

Regione: PUGLIA
Provincia: BRINDISI
Comune: BRINDISI

IMPIANTO AGROFOTOVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE DI 50,62 MWp

CODICE IDENTIFICATIVO PRATICA AUTORIZZAZIONE UNICA REGIONALE: 1G8YS61

BETA LIBRA S.r.l.
Via Mercato, 3
20121 Milano (MI)
P.IVA: 11039750960

Titolo dell'Elaborato:
RELAZIONE IDRAULICA

Denominazione del file dell'Elaborato:
REL 12.pdf

Elaborato:

REL12

Relatore:

Dott.ssa Geol. Silvia Ciurlia
Via M. Bernardini n.9
73100 Lecce
Mail: studiociurlia@gmail.com
PEC: studiociurlia@epap.sicurezza postale.it

Visti / Firme / Timbri:



SVILUPPO PROGETTO

NEXTA PROJECT HOLDCO
2 Hilliards Court, Chester Business Park
Chester, United Kingdom, CH4 9PX



APULIA ENERGIA S.r.l.
Via Sasso, 15
72023 Mesagne (BR)



Scala N.A.

Data	Revisione	DESCRIZIONE	Elaborazione	Verifica e controllo
01.07.2021	0	PRIMA EMISSIONE	Dott.ssa Silvia Ciurlia	Dott.ssa Silvia Ciurlia
REVISIONI				

Sommario

1	INTRODUZIONE.....	2
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	3
3	CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE.....	7
4	CONFORMITÀ DELL'INTERVENTO CON IL PAI (PIANO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO)	10
5	ANALISI IDROLOGICA	13
5.1	CARATTERISTICHE DEI BACINI IDROGRAFICI.....	13
5.2	VALUTAZIONE DEI TEMPI DI CORRIVAZIONE.....	21
5.3	VALUTAZIONE DELLE PORTATE AL COLMO DI PIENA – METODO VAPI PUGLIA.....	21
5.4	IDROGRAMMA	24
6	ANALISI IDRAULICA MOTO VARIO BIDIMENSIONALE	26
6.1	PARAMETRI DEL MODELLO BIDIMENSIONALE.....	26
6.2	SCELTA DEI LIMITI DI VALUTAZIONE DELLE AREE DI ALLAGAMENTO	27
7	CONCLUSIONI.....	31

1 INTRODUZIONE

Con la presente la sottoscritta Dott.ssa Geol. Silvia Ciurlia ha redatto uno Studio Idraulico nell'ambito del progetto per la realizzazione e messa in esercizio di un Impianto Agrofotovoltaico della potenza nominale di 50,62 MWp integrato sul lato di Media Tensione da un Sistema di Accumulo della potenza di 10 MW (41,60 MWh) in agro del Comune di Brindisi (BR), con impianti di utenza, inclusa la necessaria Sottostazione Elettrica Utente (SSEU) di elevazione M.T./A.T., e di rete per la connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) ricadenti anch'essi nel Comune di Brindisi (BR). La Società BETA LIBRA S.r.l., con sede in Via Mercato, 3 – 20121 Milano (MI), risulta soggetto Proponente.

L'intera area di realizzazione dell'impianto di produzione, ricadente nel territorio del Comune di Brindisi (BR), ha una superficie lorda di circa 893.000 m e si trova a circa 6 km ad OVEST del relativo centro abitato. Essa è ubicata nello specifico in Zona E – Agricola del vigente PRG del Comune medesimo. Tale area, essendo formata da terreni non necessariamente contigui, è stata scomposta, anche dal punto di vista impiantistico in due Aree: Area 1 ed Area 2, come rappresentato negli specifici elaborati planimetrici. Le figure 1A e 1B rappresentano l'area dell'impianto di produzione e le opere infrastrutturali di distribuzione e per la connessione ad esso correlate:

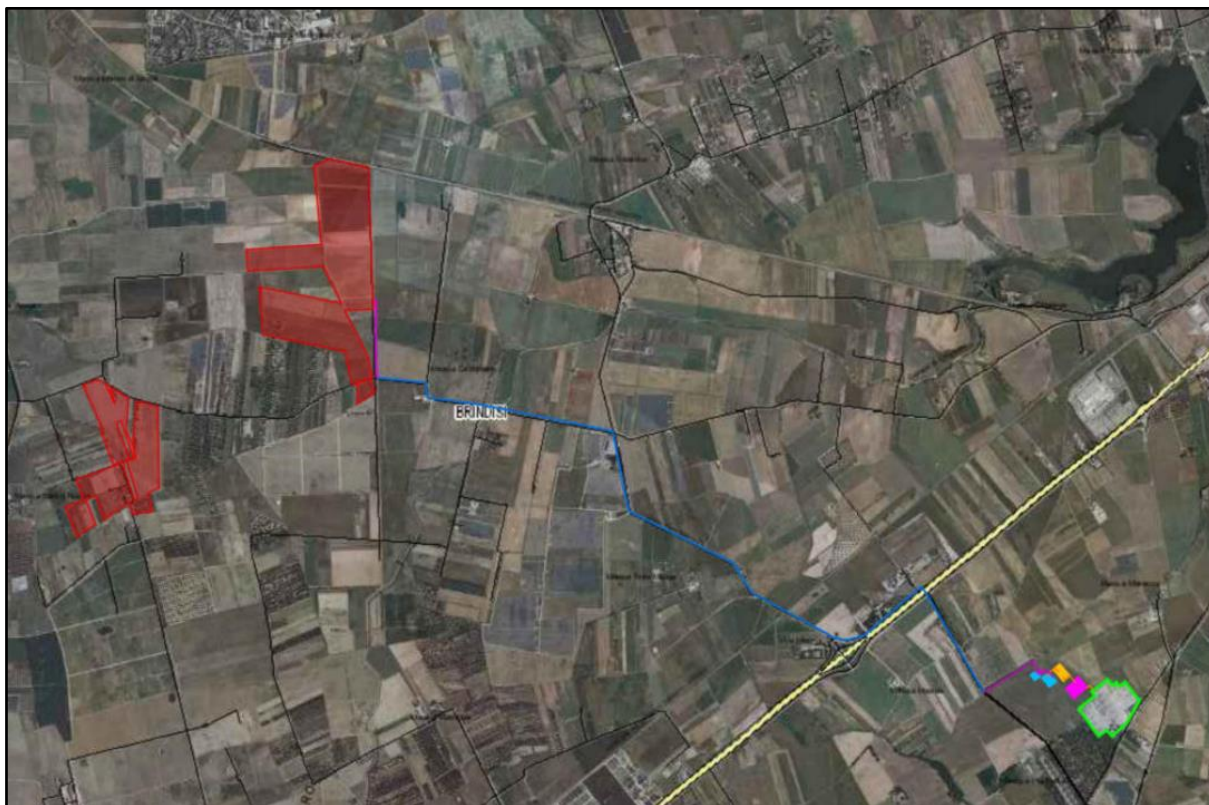


FIG 1A - Localizzazione dell'area di intervento su ortofoto

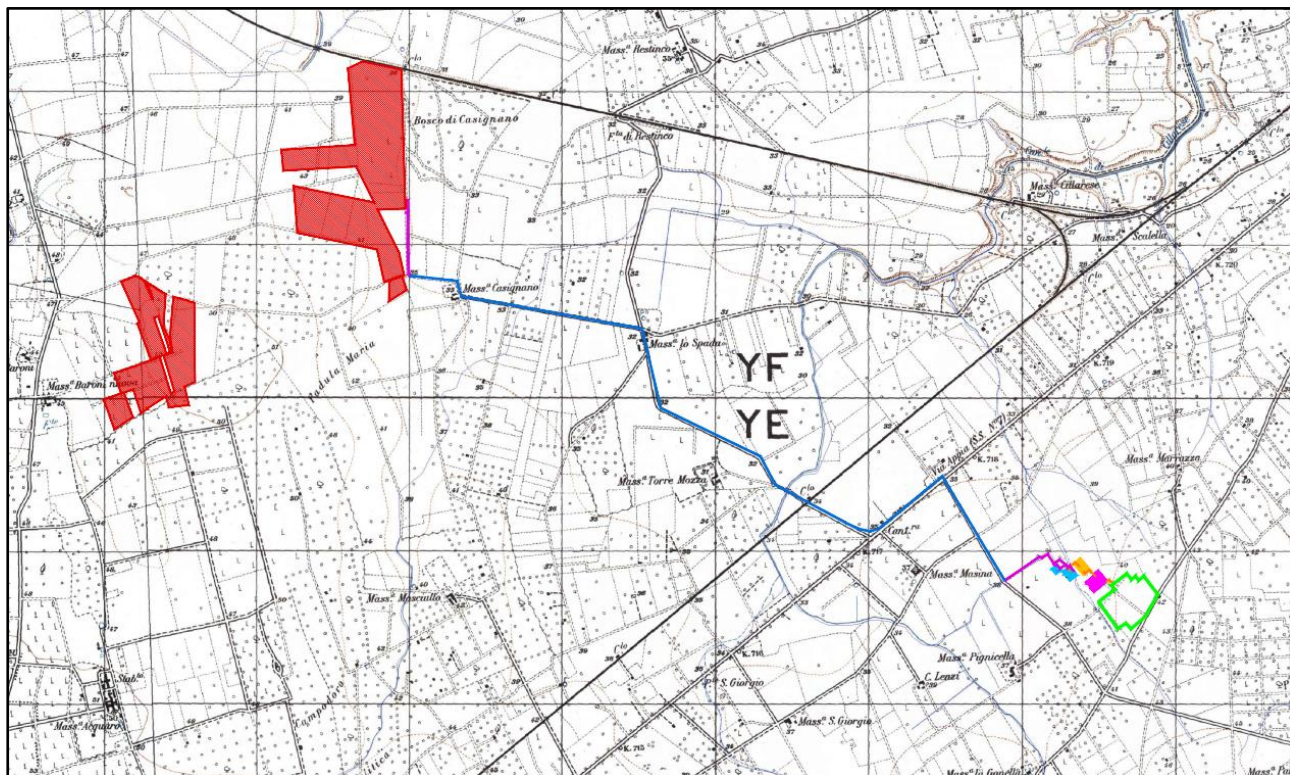


FIG 1B - Localizzazione dell'area di intervento su IGM 1:25000

La connessione dell'impianto alla RTN avverrà su uno Stallo assegnato da TERNA S.p.A. nell'ampliamento della sezione a 150 kV della Stazione Elettrica RTN "BRINDISI", grazie ad un apposito accordo di condivisione dello Stallo medesimo tra più Produttori, inclusa la Proponente. L'intera opera consiste dunque nell'impianto di produzione agrofotovoltaico, nell'elettrodotto di vettoriamento dell'energia elettrica in M.T., nel Sistema di Accumulo e negli impianti di utenza per la connessione (Sottostazioni Elettriche Utente in condivisione, collegamenti in A.T.) e di rete per la connessione (Ampliamento della Stazione Elettrica RTN e Stallo in Stazione Elettrica RTN)

Per le informazioni progettuali di dettaglio si rimanda alla documentazione tecnica specifica prodotta

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'assetto geologico e strutturale ad ampia scala è rappresentato da potenti successioni carbonatiche di origine marina costituite da strati e banchi di calcari e dolomie del Cretaceo. Tali successioni, che rappresentano i depositi più antichi dell'area, comprendono (secondo la Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 (foglio 203 "Brindisi") le Dolomie di Galatina e l'unità dei Calcari di Melissano. Per le analogie nei caratteri di litofacies e in accordo con la bibliografia geologica più recente (sensu Ricchetti 1988) quest'ultima formazione verrà indicata nel presente studio con il termine Calcari di Altamura.

Ai depositi cretacei si addossano lungo le scarpate, o si sovrappongono, in trasgressione, sedimenti miocenici terrigeni, tra loro parzialmente eteropici, costituiti dalla cosiddetta "Pietra leccese" e dalle Calcareniti di Andrano. Notole diffusione hanno anche sedimenti pliocenici e pleistocenici, sia in facies costiera che continentale, rappresentati principalmente dalle Sabbie di Uggiano e dalle Calcareniti di Gravina (sensu Ricchetti 1988) (o Calcareniti del Salento (sensu CGI 1968)), anch'essi trasgressivi sui depositi più antichi. I depositi continentali olocenici sono in genere rappresentati da lembi poco estesi e potenti (sabbie, depositi eluviali e di "terra rossa"), crescenti in spessore e ampiezza procedendo verso la fascia costiera.

Il quadro geologico attuale è il risultato degli eventi tettonici che si sono succeduti a partire dal Cretaceo e che a più riprese hanno interessato l'intera Penisola Salentina. Il basamento carbonatico della penisola salentina, che come già detto in precedenza, è costituito dai Calcari di Altamura, rappresenta il settore della piattaforma apula che ha subito la maggiore attività tettonica. La penisola salentina ha subito una tettonica distensiva dando origine ad un sistema di faglie all'interno del basamento, e generando un sistema strutturale di dorsali e depressioni tettoniche tipo horst e graben di varia grandezza ed estensione. Tali strutture hanno un andamento prevalentemente orientato in direzione Nord Ovest – Sud Est, e morfologicamente corrispondono, rispettivamente, alle attuali "serre salentine" e alle depressioni che le separano.

Nel Miocene i movimenti tettonici hanno riportato in condizioni di sommersione le terre emerse, favorendo la sedimentazione di estesi corpi calcarenitici. Le fasi tardo mioceniche e plioceniche hanno riattivato le faglie cretacee interessando anche i terreni del Miocene. Nel corso di questi due ultimi periodi e del Pleistocene inferiore, ripetuti fenomeni di subsidenza e innalzamento hanno portato più volte ampie zone del Salento al di sotto e al di sopra del livello marino, determinando, rispettivamente, la deposizione di materiali terrigeni e l'erosione delle coperture più recenti. Nel Pleistocene medio una nuova fase tettonica ha conferito alla regione una configurazione simile all'attuale, mentre i fenomeni di ingressione e regressione marina conseguenti alle fasi glaciali (in particolare del Riss e del Wurm) hanno determinato il deposito dei sedimenti costieri in aree marginali.

Dal punto di vista litostratigrafico l'area del Comune di Mesagne e dei comuni limitrofi risulta costituita, dal basso verso l'alto, dai seguenti litotipi:

Depositi marini

- Calcari di Altamura (Turoniano sup. –Maastrichtiano)
- Calcareniti di Gravina (Pliocen sup.- Pleistocene inf.)
- Argille Subappennine (Pleistocene inf.)
- Depositi Marini Terrazzati (pleistocene med.-sup.)

Depositi continentali

- Coltre eluvio-colluviale (Olocene)

Calcari di Altamura

La formazione dei Calcari di Altamura è costituita prevalentemente da calcari bioclastici di colore chiaro, talora biancastro, compatti e a frattura irregolare. Associati ad essi si rinvengono calcari più scuri, calcari chiari subcristallini a frattura concoide e calcari detritici o leggermente marnosi. A tali litotipi si intercalano in modo irregolare calcari dolomitici color nocciola e subcristallini, con subordinate dolomie calcaree. Tali intercalazioni sono particolarmente evidenti nella zona a Nord del centro urbano di Nardò. Dal punto di vista petrografico, i calcari in oggetto sono costituiti prevalentemente da micriti più o meno fossilifere, talora dolomitizzate, e da subordinate biomicriti. Il contenuto macropaleontologico è scarso; sono presenti gusci e frammenti di rudiste, in particolare *Apricardia carantonensis* (D'ORB.), e rari *Cerithium*, *Pecten*, *Cardium*. Il contenuto di carbonato di calcio subisce in genere deboli oscillazioni e può arrivare al 98-99% nei calcari, nelle dolomie calcaree invece scende fino al 60%. La stratificazione è sempre evidente, ad eccezione dei casi in cui sia presente uno sviluppato carsismo superficiale. Gli strati presentano una potenza variabile da circa 15-20 cm all'ordine del metro. Talora si nota una evidente laminazione parallela, come, ad esempio, in alcuni affioramenti della Serra di Nardò. L'ambiente di sedimentazione è di piattaforma carbonatica interessata da limitate ed episodiche emersioni. Il limite inferiore non è affiorante; il limite superiore è inconforme e discordante con le formazioni più recenti.

Calcarenite di Gravina

Depositi calcarenitici e calciruditi bioclastici di ambiente litorale. La formazione è direttamente trasgressiva sui calcari cretaci. Sono localmente rappresentate da calcareniti e calciruditi passanti a materiali sabbiosi con inclusi ciottoli che si rinvengono in spessori molto esigui. Al contatto con i calcari spesso si trovano abbondanti affioramenti di materiali residuali rossastri (terre rosse) testimoni di una lunga fase di emersione che ha preceduto la trasgressione marina quaternaria.

Argille Subappenniniche

Argille limose, argille sabbiose ed argille marnose di colore grigio-azzurro, subordinatamente giallastre con sparsi, nella parte alta, ciottoli di natura calcarea o calcarenitica. Questi depositi poggiano in continuità di sedimentazione sulle Calcarenite di Gravina e localmente giacciono, lungo superfici trasgressive, direttamente sui depositi mesozoici del Calcare di Altamura. Questi depositi non affiorano e si trovano in estese aree nel sottosuolo. Dati litostratigrafici desunti da sondaggi e pozzi eseguiti nell'area confermano la presenza al di sotto dei Depositi Marini Terrazzati. Le Argille subappenniniche rappresentano il substrato impermeabile che sostiene l'acquifero superficiale della Piana di Brindisi. Da studi realizzati si è stimato che nell'area del Comune di Latiano lo spessore di questa formazione può arrivare a 10 m.

Depositi marini terrazzati

I Depositi marini terrazzati sono costituiti essenzialmente da alternanze di sabbie quarzose giallastre e calcareniti organogene localmente a carattere litoide con a tratti intercalazioni di strati conglomeratici. Giacciono lungo superfici di abrasione marina individuate nei depositi argillosi e calcarenitici del ciclo della Fossa Bradanica e nei calcari mesozoici. In questa unità ha sede l'acquifero superficiale, generalmente sostenuto dai depositi argillosi impermeabili sottostanti.

I depositi marini terrazzati affiorano nell'area di intervento (Fig.3A e 3B).

Coltre Eluvio-Colluviale

La coltre eluvio-colluviale è caratterizzata dalla presenza di terre rosse argillose, depositi alluvionali e palustri, sabbioso terrosi e subordinatamente ciottolosi di età via via più recente in relazione alla diminuzione di quota. Nei depositi più antichi sono frequenti resti scheletrici di mammalofaune (*Elephas* sp., *Rinocerthos* sp., *Equus* sp., *Boss* sp.). Lo spessore è variabile da qualche metro fino ad una decina di metri.

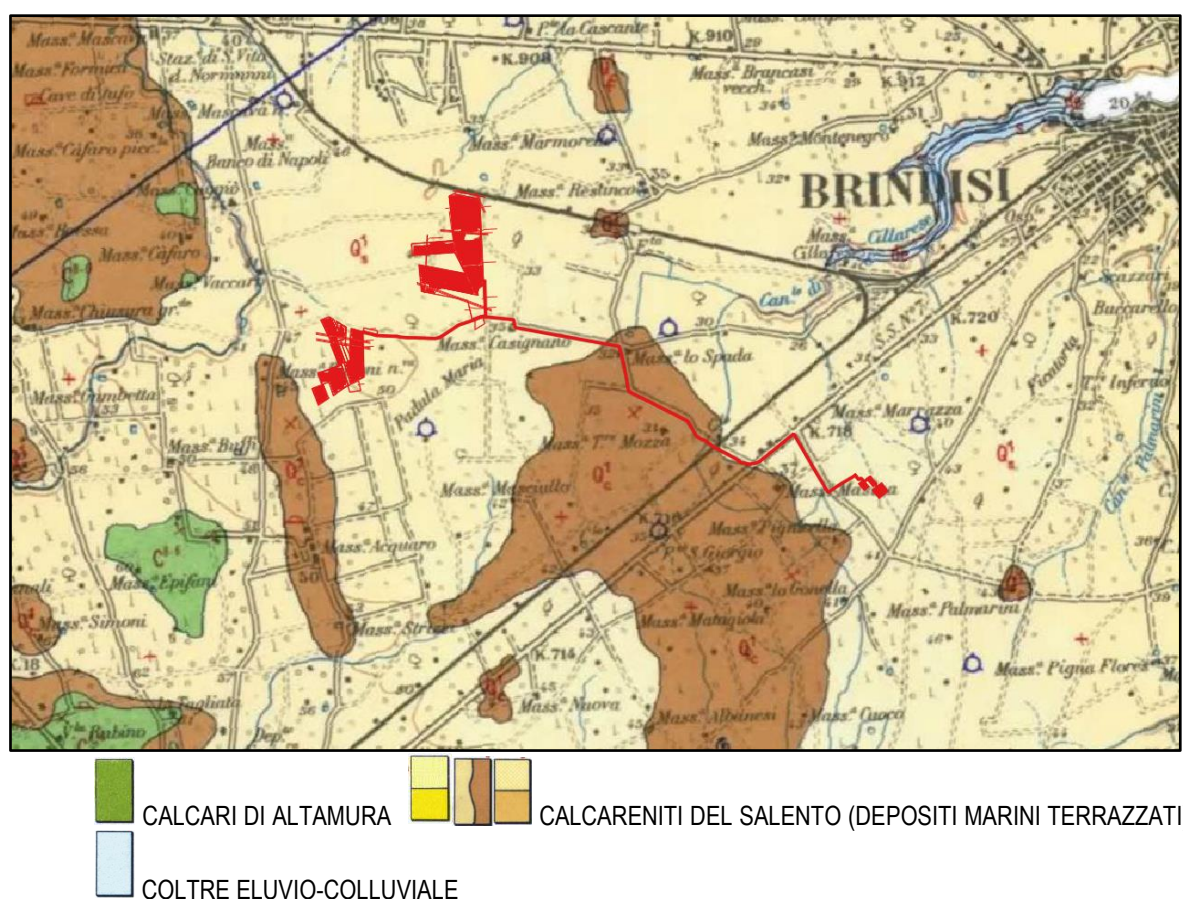


FIG 2 – Stralcio della Carta Geologica alla scala 1:100000, foglio 203 "Brindisi". In colore rosso l'intervento

3 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Il territorio comunale di Brindisi è ubicato nella parte orientale dell'altopiano murgiano e si estende nell'area al limite tra la porzione nord-occidentale delle Murge Tarantine e quella sudorientale delle Murge Baresi. La morfologia di questo settore pugliese è caratterizzata dalla presenza di dorsali, alture ed altipiani, che raramente si elevano a più di poche decine di metri sulle aree circostanti e che prendono il nome di "Serre". La fisiografia generale è controllata dalle caratteristiche tettoniche e strutturali dei terreni affioranti. In particolare le zone rilevate coincidono con alti strutturali di origine disgiuntiva (horst) e plicativa (pieghe anticlinali), delimitati da scarpate morfologiche impostate sui piani di faglia o sui fianchi delle anticlinali, ed il cui andamento principale è in direzione NW- SE. I terreni più giovani, datati al Pleistocene ed all'Olocene, sono di natura alluvionale e di spiaggia, riferibili a numerose unità litostratigrafiche; esse occupano le aree più depresse (piana di Brindisi) o poggiano sulle superfici di scarpata morfologica, raccordandosi ad esse e seguendone l'andamento e l'immersione. La presenza di incisioni deboli in un sistema carsico diffuso, costituisce l'unico esempio di idrografia organizzata a regime perenne nel territorio comunale di Mesagne e in quello dei Comuni vicini. Le incisioni fluvio-carsiche minori hanno orientazioni variabili NNO-SSE e Ovest-Est e spesso recapitano le acque in aree cieche o in doline.

Di seguito si riporta uno stralcio della "Carta Idrogeomorfologica " della Regione Puglia, redatta dall'Autorità di Bacino della Puglia (AdB), oggi "Autorità di Bacino del distretto idrografico dell'appennino meridionale – Sede Puglia" (Fig.3). Nell'area oggetto di intervento, sita sud-ovest dell'abitato di Brindisi, a ovest di Masseria Grande, gli elementi geomorfologici di rilievo sono rappresentati dalla presenza dall'attraversamento di vari tratti di reticolo in corrispondenza degli elettrodotti, che rimangono comunque confinati nella viabilità esistente;

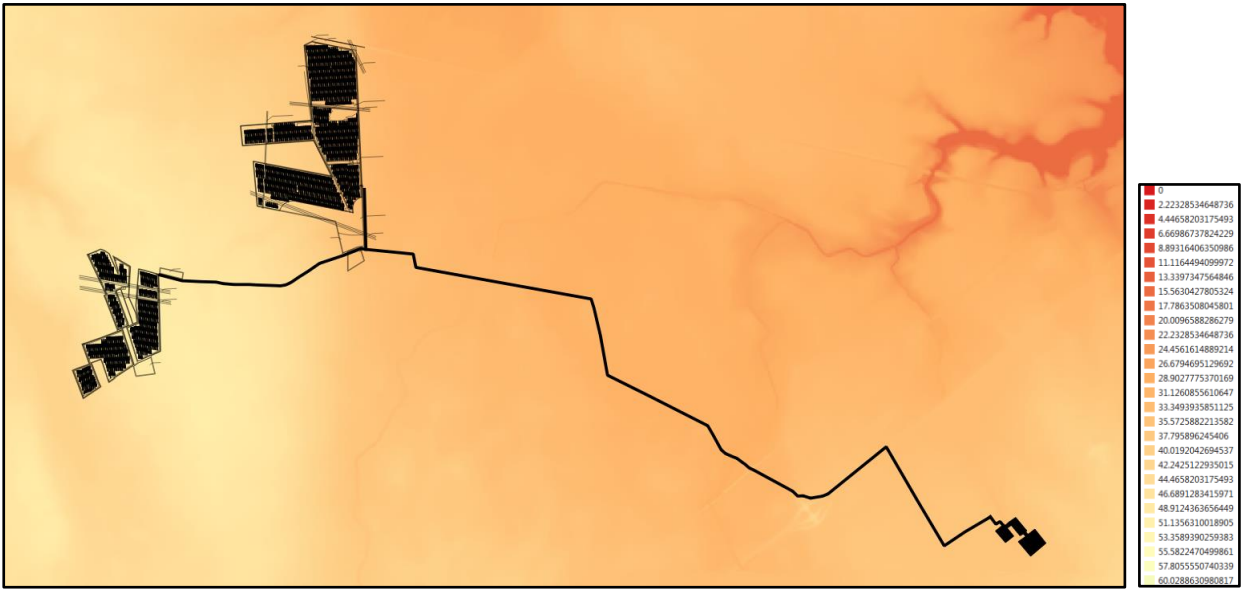


FIG 4 – Impianto su modello digitale del terreno (DTM)

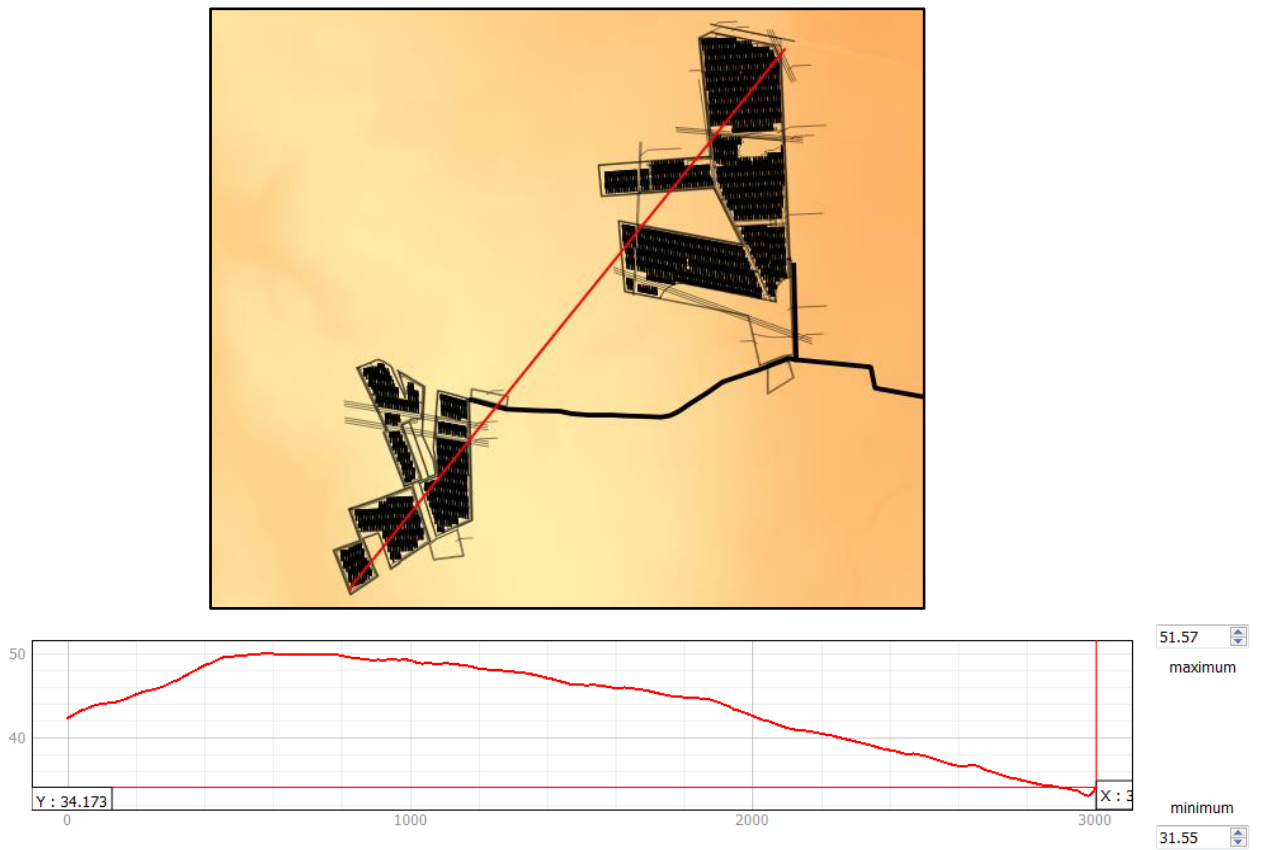


FIG 5 – Andamento topografico del terreno su sezione trasversale nell'area di progetto

Il DTM disponibile è stato utilizzato per l'elaborazione della carta delle pendenze che nell'area di progetto hanno valori inferiori al 10% (Fig.6).

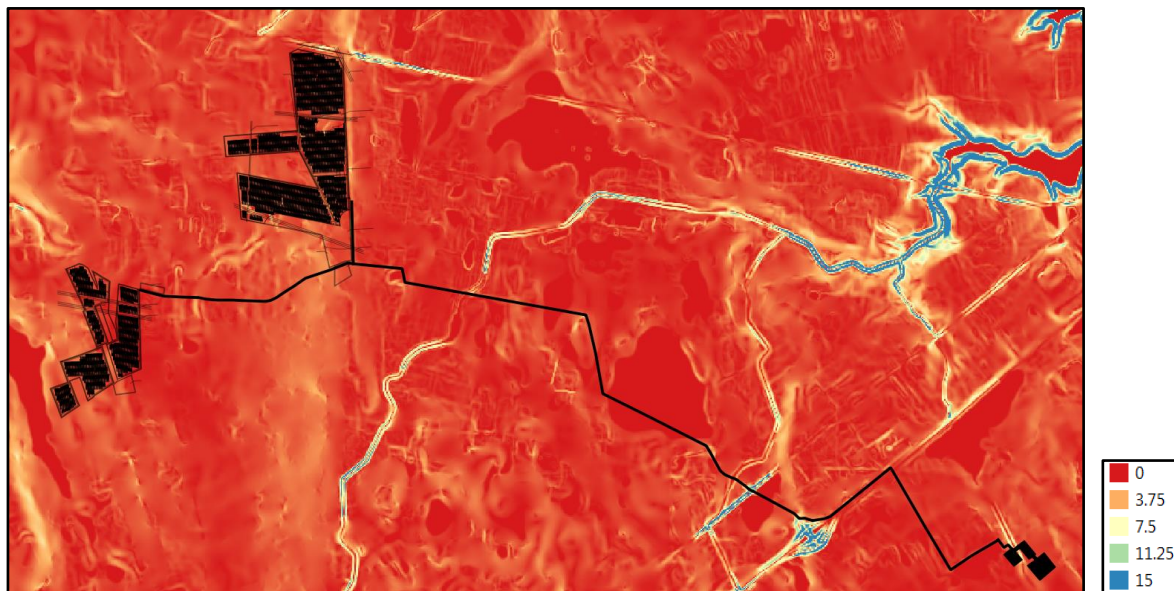


FIG 6 – Carta delle pendenze nell'area di intervento (valori espressi in %)

4 CONFORMITÀ DELL'INTERVENTO CON IL PAI (PIANO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO)

La Regione Puglia, nella veste dell'Autorità di Bacino che ha redatto il PAI (Piano di bacino stralcio per l'Assetto Idrogeologico), ha provveduto alla perimetrazione delle aree a pericolosità/rischio idraulici e geomorfologici. Il Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino della Puglia (PAI), approvato in data 30.11.2005 e successivamente aggiornato con nuove perimetrazioni, è finalizzato al miglioramento delle condizioni di regime idraulico e della stabilità geomorfologica necessario a ridurre gli attuali livelli di pericolosità e a consentire uno sviluppo sostenibile del territorio nel rispetto degli assetti naturali, della loro tendenza evolutiva e delle potenzialità d'uso.

Il PAI costituisce il Piano Stralcio del Piano di Bacino, ai sensi dall'articolo 17 comma 6 ter della Legge 18 maggio 1989, n. 183, ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo ricadente nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia, oggi "Autorità di Bacino del distretto idrografico dell'Appennino Meridionale".

Nell'ambito del PAI sono state individuate aree a:

- Alta Pericolosità (AP), Media Pericolosità (MP) e Bassa Pericolosità (BP) idraulica, in funzione dei tempi di ritorno 30, 200 e 500 anni;

- Elevata Pericolosità (PG3), Media Pericolosità (PG^m) e Moderata Pericolosità (PG1) al dissesto geomorfologico;
- Rischio moderato R1, medio R2, elevato R3, molto elevato R4 in funzione dei danni che sono stati causati e che potrebbero essere causati da fenomeni di allagamento e/o frana.

La zona di progetto non è interessata da perimetrazione di aree soggette a pericolosità idraulica e/o geomorfologica; solo a margine di un tratto di elettrodotto vi è la presenza di un'area ad alta pericolosità idraulica, all'interno della quale non sono previste opere (Fig. 7).

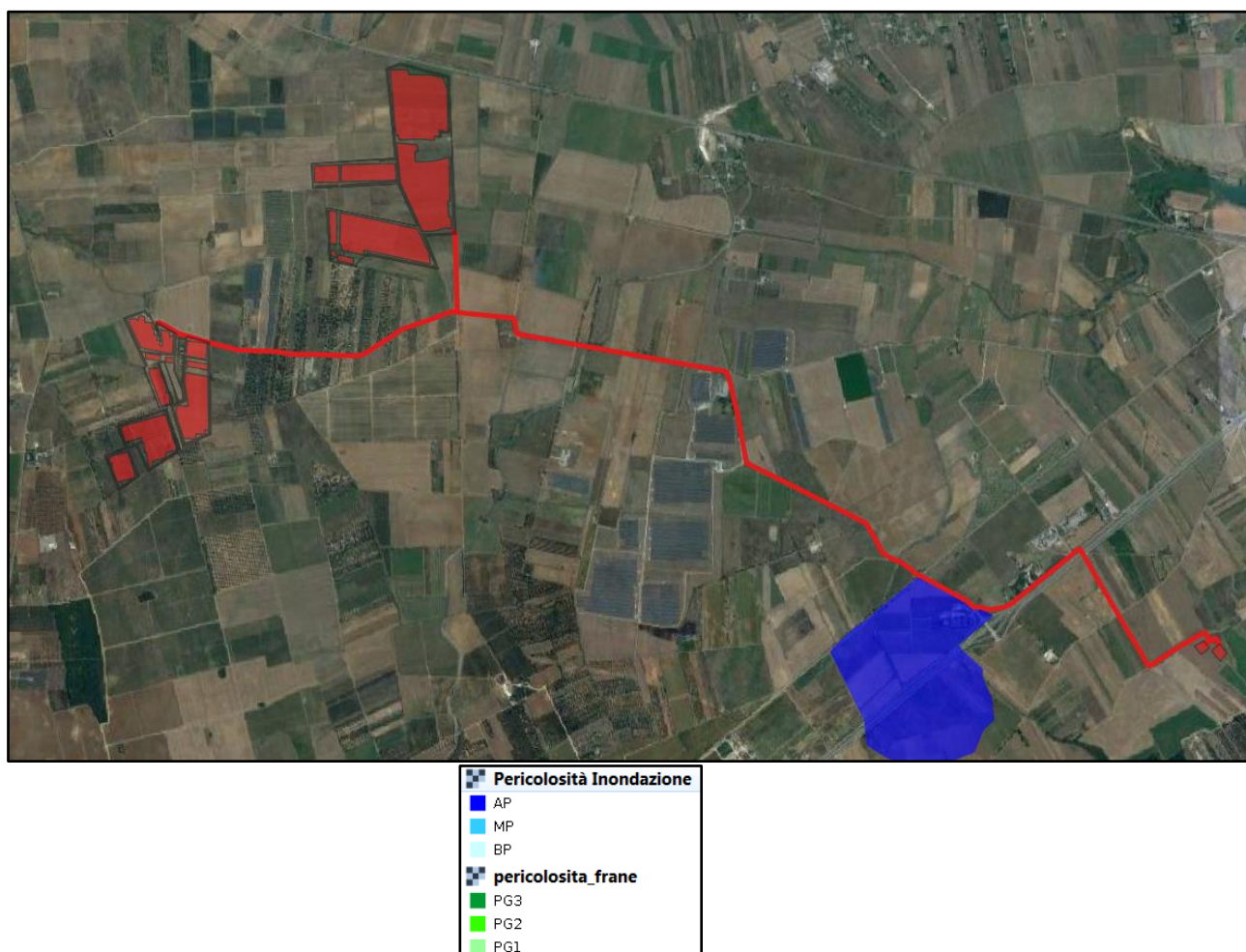


FIG 7 – Stralcio PAI AdB Distrettuale dell'Appennino Meridionale con la rappresentazione dell'area di intervento e degli elettrodotti

Dalla carta idrogeomorfologica regionale e dalla cartografia del piano paesaggio comunale (Fonte: SIT Brindisi) è evidente la presenza di un reticolo idrografico in prossimità e in corrispondenza di alcune opere progettuali (Fig.8). Con riferimento alle NTA del PAI, applicando i relativi buffer di 75 m per la definizione dell'alveo fluviale in modellamento attivo e aree golenali (Art. 6 delle NTA) e di ulteriori 75 m per le fasce di pertinenza fluviale (Art. 10 delle NTA), si ottengono le fasce di sovrapposizione come rappresentato in Fig.9. Con riferimento alle NTA, nei primi 75 m vige un vincolo di inedificabilità, mentre

nei successivi 75 m la realizzazione di interventi è possibile, previa verifica della sicurezza idraulica in uno studio di compatibilità idrologica-idraulica subordinato al parere favorevole di ADB.

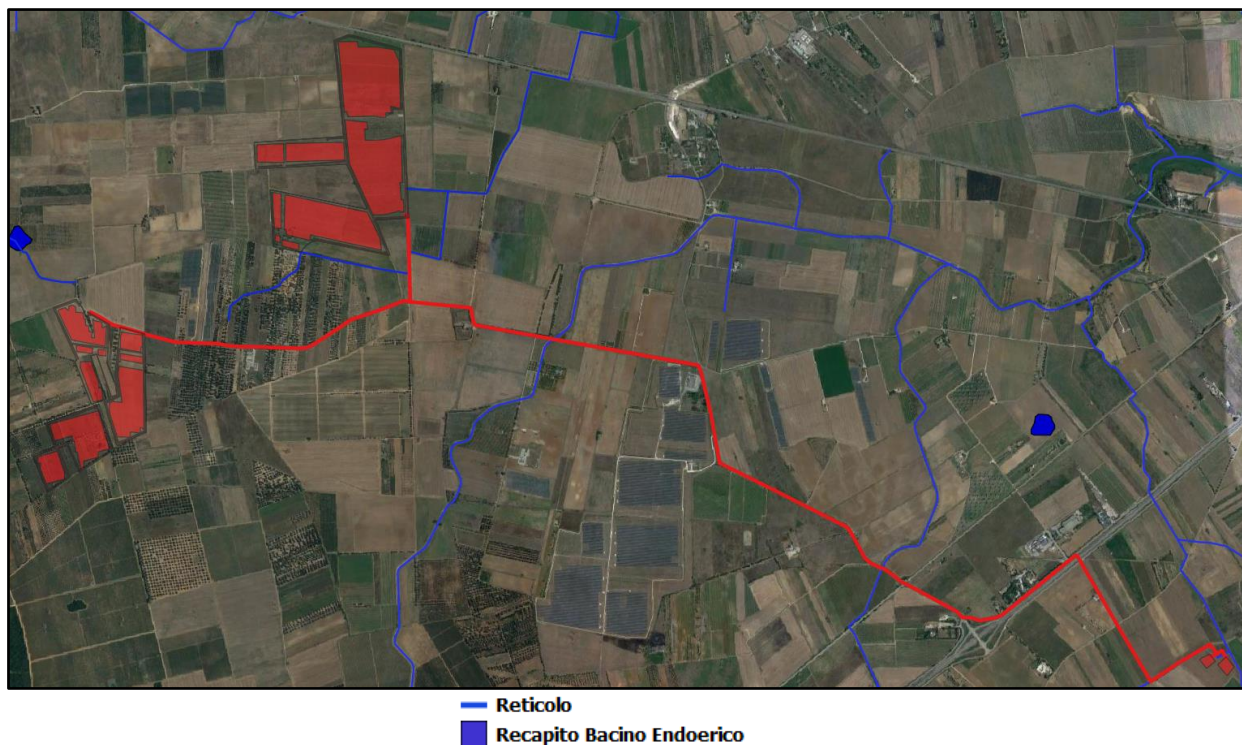


FIG 8 – Reticolo idrografico in prossimità del lotto di impianto.

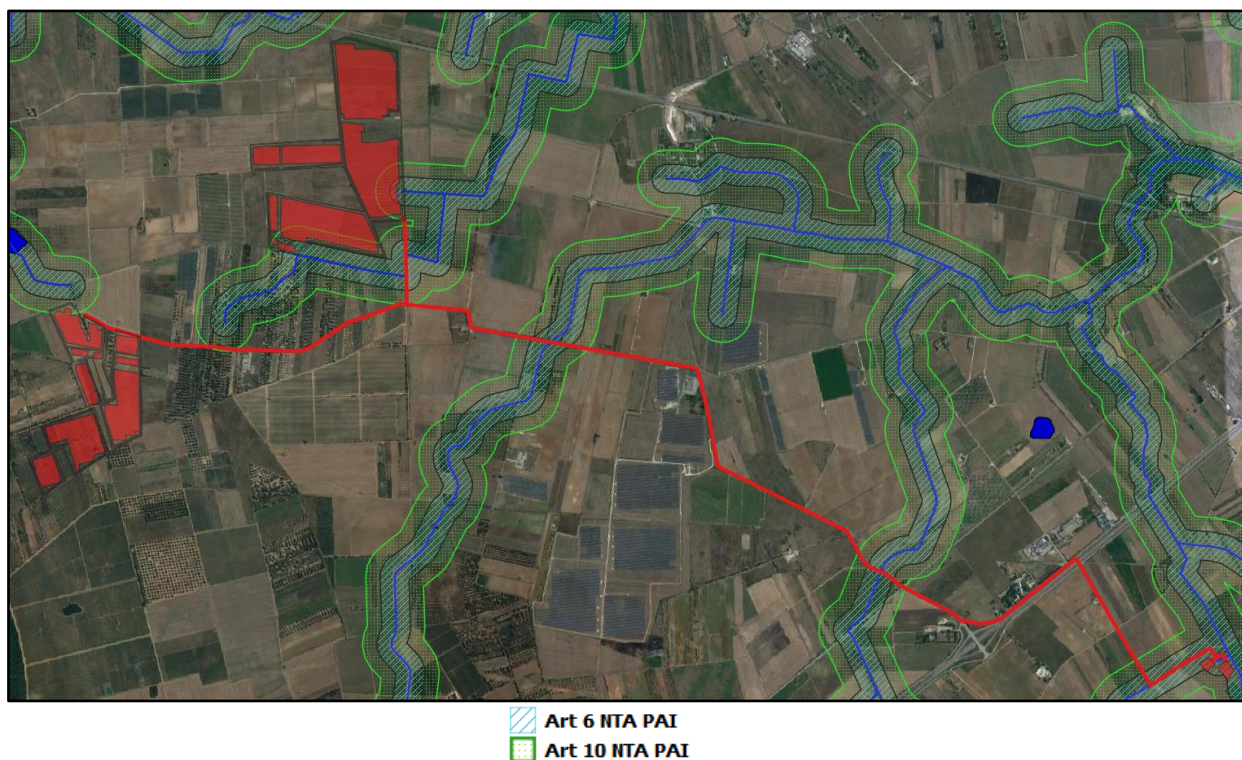


FIG.9 – Art.6 e Art.10 delle NTA del PAI in prossimità del lotto di intervento di impianto

Per quanto attiene il percorso degli elettrodotti fino alla Cabina di smistamento alla Sottostazione Elettrica Utente, è stato volutamente individuato un tracciato che eviti il più possibile la realizzazione di

scavi e posa di cavi in zone in precedenza non interessate da tali opere, ma anzi privilegiando la posa interrata dei cavi sotto la sede stradale relativa a viabilità asfaltata già esistente.

5 ANALISI IDROLOGICA

L'analisi idrologica è stata effettuata per la determinazione delle portate al colmo di piena per i tempi di ritorno di 30 e 200 anni, ai sensi del PAI. Le portate al colmo sono state calcolate sulla base del metodo VAPI Puglia, come consigliato dalla "Relazione di Piano" del PAI.

5.1 CARATTERISTICHE DEI BACINI IDROGRAFICI

Poiché l'obiettivo dell'analisi idrologica consiste nel valutare le portate al colmo di piena per i tempi di ritorno di riferimento, sono stati individuati i bacini idrografici comprendenti l'area di impianto e i reticoli che intersecano l'elettrodotto di collegamento con la Sotto Stazione Utente. I bacini individuati sono n.6 (Bacino 1, Bacino 2, Bacino 3, Bacino 4, Bacino 5, Bacino 6) (Fig. 10).

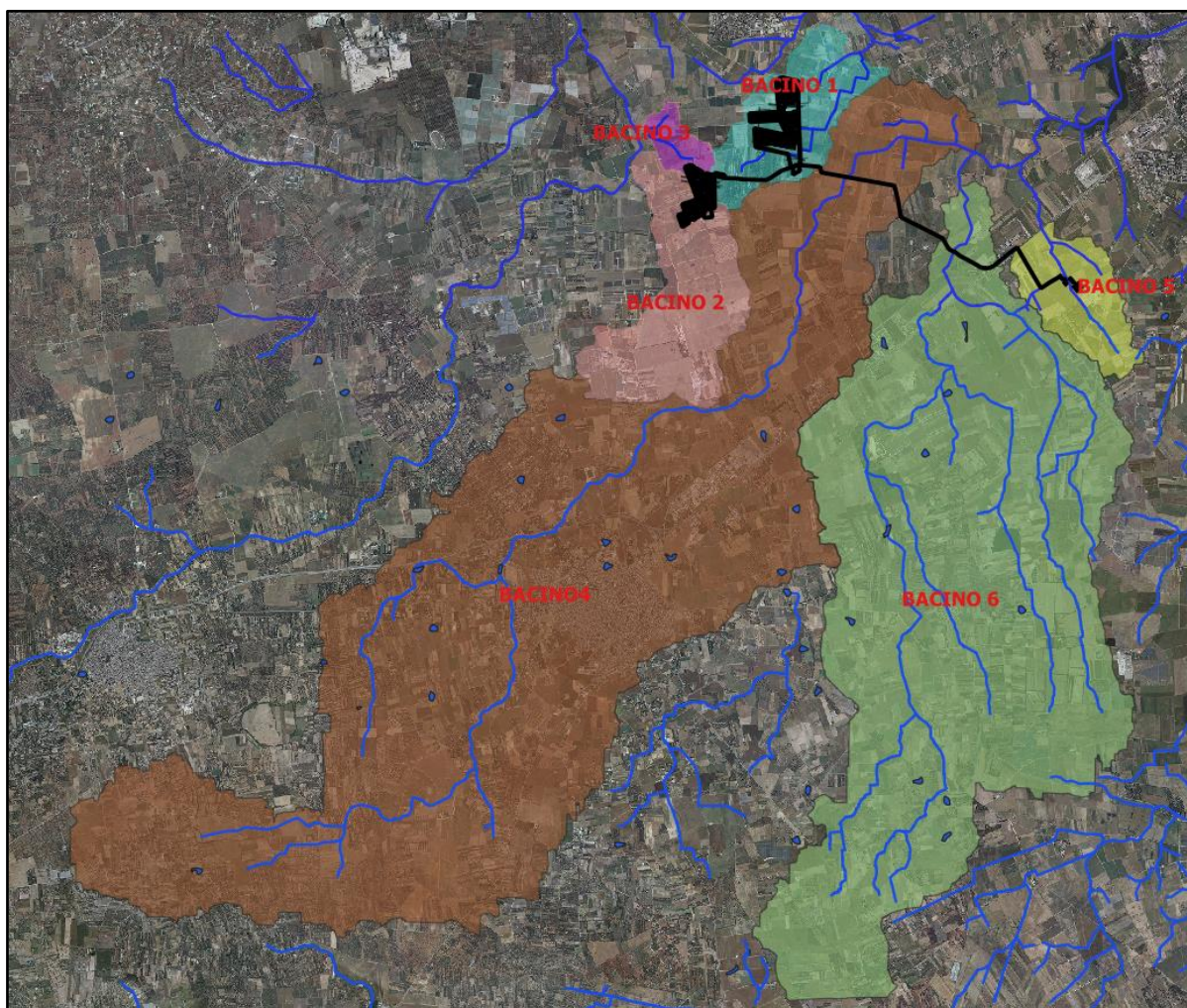


FIG 10 – Bacini idrografici afferenti l'area di realizzazione di impianto e il reticolo che interseca l'elettrodotto di collegamento con la Sotto Stazione Utente

Con l'obiettivo di estrarre i dati morfologici e altimetrici dei bacini idrografici afferenti l'area di interesse, è stato implementato un progetto GIS nel quale sono stati inseriti i dati cartografici presenti nella zona e, in particolare,

- cartografia aerofotogrammetrica ufficiale (CTR/2008), alla scala 1:5000;
- modello digitale del terreno (DTM) ricavato dai dati della CTR regionale;
- modello digitale del terreno (DTM) ad alta risoluzione, ricavato dai dati Lidar;
- cartografia relativa all'uso del suolo, geologia e litologia
- rilievi in situ.

Il bacino idrografico è la superficie topografica dalla quale le acque di pioggia, defluendo naturalmente, confluiscono nella sezione d'interesse chiamata sezione di chiusura. La linea che delimita un bacino idrografico è una linea sempre ortogonale alle curve di livello e passante per i punti singolari di displuvio. Tale linea è costituita dalla congiungente i punti di massima curvatura delle curve di livello in corrispondenza dei quali le stesse volgono la convessità verso le quote decrescenti.

L'identificazione dei bacini è stata eseguita dopo aver individuato la rete idrografica, costituita dalle linee di impluvio (o compluvio) secondo le quali defluiscono naturalmente le acque che si raccolgono nel bacino stesso. La rete dei canali è costituita da linee di massima pendenza ortogonali alle curve di livello e passanti per i punti di massima curvatura di esse in corrispondenza dei quali le stesse volgono la convessità verso le quote crescenti.

I dati di "elevazione del terreno" sono stati elaborati in ambiente GIS mediante l'applicazione degli algoritmi "FillSinks, Catchment Area, Channel Network, WatershedBasins, VectorizeRasterLayer"; i risultati ottenuti sono stati poi rettificati mediante l'utilizzo della fotointerpretazione da ortofoto e confrontati con i rilievi effettuati in campo.

Le caratteristiche fisiografiche dei bacini idrografici sono state ricavate mediante l'applicazione di strumenti analitici in ambiente GIS.

Superficie Bacino: è stata calcolata dal menù richiamabile dalla finestra del database associato agli oggetti vettoriali.

Quote minima, media e massima del bacino: sono state individuate consultando le proprietà relative alla matrice ottenuta ritagliando il DEM utilizzando come maschera di selezione l'estensione del bacino in formato raster.

Lunghezza dell'asta fluviale principale: è stata ottenuta tramite l'applicazione "Lenght" disponibile nel menù richiamabile dalla finestra del database associato agli oggetti vettoriali.

Pendenza media dell'asta fluviale: è stata valutata come media delle pendenze dei singoli tratti componenti l'asta principale; queste ultime, ricavate tramite le quote corrispondenti ad ogni nodo, sono state valutate come rapporto tra la variazione di quota tra le estremità di ciascun tratto e la lunghezza dello stesso.

Quota della sezione di chiusura: è stata valutata semplicemente tramite interrogazione diretta del DEM in corrispondenza della sezione di chiusura prefissata.

Nella seguente tabella sono indicate le caratteristiche fisiografiche dei bacini di interesse individuati.

CARATTERISTICHE FIOGRAFICHE	BACINO 1	BACINO 2	BACINO 3	BACINO 4	BACINO 5	BACINO 6
Superficie Bacino in Km ² (<i>S_b</i>)	3,97	5,98	0,79	61,89	2,9	43,92
Perimetro Bacino in Km	13,07	17,33	5,30	77,63	10,62	50,87
Quota massima bacino in m s.l.m. (<i>q_{max}</i>)	50,61	61,51	50,41	110,70	47,23	81,21
Quota media bacino in m s.l.m. (<i>q_{med}</i>)	37,15	48,34	46,22	70,06	39,29	55,08
Quota minima bacino in m s.l.m. (<i>q_{min}</i>)	27,69	38,68	39,44	24,28	33,52	27,05
Lunghezza asta principale in Km (<i>L</i>)	4,20	4,74	1,29	22,97	2,7	15,66
Pendenza media dell'asta principale (%) (<i>i_a</i>)	0,54	0,48	0,84	0,75	0,62	0,80
Pendenza media del bacino (%)	1,22	1,15	1,72	1,69	1,63	1,65
Quota sezione di chiusura del bacino in m s.l.m. (<i>q₀</i>)	27,69	46,7	39,95	27,57	33,55	27,63
CN	72	71	72	75	71	72
Coefficiente di deflusso	0,30	0,30	0,30	0,45	0,30	0,40

Il Curve Number

Per la definizione del Curve Number (CN) è stato utilizzato il metodo SCS-CN del Soil Conservation Service (1972). Il CN è un numero adimensionale, i cui valori sono compresi tra 100 e 0, che rappresenta l'attitudine del bacino a produrre deflusso e si stima in funzione delle caratteristiche idrologiche dei suoli e di copertura vegetale. Il CN viene di prassi stimato sulla base di tabelle funzioni della permeabilità e degli usi del suolo ed effettuando delle valutazioni medio ponderate sui bacini idrografici oggetto di indagine.

Il metodo, detto Metodo 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:

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

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.

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. Per la stima di I_a si può fare ricorso alla seguente relazione:

$$I_a = 0,2 \cdot S$$

che risulta verificata in buona approssimazione. La valutazione del valore di S può invece essere ricondotta a quella dell'indice CN (Curve Number), a cui risulta legato dalla relazione:

$$S = S_0 \cdot (100/CN - 1)$$

dove 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):

Per il calcolo del CN nell'ambito del presente studio si è fatto riferimento a:

- Carta geo-litologica della Puglia 1:250.000, impostata sulla elaborazione e sintesi della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, elemento della Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia, redatta dall'Autorità di Bacino della Puglia (delibera n. 48/2009)
- Carta di Uso del Suolo della Carta Tecnica Regionale del SIT Puglia aggiornata al 2011 e a IV livello della Corine Land Cover.

Le quattro classi di permeabilità (A, B, C, D) del metodo SCS-CN sono state attribuite alle unità geolitologiche dell'area, così come descritte nella Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia, redatta dall'Autorità di Bacino della Puglia (delibera n. 48/2009), pubblicata sul portale internet della stessa Autorità (www.adb.puglia.it). Il livello di permeabilità è stato associato a ciascuna unità valutando in maniera qualitativa porosità, fessurazione, fratturazione, carsismo e pendenza. In Fig. 11 lo stralcio della carta geolitologica relativa ai bacini idrografici di riferimento

Di seguito la descrizione delle 4 classi di permeabilità:

- 1) **A:** permeabilità alta, bassa capacità di deflusso, suoli con elevata capacità di infiltrazione anche se completamente saturi, sabbie e ghiaie profonde ben drenate; notevole conducibilità idrica.
- 2) **B:** permeabilità medio-alta, suoli con moderata capacità di infiltrazione se saturi, suoli con tessitura medio-fine e bassa capacità di infiltrazione, conducibilità idrica media.

- 3) **C**: permeabilità medio-bassa, suoli con bassa capacità di infiltrazione se saturi, suoli con tessitura medio-fine e bassa capacità di infiltrazione, conducibilità idrica bassa.
- 4) **D**: permeabilità bassa, capacità di deflusso elevata, suoli con capacità di infiltrazione ridottissima in condizioni di saturazione, suoli ricchi di argilla rigonfianti, conducibilità idrica estremamente bassa.

UNITA' GEOLITOLOGICA	Classe permeabilità
Unità a prevalente componente siltoso-sabbiosa e/o arenitica	B
Unità a prevalente componente arenitica	B
Unità prevalentemente calcarea o dolomitica	A

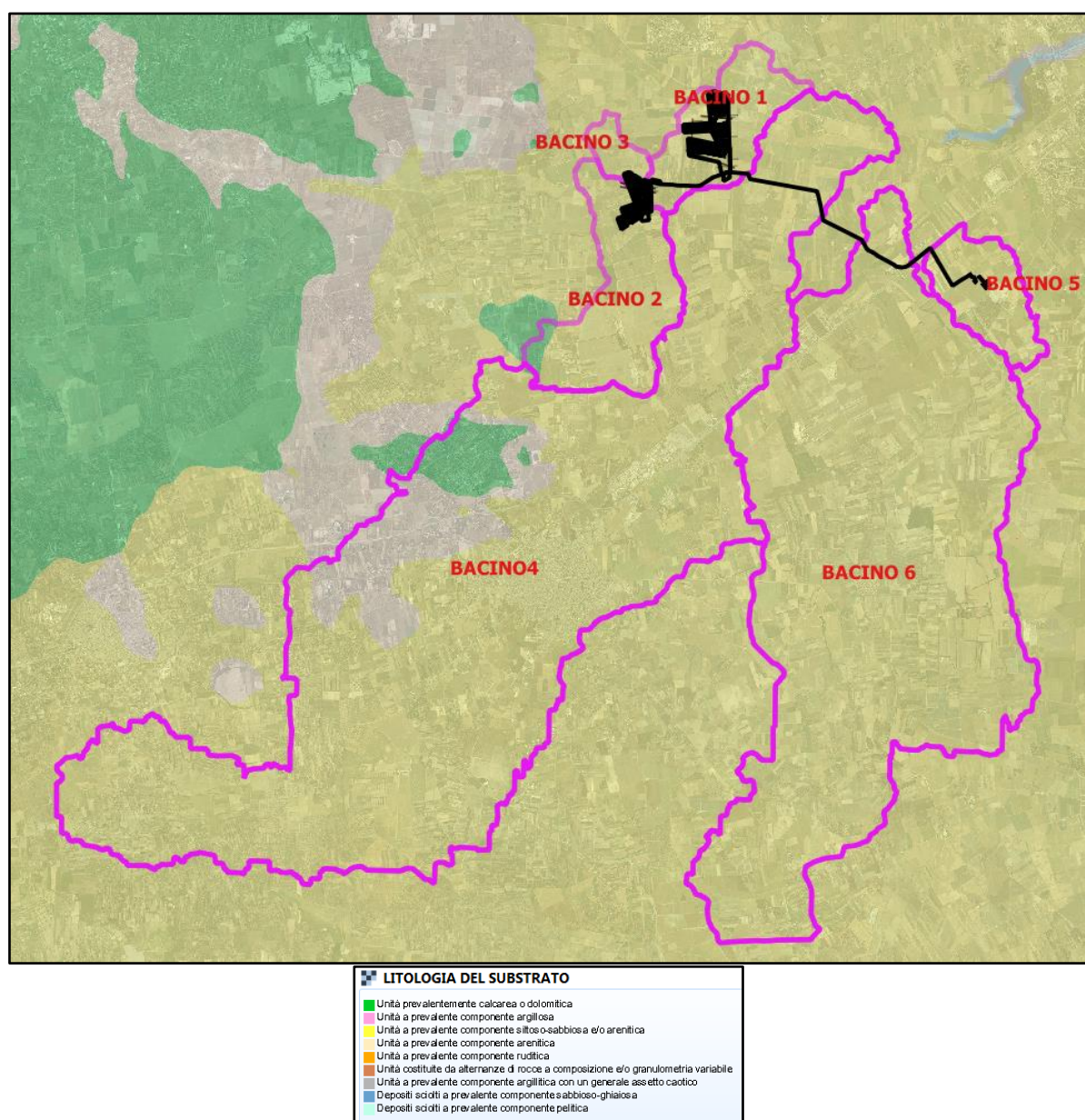


FIG 11 – Carta geolitologica relativa ai bacini idrografici di riferimento

Per la definizione del CN sono state anche associate alle diverse tipologie di uso del suolo le classi di permeabilità. In Fig. 12 lo stralcio della carta di uso del suolo della Regione Puglia (2011) relativa ai bacini idrografici di riferimento

CATEGORIA DI USO DEL SUOLO	Classi permeabilità	
	A	B
Aree a pascolo naturale, praterie, incolti	68	79
Aree a vegetazione sclerofilla	45	66
Boschi di conifere	45	66
Colture temporanee associate a colture permanenti	62	71
Frutteti e frutti minori	62	71
Prati alberati, pascoli alberati		
Insedimenti produttivi agricoli	68	79
Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali	62	71
Reti ed aree per la distribuzione, la produzione e il trasporto dell'energia	92	93
Reti stradali e spazi accessori	98	98
Aree per gli impianti delle telecomunicazioni	92	93
Suoli rimaneggiati e artefatti	89	92
Seminativi semplici in aree non irrigue	72	81
Uliveti	62	71
Vigneti	62	71
Tessuto residenziale sparso	78	80

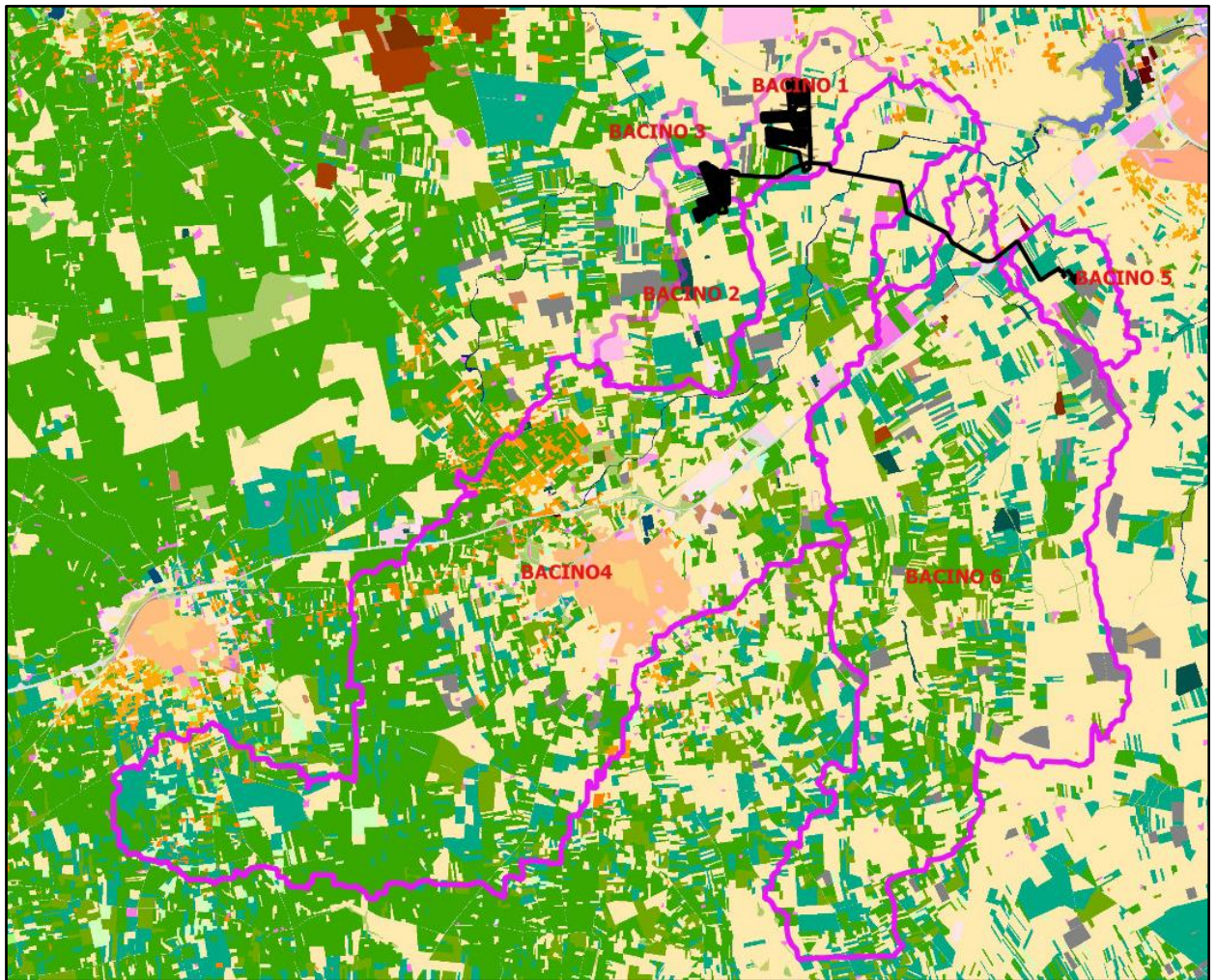


FIG 12 – Carta di uso del suolo della Regione Puglia (2011) relativa ai bacini idrografici di riferimento

I valori del CN riportati nella tabella precedente 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). Nella tabella successiva la definizione delle condizioni di umidità antecedenti l'evento (AMC).

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 secco)	$P > 110$

Considerata l'entità degli interventi e l'importanza degli stessi alla luce di eventi catastrofici che sfortunatamente si ripetono negli anni, si preferisce adottare un valore di Curve Number pari al CN(III) per le aree non urbanizzate considerando un CN 100 per le aree urbane.

Il Coefficiente di deflusso

Per tutti i bacini analizzati è stato definito il coefficiente di deflusso (Cd) in funzione della permeabilità dei litotipi affioranti, delle caratteristiche morfologiche dei terreni e dell'uso del suolo.

Nella tabella successiva la correlazione tra i codici dell'uso del suolo e i valori del coefficiente di deflusso (Cd):

Codice Uso del Suolo	Descrizione	Cd(-)
111	Tessuto urbano continuo	0.90
112	Tessuto urbano discontinuo	0.80
121	Aree industriali e commerciali	0.80
122	Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori	0.80
124	Aeroporti	0.80
131	Aree ad attività estrattiva	0.60
133	Cantieri	0.40
141	Aree verdi urbane	0.30
142	Aree ricreative	0.50
211	Seminativi in aree non irrigue	0.35
212	Seminativi in aree irrigue	0.40
213	Risaie	0.35
221	Vigneti	0.50
222	Frutteti e frutti minori	0.45
223	Oliveti	0.45
231	Prati stabili	0.30
241	Colture temporanee associate a colture permanenti	0.35
242	Sistemi colturali e particellari complessi	0.35

243	Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali	0.35
311	Boschi di latifoglie	0.25
312	Boschi di conifere	0.25
313	Boschi misti	0.25
321	Aree a pascolo naturale e praterie di alta quota	0.40
322	Brughiere e cespugliete	0.45
324	Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione	0.45
331	Spagge, dune, sabbie	0.10
332	Rocce nude, falesie, rupi, affioramenti	0.65
333	Aree con vegetazione rada	0.50
335	Ghiacciai e nevi perenni	0.80
511	Corsi d'acqua, canali e idrovie	1.00
512	Bacini d'acqua	0.80

5.2 VALUTAZIONE DEI TEMPI DI CORRIVAZIONE

Il tempo di corrivazione di un bacino idrografico (T_c) rappresenta il tempo che una goccia d'acqua impiega per raggiungere la sezione di chiusura del bacino a partire dal punto idraulicamente più lontano da essa. Il tempo di corrivazione è comunemente espresso attraverso relazioni che contengono i parametri morfometrici del bacino. Tra le varie relazioni che possono essere utilizzate nella valutazione del tempo di corrivazione quella del Soil Conservation Service (SCS) è sicuramente la più adatta alle caratteristiche di estensione e morfometria dei bacini considerati.

TEMPO DI CORRIVAZIONE (T_c) IN ORE	BACINO 1	BACINO 2	BACINO 3	BACINO 4	BACINO 5	BACINO 6
	0,44	0,38	0,11	1,39	0,28	1,11

5.3 VALUTAZIONE DELLE PORTATE AL COLMO DI PIENA – METODO VAPI PUGLIA

La valutazione della massima precipitazione al variare del tempo di ritorno è stata svolta, rifacendosi alla metodologia proposta dal Gruppo Nazionale Difesa delle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche nell'ambito degli studi per la "Analisi regionale dei massimi annuali delle precipitazioni in Puglia centromeridionale".

Per la stima delle portate al colmo di piena si è fatto riferimento al rapporto VAPI relativo alla Regione Puglia, come suggerito dalle Norme di Attuazione del "Piano di Bacino Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico (PAI)" redatto dall' Autorità Interregionale di Bacino della Puglia. Secondo tale rapporto il

territorio di competenza dell'ADB della Puglia è stato suddiviso in 6 aree pluviometriche omogenee; la porzione di territorio oggetto di intervento ricade nella zona 6 (Fig. 13).

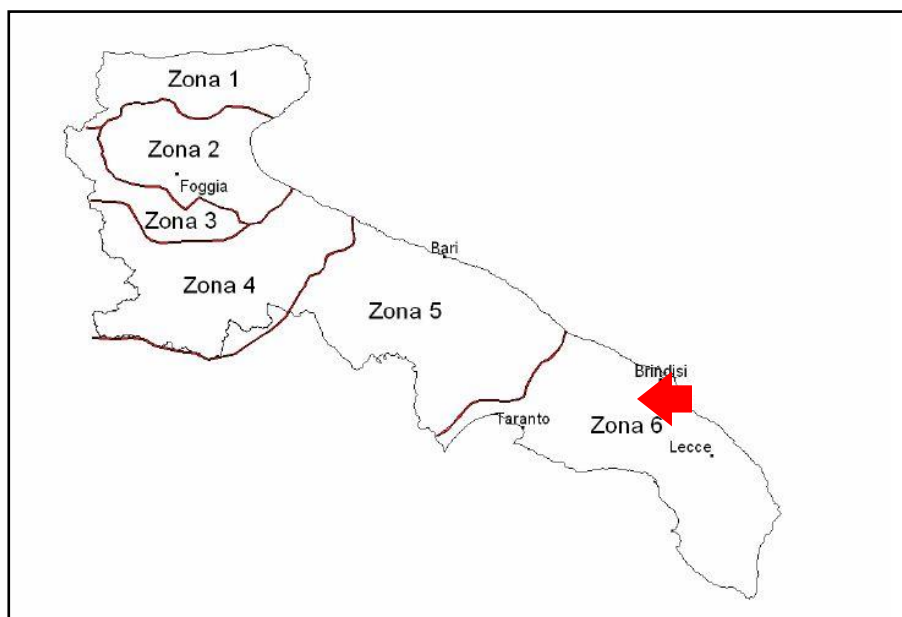


FIG 13 - Aree pluviometriche omogenee nella Regione Puglia

Il metodo suddetto prevede il calcolo delle altezze critiche di precipitazione utilizzando la seguente espressione (valida all'interno della "zona 6"):

$$X(t,z) = 33.7 t^{[(0.488+0.0022 z)/3.178]} = a' t^n$$

dove:

"z" (m.s.l.m.): quota caratteristica del bacino;

"t" (h): tempo di corrivazione del bacino.

A seconda del tempo di ritorno considerato in seguito l'altezza di pioggia deve essere moltiplicata per un coefficiente di crescita dato dalla seguente espressione:

$$K_T = 0.1599 + 0.5166 \ln(T)$$

Nella seguente tabella il calcolo dei parametri delle curve di possibilità pluviometrica e le altezze di precipitazione critica "h" per i tempi di ritorno di riferimento di 30 e 200 anni per i bacini idrografici di riferimento.

Curve di possibilità pluviometrica ed altezze di precipitazione (VAPI, zona 6)										
Bacino Idrografico	K30 (-)	K200 (-)	K500 (-)	a' (mm)	a30 (-)	a200 (-)	a500 (-)	n (-)	h30 (mm)	h200 (mm)
1	1,92	2,90	3,37	33,7	64,70	97,73	113,57	0,18	34,05	51,44
2	1,92	2,90	3,37	33,7	64,70	97,73	113,57	0,19	29,64	44,77
3	1,92	2,90	3,37	33,7	64,70	97,73	113,57	0,18	8,57	12,94
4	1,92	2,90	3,37	33,7	64,70	97,73	113,57	0,20	109,90	166,09

5	1,92	2,90	3,37	33,7	64,70	97,73	113,57	0,18	21,67	32,75
6	1,92	2,90	3,37	33,7	64,70	97,73	113,57	0,19	86,99	131,40

Le portate di piena sono state calcolate utilizzando il Metodo Razionale o formula di Turazza:

$$Q = (K S c i) / 3.6 = (K S c a t^{n-1}) / 3.6 = (K S c K_T a' t^{n-1}) / 3.6$$

dove:

“K” (-) = fattore di riduzione areale

“S” (km²) = superficie del Bacino

“i” (mm/h) = intensità di precipitazione

“c” (-) = coefficiente di deflusso

Per il calcolo del fattore di riduzione areale, come consigliato dalla Relazione di Piano del PAI, è stata utilizzata la formula dello *US Weather Bureau* che esprime tale fattore in funzione della superficie “S” e del tempo di corrivazione del bacino “t”:

$$K = 1 - (1 - e^{-0.0021 S}) e^{-0.53 t^{0.25}}$$

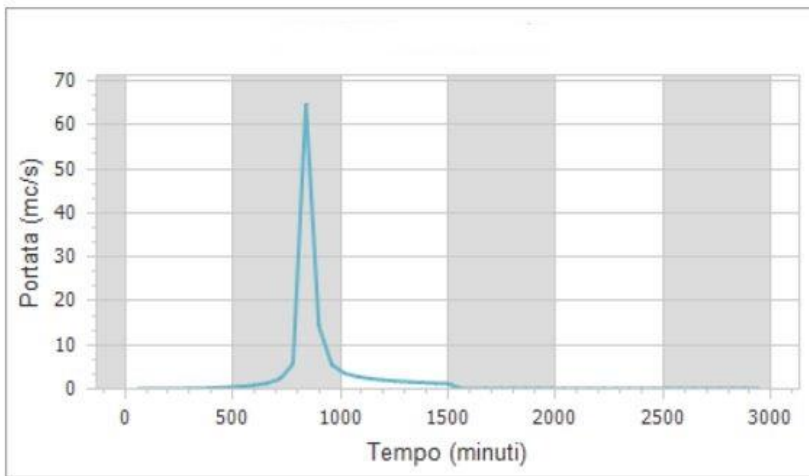
Nelle tabelle seguenti i valori delle portate al colmo di piena per i tre tempi di ritorno di riferimento.

Bacino Idrografico	Portate al colmo di piena (VAPI, zona 6)	
	Q30 (m ³ /s)	Q200 (m ³ /s)
1	8,28	12,51
2	11,26	17,01
3	0,52	0,79
4	289,92	438,14
5	4,30	6,50
6	181,89	274,73

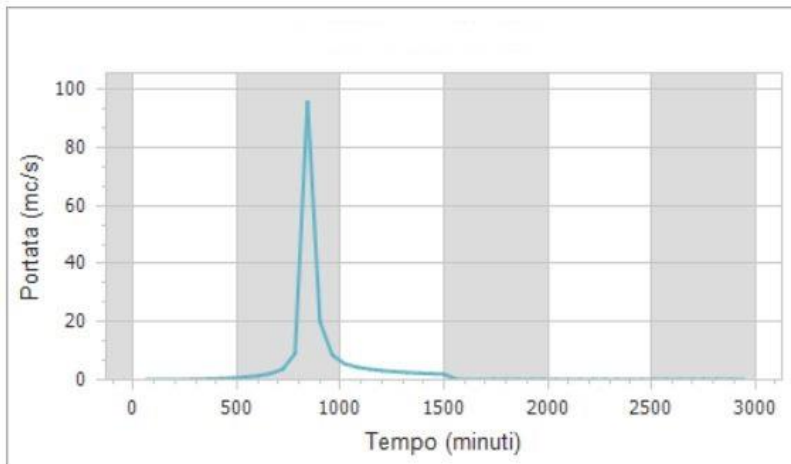
5.4 IDROGRAMMA

Di seguito l'idrogramma delle piene con tempi di ritorno di 200 anni per ciascun bacino considerato:

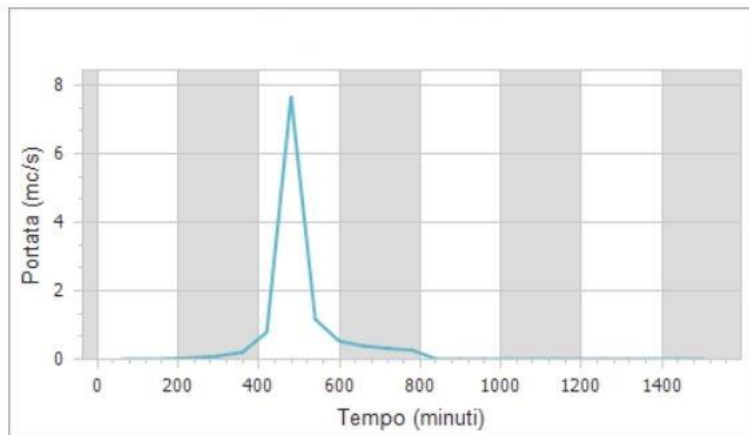
Bacino 1



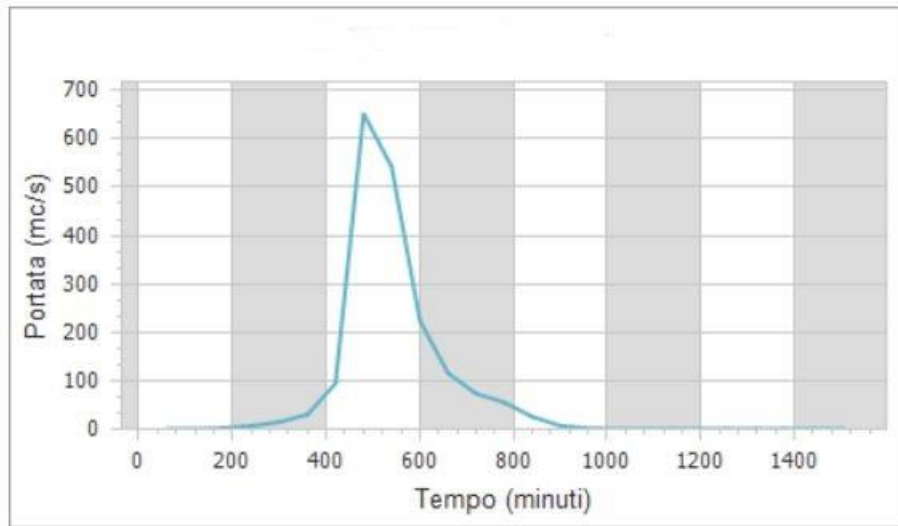
Bacino 2



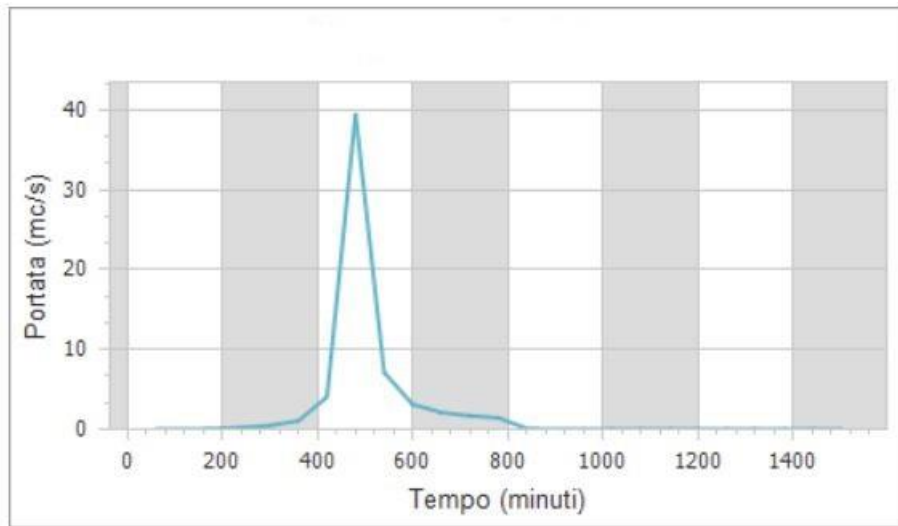
Bacino 3



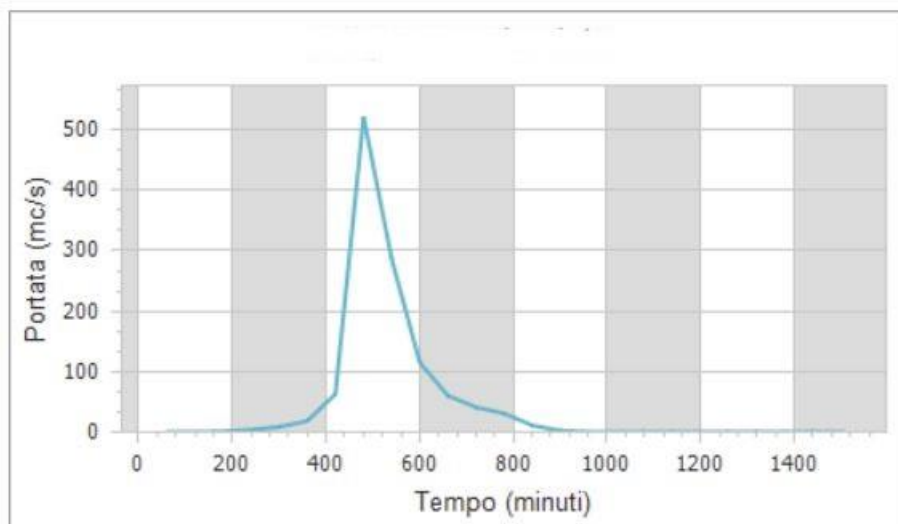
Bacino 4



Bacino 5



Bacino 6



6 ANALISI IDRAULICA MOTO VARIO BIDIMENSIONALE

L'analisi idraulica ha lo scopo di determinare i profili di corrente relativi ai tempi di ritorno prefissati, in questo caso di 30 e 200 anni. Tali profili sono necessari per la fase di individuazione delle aree a rischio idraulico. La verifica idraulica è stata effettuata sulla scorta dei dati cartografici a disposizione, in particolare dei dati altimetrici digitali e di un rilievo topografico effettuato in loco mediante strumentazione GPS. Alla base dell'analisi idraulica sono stati presi in considerazione i parametri idrogeologici individuati.

Per lo studio dell'effetto al suolo delle piene dei reticoli incisi presenti in corrispondenza dell'area di impianto è stato utilizzato il modello matematico idraulico bidimensionale, che modella la propagazione delle piene secondo due direzioni anziché una come i modelli monodimensionali.

Per il calcolo è stato utilizzato il codice HEC RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System), software prodotto dallo US ARMY Engineering Corps, e reso disponibile attraverso internet (www.hec.usace.army.mil).

6.1 PARAMETRI DEL MODELLO BIDIMENSIONALE

La base di calcolo per tiranti e velocità del codice HEC-RAS è costituita dal modello plano-altimetrico del terreno costituito dal "terrain" e derivato dal DTM Lidar fornito dal Ministero dell'Ambiente. Per la creazione del grigliato di calcolo dell'area 2D si sono tracciati più poligoni nell'apposita area dell'editor; successivamente è stata creata la maglia di calcolo all'interno delle aree considerate. E' stata definita una maglia ad elementi quadrati di lati $dx=3m$, $dy=3m$, al cui centro di ogni elemento è stato calcolato il tirante idrico.

Definita la geometria dell'area 2D ed i coefficienti di scabrezza di Manning, sono state immesse nel modello le condizioni al contorno di monte e di valle. In particolare la condizione di monte è rappresentata dall'inserimento degli idrogrammi di piena calcolati con il metodo SCS, mentre per la condizione di valle è stata scelta la condizione di moto uniforme ("normal depth"), approssimabile con la pendenza dei canali nel tratto di valle.

Nell'elaborazione si è tenuto conto degli attraversamenti idraulici, modellati in continuità con la mesh di calcolo bidimensionale con i comandi Weir/Culvert.

6.2 SCELTA DEI LIMITI DI VALUTAZIONE DELLE AREE DI ALLAGAMENTO

L'indicazione di allagamento di una superficie non è di per se un fattore di pericolosità, particolari condizioni di allagamento però possono mettere in condizioni di pericolo le persone presenti nelle aree in cui essi si verificano. Oltre al tirante idrico i fattori che influiscono sul livello di pericolo sono la velocità di scorrimento idrico e la persistenza del fenomeno. Un allagamento che presenta un tirante idrico di 0.1 metri risulta diverso da quello derivante da 2 metri, anche se si verifica con lo stesso tempo di ritorno. Al contrario se il primo possedesse un'elevata velocità di scorrimento, potrebbe diventare più pericoloso del secondo valore se quest'ultimo fosse quasi statico.

L'Autorità di Bacino competente non detta specifiche indicazioni al riguardo; tuttavia in Puglia nel tempo sono stati adottati diversi criteri in funzione di valutazioni e scelte effettuate dai progettisti.

Sono stati assunti come limiti di rappresentazione della pericolosità, e quindi della vulnerabilità idraulica, i seguenti limiti:

- Tirante idrico > 0.2 m
- Velocità > 0.3 m/s;

comunque molto cautelativi rispetto ai limiti proposti dalla letteratura tecnica.

Applicando quindi un "taglio" ai valori di tirante < 0.2 m e di velocità < 0.3 m, si è avuta una sensibile riduzione dell'area a pericolosità idraulica duecentennale, sia a in destra che in sinistra idraulica (figure seguenti).

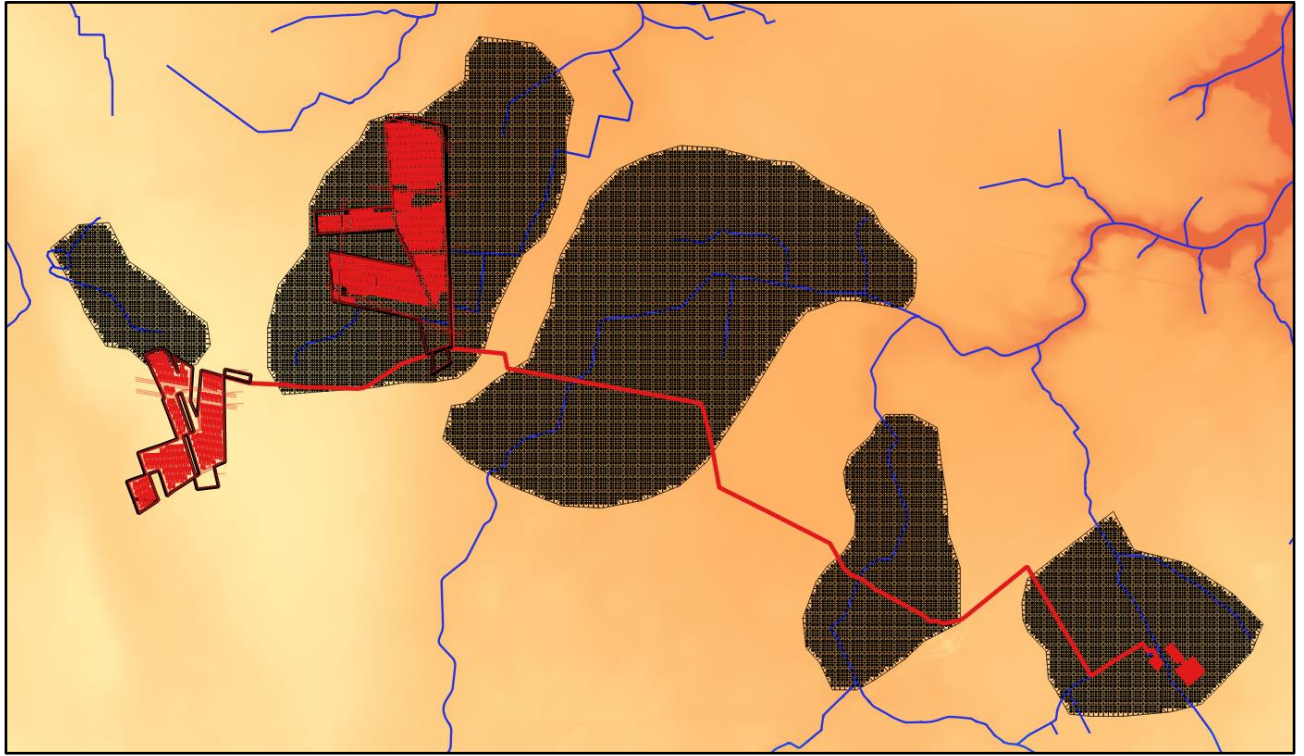


FIG 14 – Mesh di calcolo del dominio bidimensionale

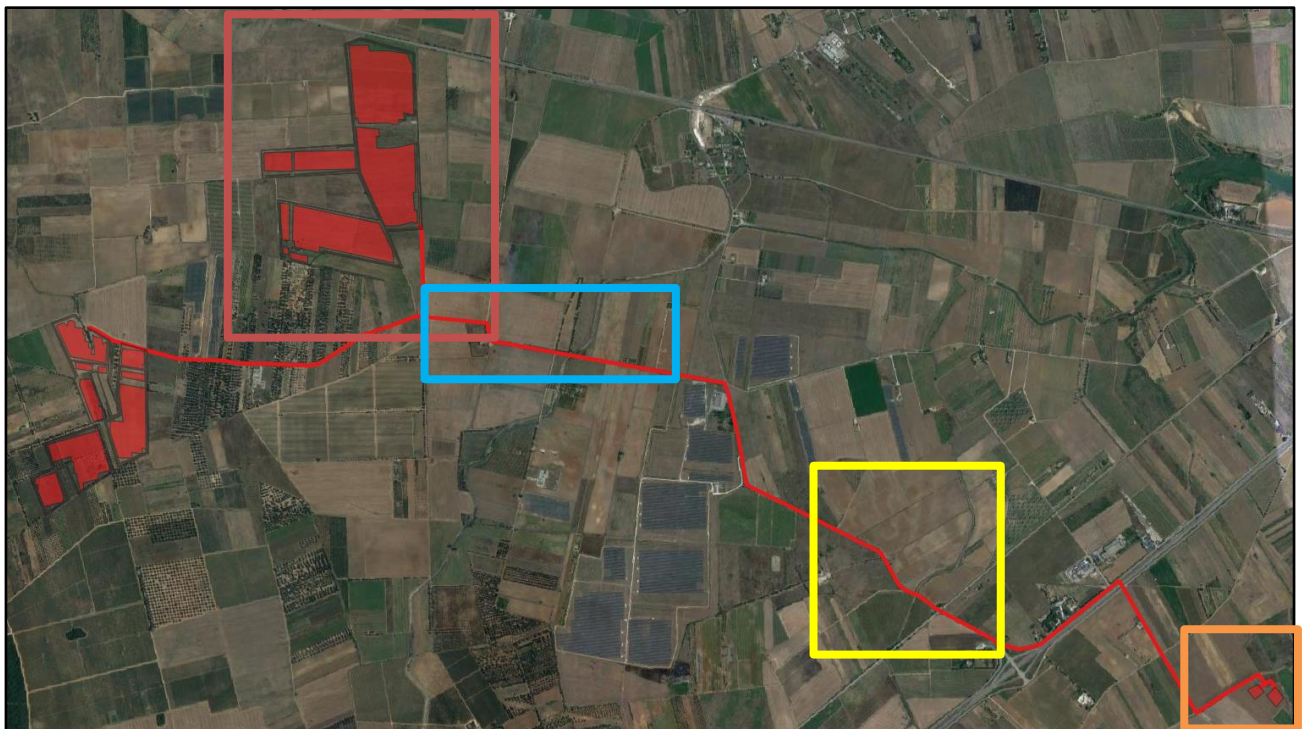
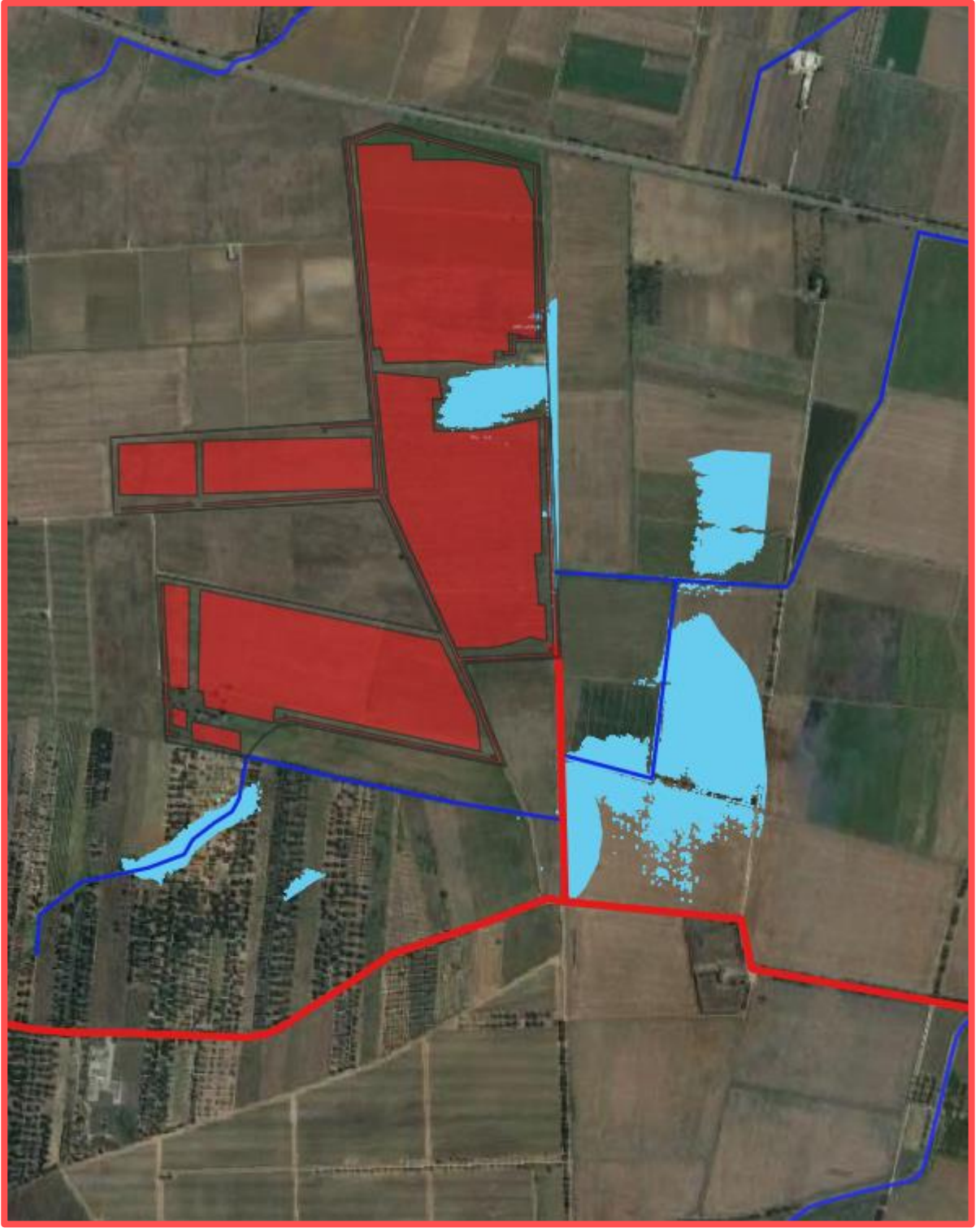


FIG 15 – Pericolosità idraulica duecentennale residua (in seguito i dettagli di rappresentazione dei risultati)





7 CONCLUSIONI

I risultati ottenuti dall'analisi idrologica e idraulica sul tratto di corso d'acqua che intercetta l'area di interesse hanno messo in evidenza che i deflussi idrici, per i tempi di ritorno esaminati (30 e 200 anni), non interferiscono con il progetto e, in particolar modo, con le zone di posizionamento dei pannelli fotovoltaici. Le opere da farsi non costituiscono un ostacolo al deflusso dell'acqua facendo rimanere invariata la modalità di ruscellamento in fase di pre e post intervento.