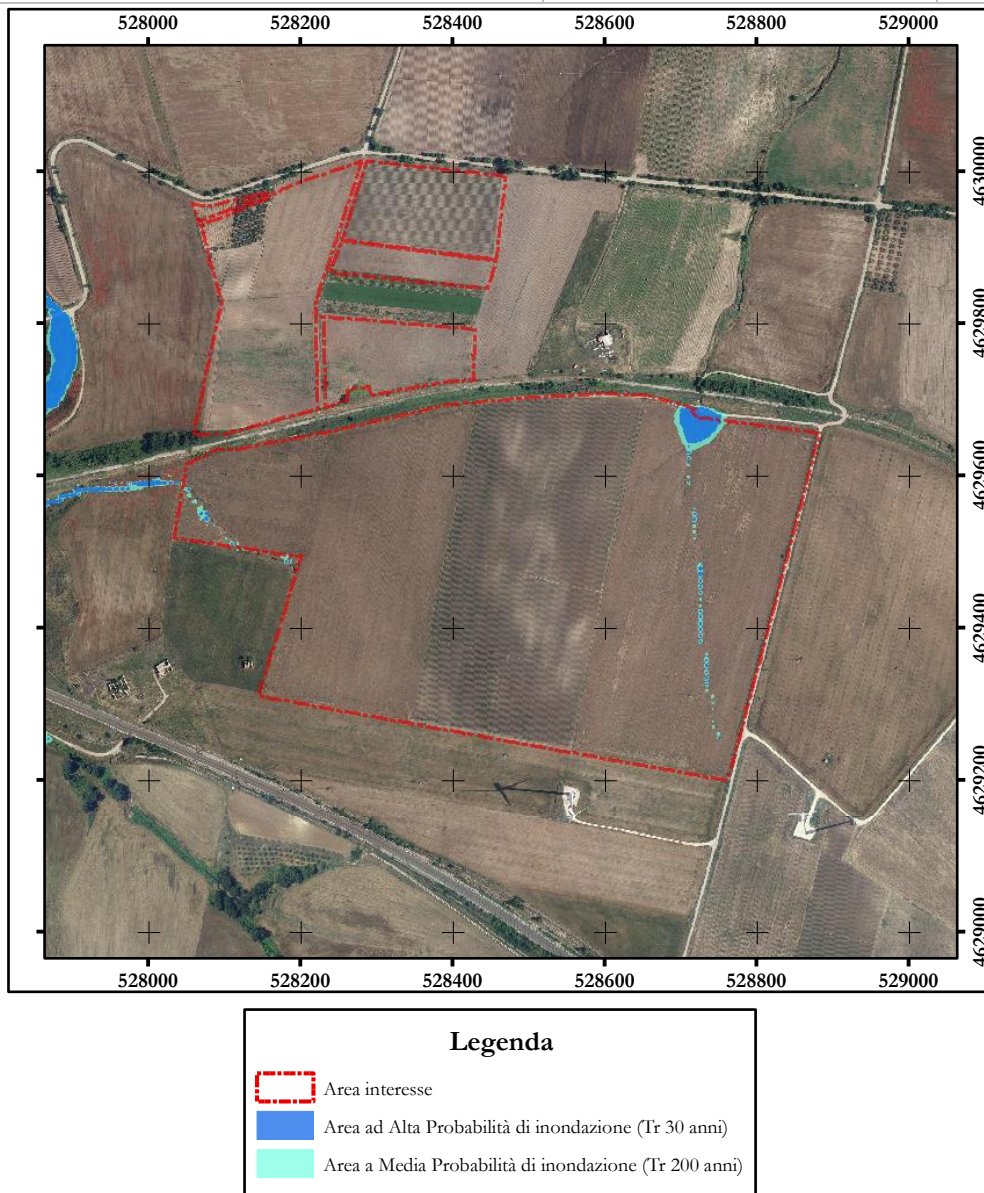


Figura 7-5: aree inondabili nei d'intorni dei corsi d'acqua che interessano l'area in studio (scala 1: 10.000).

## 8. CONCLUSIONI

Nel presente studio sono state analizzate le caratteristiche idrologiche e idrauliche di un'area localizzata nel territorio comunale di Poggio Imperiale, nelle vicinanze ed entro la quale l'A.d.B. ha individuato dei corsi d'acqua di natura non specificata; tali corsi d'acqua fanno ricadere l'area d'interesse nelle more di applicazione degli artt. 6 "Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali" e 10 "Disciplina delle fasce di pertinenza fluviale" delle N.T.A. del P.A.I.

Lo studio idraulico, realizzato in ossequio a quanto riportato nella Relazione di Piano del P.A.I. della Puglia con metodologia 2D, ha messo in evidenza che il realizzando parco fotovoltaico sarà in condizione di sicurezza idraulica, come definita all'art. 36 delle N.T.A. del P.A.I., se realizzato esternamente all'area inondabile definita per un evento meteorico con tempo di ritorno di 200 anni.

Sulla scorta dei dati ottenuti lo scrivente ritiene che non vi siano motivi ostativi, di carattere prettamente idraulico, che possano pregiudicare la fattibilità di quanto a progetto entro l'area d'interesse.

Tanto si doveva per l'incarico ricevuto.

Foligno, 25 gennaio 2024

Prof. Geol. Alfonso Russi



Ing. Michele Colonna



Dott. Geol. Marco Costa

