

Impianto "PESCOPAGANO"

Impianto di accumulo idroelettrico mediante pompaggio ad alta flessibilità

Comune di Pescopagano (PZ)

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE

STRATEGIES FOR WATER



Progettista: Ing. Luigi Lorenzo Papetti

Verifica di compatibilità rispetto alle N.T.A. del P.A.I.



REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
0	PROGETTO PRELIMINARE	29/10/2021	E. Marchesi	C. Pasqua	L. Papetti

Codice commessa: 1295

Codifica documento: 1295-A-FN-R-10-0

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
2	SINTESI DEL QUADRO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO	4
2.1	IMPOSTAZIONE DELLO STUDIO	4
2.2	QUADRO CONOSCITIVO PER L'ANALISI GEOMORFOLOGICA E DI STABILITÀ DELL'AREA INTERESSATA DAL PROGETTO	5
2.2.1	Sintesi geologica	5
2.2.2	La perimetrazione P.A.I. e le opere in progetto	7
2.2.3	Gli elementi dell'IFFI e del CARG	8
2.2.4	Rilevamenti in sito	10
2.2.5	Carta di sintesi delle frane	11
2.3	COMPATIBILITÀ GEOMORFOLOGICA	13
2.3.1	Sponde dell'invaso Saetta	13
2.3.2	Opera di presa	15
2.3.3	Torre piezometrica	16
2.3.4	Bacino di valle	17
2.3.5	Intersezioni planimetriche P.A.I. - tracciato condotta	21
2.4	ACQUE SOTTERRANEE: INTERFERENZE E TUTELA ACQUE	22
2.5	CONCLUSIONI	28
3	COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA	29
3.1	Introduzione	29
3.2	Definizione delle interferenze con il reticolo idrico superficiale	30
3.3	Definizione del reticolo idrografico	31
3.4	Definizione del bacino imbrifero d'interesse	33
3.5	Analisi delle precipitazioni	34
3.6	Calcolo della portata di piena	36
3.7	Modellazione idraulica	39
3.7.1	Simulazioni effettuate	39
3.7.2	Modello utilizzato	39
3.7.3	Geometria	39
3.7.4	Portate	44
3.7.5	Scabrezze	44
3.7.6	Condizioni al contorno	44
3.8	Conclusioni	44
Allegati 46		
Allegato A: Torrente Ficocchia a Valle del Bacino con Indicazione delle Sezioni Utilizzate		47
Allegato B: Scenario Attuale - Planimetria con Indicazione delle Aree di Allagamento		48

Allegato C: Scenario di Progetto - Planimetria con Indicazione delle Aree di Allagamento	49
Allegato D: Confronto Aree di Allagamento - Piena con Tempo di Ritorno di 30 Anni	50
Allegato E: Confronto Aree di Allagamento - Piena con Tempo di Ritorno di 200 Anni	51
Allegato F: Confronto Aree di Allagamento - Piena con Tempo di Ritorno di 500 Anni	52
Allegato G: Scenario Attuale - Sezioni	53
Allegato H: Scenario di Progetto - Sezioni	54

1 INTRODUZIONE

Lo scopo della presente relazione è verificare la compatibilità dell'impianto di accumulo idroelettrico di Pescopagano rispetto alle NTA del P.A.I. Puglia dell'Autorità di Bacino dell'Appennino Meridionale.

Il presente documento è composto da due parti: i) geologia ed idrogeologia (redatto da parte del Prof. Ing. Giuseppe Spilotro -GeoTecnologie S.r.l.-); ii) idrologia ed idraulica (redatto da parte di Frosio Next S.r.l.).

2 SINTESI DEL QUADRO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO

2.1 IMPOSTAZIONE DELLO STUDIO

Lo scenario geomorfologico e geologico entro cui si sviluppa il progetto è tra i più complessi dell'Appennino meridionale a causa della coesistenza di formazioni *flysciodi* (in ampie variabilità di facies) e di una tettonica polifasica particolarmente intensa sviluppata in ambiti temporali lunghi. È frequente la presenza di sovrapposizioni di rotture, riconducibili a stati tensionali e deformativi succedutisi in tempi sicuramente molto lunghi, con variazioni delle direzioni ed intensità degli sforzi principali.

La sismicità dell'area, prossima a quella epicentrale di alcuni sismi, l'ultimo quello dell'Irpinia del 1980, è conferma della complessità geologico strutturale dell'area.

Si deve annotare inoltre per la parte Nord dell'area la presenza di luoghi discretamente impraticabili per fitte coperture boschive poco accessibili, tanto da condizionarne l'indagine in sito; il quadro conoscitivo è stato comunque esaurientemente definito attraverso rilievi diretti in campo, e con la disponibilità di informazioni satellitari, LIDAR del Geo Portale della Regione Basilicata passo 1 m anno 2015 e, in alcune aree, dell'uso di un drone.

La descrizione geologica del territorio si avvale di conoscenze sviluppate dal 1905 (cartografia geologica del vicino Acquedotto del Sele) fino alla recente cartografia dell'ISPRA in scala 1:50.000 (anno 2010). Il tutto è stato integrato da specifici rilievi e studio di foto aeree.

Ai fini di una geologia tecnica, quale l'impegnativo progetto richiede, volutamente sono stati evitati, per quanto possibile, gli accorpamenti secondo le attuali tendenze, che leggono in chiave riduzionistica e locale gli assetti stratigrafici secondo sintemi e super sintemi. In generale, ci si è attenuti a precedenti schemi geologici e geodinamici, in termini formazionali e litologici, di più consolidato uso, e di conoscenze anche riferibili alle successive integrazioni geotecniche o geomeccaniche.

Il presente studio si è avvalso inoltre di precedenti esperienze dei redattori nell'area, in particolare, per il completamento dell'asse viario Nerico Muro Lucano. Lo sviluppo dell'opera tra lo svincolo di Pescopagano e Nerico è parallelo in destra all'asse del progetto di interesse e quindi ha permesso di acquisire utili informazioni sul comportamento di alcune opere (e di alcune criticità) nell'arco degli ultimi 17 anni.

La soluzione progettuale scelta, è stata adottata attraverso una accurata interpretazione integrata dei dati raccolti, al fine di escludere ogni possibile interferenza con i corpi di frana riconosciuti. Infatti, considerando che le componenti principali di progetto (i.e., condotta forzata, centrale) saranno realizzate completamente in sotterraneo, le aree instabili e le suddette opere si sviluppano su livelli posti a quote notevolmente diverse.

2.2 QUADRO CONOSCITIVO PER L'ANALISI GEOMORFOLOGICA E DI STABILITÀ DELL'AREA INTERESSATA DAL PROGETTO

Nei paragrafi successivi si illustrano gli elementi degli strati informativi provenienti dalle diverse fonti utilizzate per la definizione del quadro conoscitivo in argomento e per l'individuazione dei corpi di frana che interessano il territorio su cui insistono le opere in progetto.

Per una maggiore efficacia di lettura, le perimetrazioni dei corpi di frana sono riportate in cartografie di sintesi aggiornate rispetto agli elementi conoscitivi analizzati, riportate nell'edizione aggiornata del progetto. Nella presente relazione verranno considerati ulteriori aggiornamenti delle cartografie tematiche (IFFI) che peraltro confortano e confermano gli elementi presentati nella cartografia di sintesi dei fenomeni franosi allegata al progetto dei proponenti.

2.2.1 SINTESI GEOLOGICA

Dal punto di vista geologico-strutturale, l'area si colloca a ridosso della zona assiale della catena appenninica meridionale. Le successioni del substrato geologico affioranti nell'area di studio sono rappresentate, a partire da quelle più antiche, da:

- ✓ Flysch Galestrino, costituito da argille e argilliti fogliettate, con intercalazioni di strati decimetrici di marne e calcari marnosi;
- ✓ Flysch Rosso che, nel complesso, appare costituito da un'alternanza di litofacies calcareo-marnose e marnoso-argillose;
- ✓ Flysch di Castelvetere, rappresentato nell'area di interesse da arenarie in strati decimetrici con interstrati di argille siltose;
- ✓ Argille e sabbie dell'unità di Ariano, nella cui successione si intercalano le argille siltose, massicce o stratificate, con livelli sabbiosi e conglomeratici.

Ai terreni del substrato si sovrappongono localmente coltri di materiale detritico, i depositi franosi e alluvionali.

Si specifica che nella carta geologica (Figura 1) sono stati riportati i corpi di frana corrispondenti ai fenomeni censiti nel corso dei rilievi in campo, ad eccezione di quelli riferibili a movimenti superficiali che non determinano accumuli con spessori rilevanti.

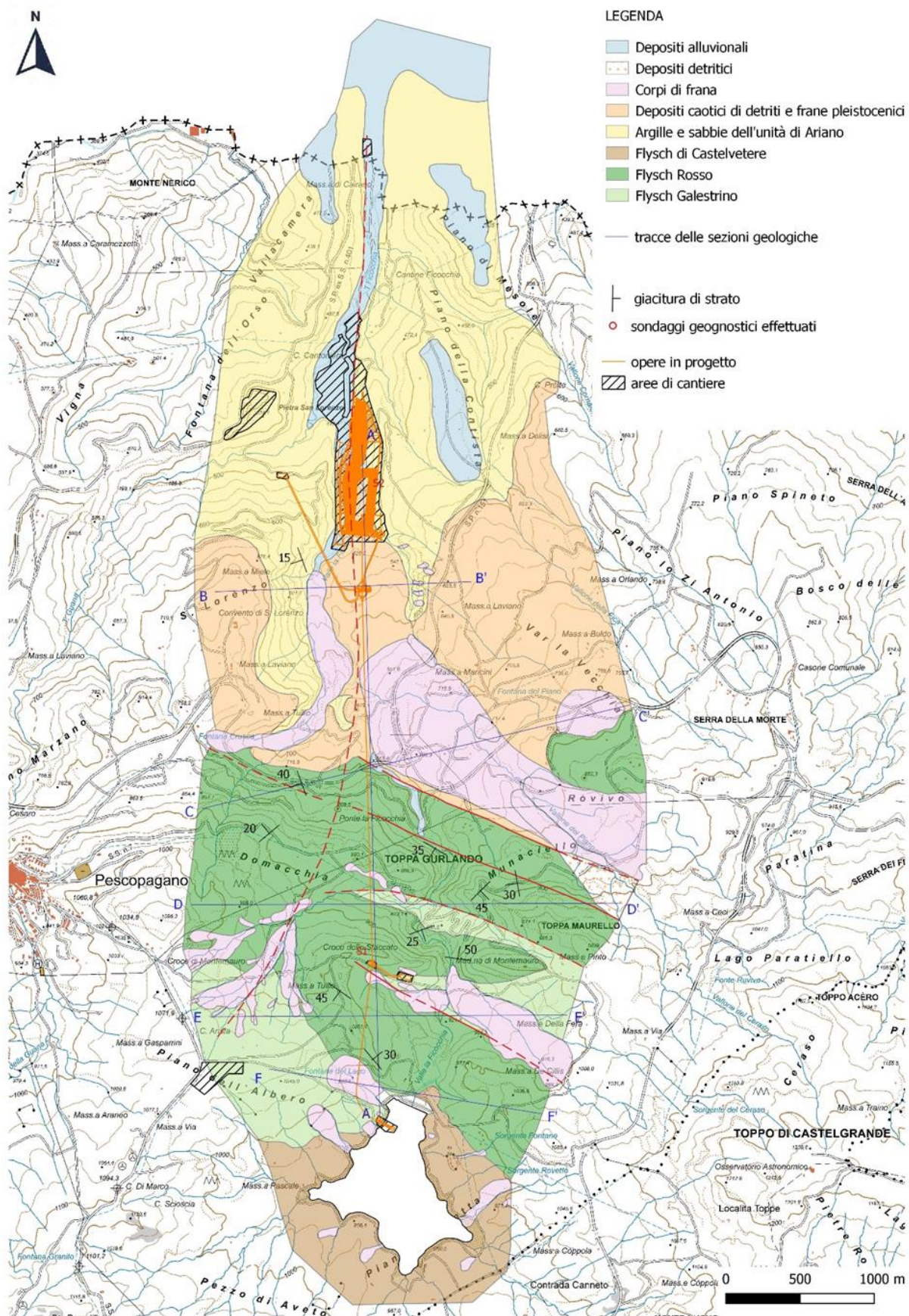


Figura 1 - Carta geologica

2.2.2 LA PERIMETRAZIONE P.A.I. E LE OPERE IN PROGETTO

Il vigente P.A.I. Puglia dell’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale riporta, nelle aree interessate dalle opere in progetto, diverse aree tutte perimetrate a “Pericolosità geomorfologica molto elevata (PG3)” (Figura 2), disciplinate dall’art. 13 delle Norme Tecniche di Attuazione (N.T.A.) del P.A.I. stesso.

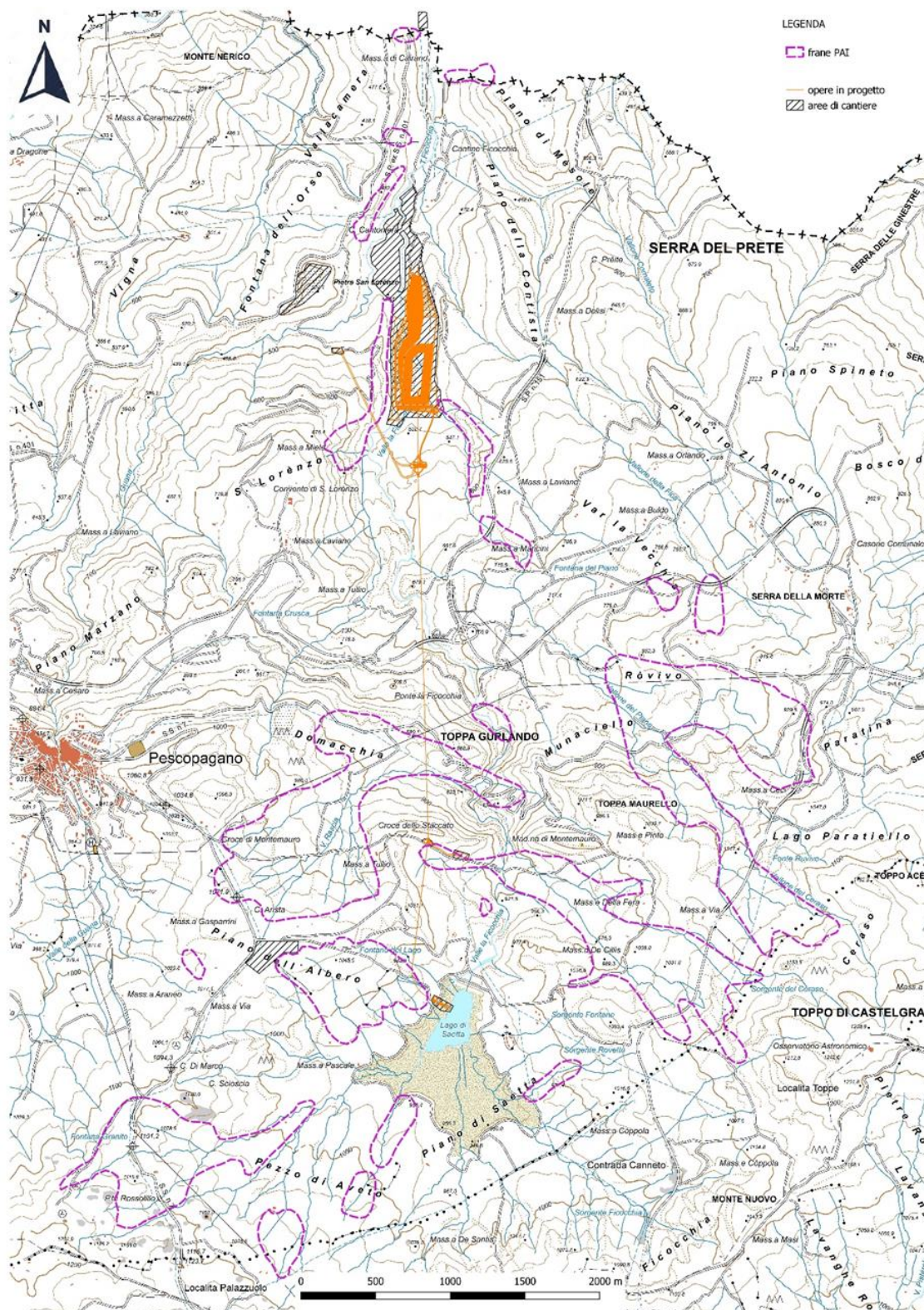


Figura 2 - Carta aree perimetrate come PG3 nel P.A.I.

A livello planimetrico è possibile notare alcune *interferenze apparenti* tra le opere in progetto e alcuni dei corpi di frana perimetrati dal P.A.I. Come già menzionato nel paragrafo 2.2.1., *le aree instabili e le suddette operesi sviluppano su livelli posti a quote notevolmente diverse (profondità delle vie d'acqua superiori ai 100 m).*

Appare opportuno richiamare le fasi di redazione e successive fasi di adozione e approvazione del P.A.I., quest'ultima risalente al 2005, da cui derivano le perimetrazioni in esame. In dette fasi le perimetrazioni dei corpi di frana hanno inglobato, dopo revisione, i tematismi di instabilità derivati dalle cartografie precedenti, dal progetto IFFI allora disponibile ed aggiornamenti tipicamente segnalati dalle Amministrazioni locali.

Pertanto, è stata prevista e verificata in sede di progettazione, la compatibilità delle opere costituenti l'impianto con le perimetrazioni dei corpi di frana e, nello specifico caso trattato in questo paragrafo, con le N.T.A. del P.A.I. Tale analisi è stata necessaria non soltanto per un'ottemperanza formale alle tutele della pianificazione di bacino, ma lo è altrettanto per valutare nel dettaglio possibili effetti indotti sia dalle opere in progetto sulle aree in questione, sia da eventuali movimenti franosi che avrebbero potuto inficiare il buon esito dell'iniziativa progettuale.

Il rilievo e la cartografazione delle aree instabili a fini progettuali sono stati realizzati, con accurati approfondimenti mediante rilievi in campo successivi alle analisi di foto aeree e modelli cartografici ad alta definizione; le perimetrazioni dei corpi di frana riportate nel P.A.I. vengono sostanzialmente confermate.

2.2.3 GLI ELEMENTI DELL'IFFI E DEL CARG

Nell'ambito del censimento dei diversi strati informativi disponibili, sono stati consultati anche gli archivi dell'Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani (IFFI) e della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 e del CARG 1:50.000.

Come è possibile notare nelle figure seguenti, i più recenti aggiornamenti dell'IFFI, precisano i bordi di alcune delle perimetrazioni già inserite nel P.A.I., classificando quelle relative alle scarpate che delimitano il *graben* nelle argille plioceniche, caratterizzate da esfoliazioni e morfologie calanchive, come "aree con frane superficiali diffuse".

Inoltre, dal confronto con le perimetrazioni del P.A.I. riportate in Figura 3, si nota la presenza di n.3 piccole frane che non facevano parte del precedente censimento, peraltro non direttamente interferenti con le aree interessate dalle opere, classificate come "colamento lento" o "aree con frane superficiali diffuse" analogamente a quelle già citate.

Nessun fenomeno cartografato negli archivi ufficiali interferisce con l'invaso di valle.

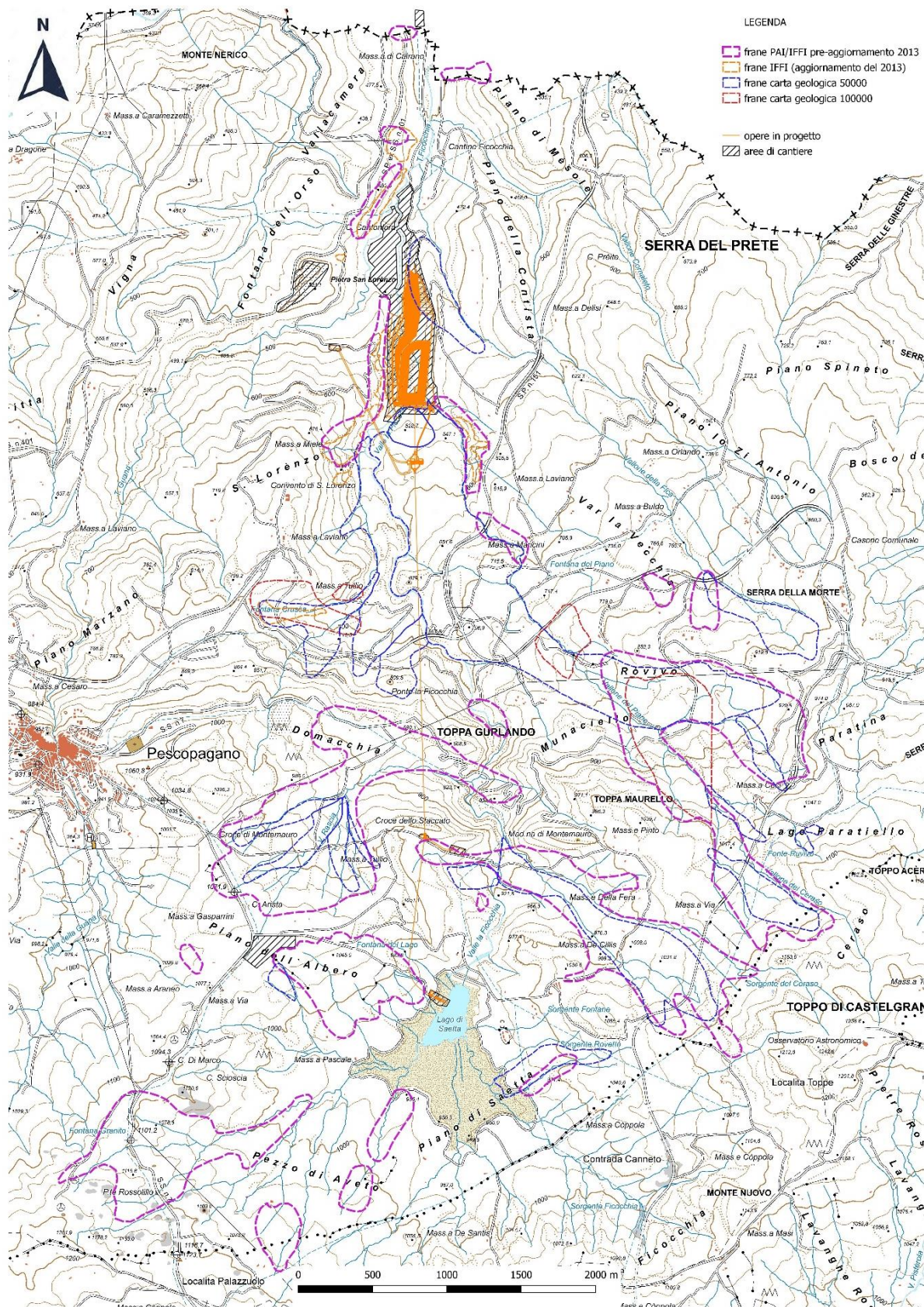


Figura 3 - Carta di sintesi delle frane tratte dagli archivi esistenti

2.2.4 RILEVAMENTI IN SITO

I dati delle frane cartograficamente censite e riportate nella figura 3 precedente, sono stati aggiornati, riclassificati ed integrati, ove necessario, con i prodotti derivanti delle attività di rilevamento geologico-geomorfologico, con l'ausilio della consultazione di foto aeree, di cartografia e DTM passo 1 m, e di rilievi fotografici effettuati a mezzo drone. Si è pervenuti a una distinzione su base geomorfologica dei fenomeni franosi per stato di attività e per tipologia di movimento (Figura 4). I corpi di frana corrispondenti ai fenomeni censiti nel corso dei rilievi in campo sono stati riportati anche nella carta geologica.

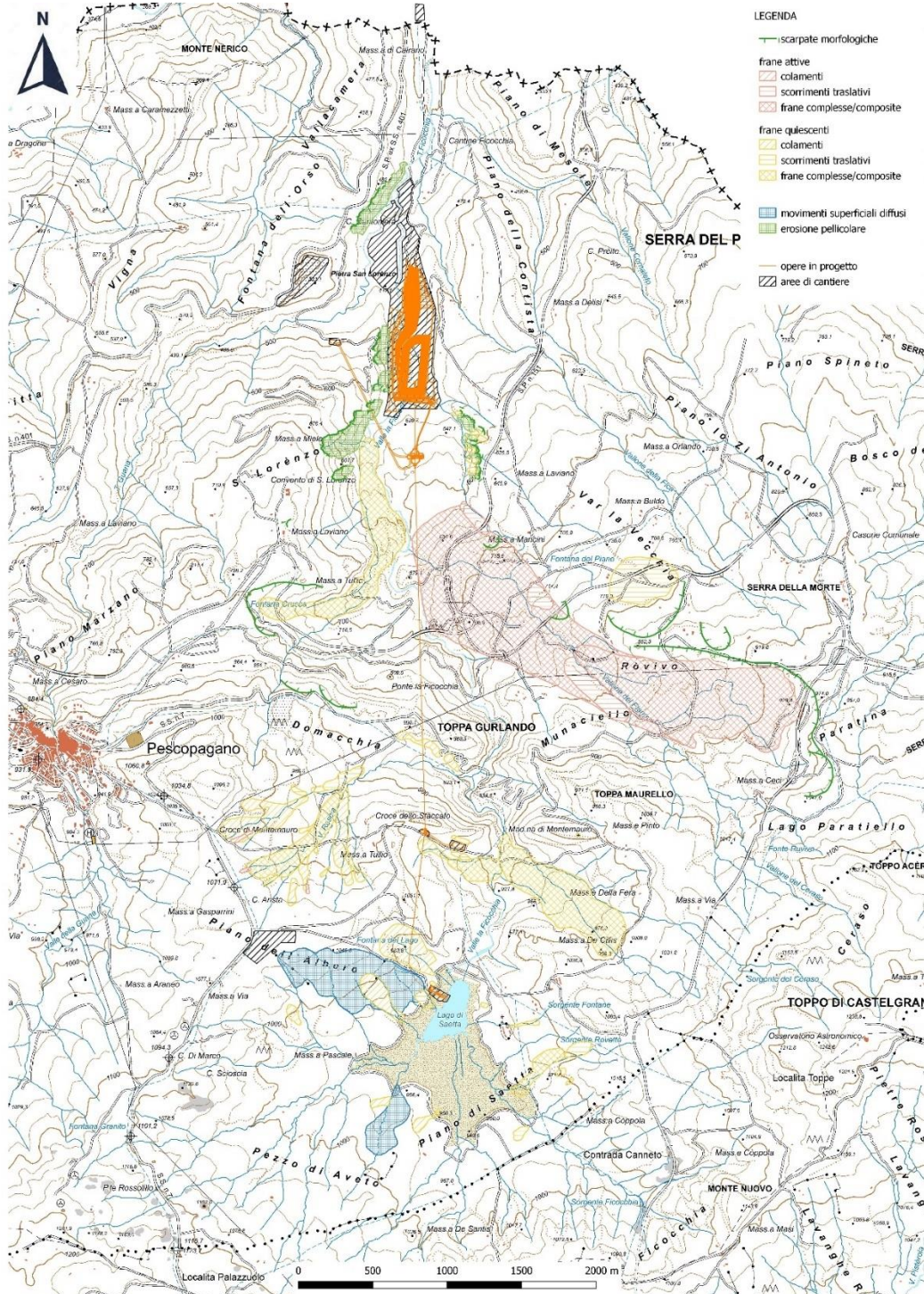


Figura 4 - Carta delle frane rilevate

Alla grande frana tra il km 5.8 e 6.6 della strada Nerico Muro Lucano, contrassegnata in legenda della Figura 4 come “frane complesse/composite” è dedicato un intero paragrafo dello studio geologico-tecnico di progetto, a cui si rimanda per ogni approfondimento.

Le indagini a suo tempo eseguite per l’asse viario Nerico Muro Lucano hanno permesso una delimitazione in profondità e nella parte attiva del corpo di frana, che non interferisce in alcun modo con la condotta d’acqua, che nel punto di massima vicinanza planimetrica corre a profondità superiore a 170 m dal piede della frana, quest’ultima appena inferiore all’alveo del torrente Ficocchia, e quindi con estrema certezza al di fuori del corpo di frana o della parte di sottosuolo potenzialmente deformato dalle azioni tangenziali trasferite dal corpo di frana.

Nello specifico, pur trattandosi di frana di grandi dimensioni, i dati raccolti permettono di escludere che si tratti di una DGPV (Deformazione Gravitativa Profonda di Versante) (*Dramis e altri, 1985; Soldati, 2004*).

Tali processi sono caratterizzati, a differenza delle frane, da fasce di deformazione a taglio non necessariamente associate a superfici di rottura, e quindi movimento attraverso un’intensa micro-fratturazione dell’ammasso roccioso oppure tramite deformazioni viscosi (*Radbruch-Hall, 1978; Mahr, 1977*).

Nell’area di interesse sono stati effettuati sondaggi dai quali si evince la presenza di una discontinuità legata ad un passaggio stratigrafico, corrispondente alla superficie basale della coltre di ricoprimento costituita da depositi caotici di versante e di frana, che affiorano diffusamente sul bordo Est nell’area e già riportata nella cartografia 1:100.000 SGS.

Di fatto i sondaggi hanno mostrato una probabile superficie di movimento profonda solamente poche decine di metri, che si chiude in corrispondenza del fosso Ficocchia.

2.2.5 CARTA DI SINTESI DELLE FRANE

L’immagine seguente (Figura 5) riporta la sintesi dello studio condotto nell’ambito della ricognizione del quadro conoscitivo delle frane, in termini di definizione complessiva delle perimetrazioni delle aree in frana stesse. Le diverse fonti da cui derivano le frane acquisite, non sono omogenee relativamente alla loro caratterizzazione, in termini sia di tipologia di movimento che di stato di attività. Infatti, i fenomeni franosi individuati nel corso del rilievo geologico-geomorfologico sono stati distinti per stato di attività e per tipologia di movimento, mentre, tra le frane degli archivi preesistenti, solo quelle dell’inventario IFFI sono corredate di informazioni che consentono la loro classificazione.

Per semplicità di rappresentazione, vista la sovrapposizione di frane provenienti dalle diverse fonti, solo per i movimenti oggetto di rilevamento in campo sono indicati tipologia e attività, disponendo di informazioni aggiornate.

Si notano differenze più o meno sostanziali tra le varie cartografie.

È opportuno segnalare che, con riferimento alla cartografia pregressa delle frane, gli archivi IFFI e P.A.I. e le carte geologiche SGS ed ISPRA censiscono come frane anche scorrimenti di grandi masse detritiche, datati presumibilmente a partire dal tardo pliocene, attive sui lembi marginali del *graben*, sia forme morfologiche riconducibili ad effetti secondari della intensa e complessa attività tettonica pregressa nell’area.

Le ulteriori, specifiche considerazioni di natura geomorfologica e geologico-tecnica, a completamento del quadro che consente di avvalorare la proposta complessivamente rappresentata delle aree in frana, sono dettagliatamente riportate nel capitolo seguente.

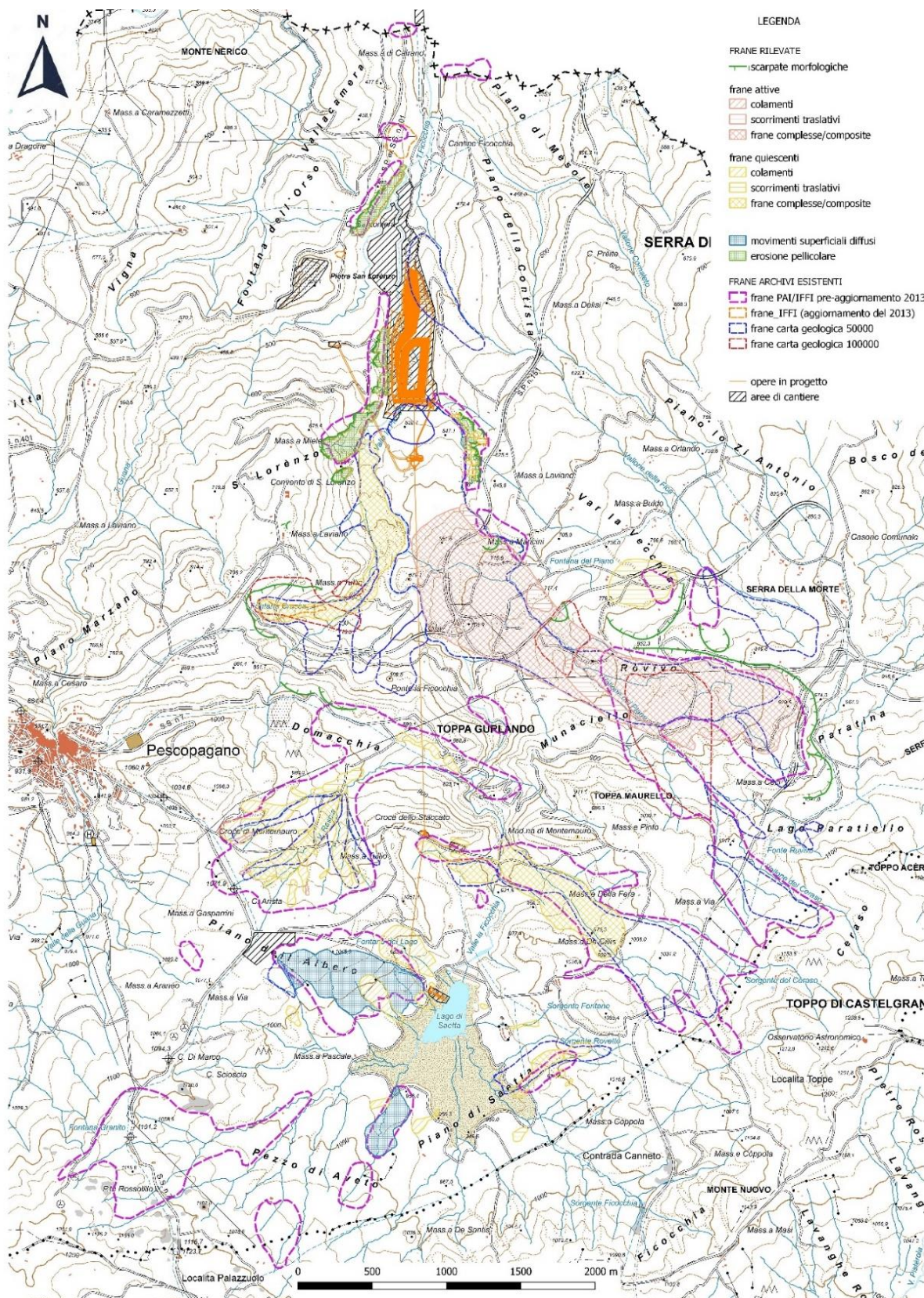


Figura 5 - Carta complessiva delle frane riportate dalle cartografie pregresse ed identificate dalle indagini in sito

2.3 COMPATIBILITÀ GEOMORFOLOGICA

Vengono di seguito descritte in maniera più approfondita le aree caratterizzate da possibili interferenze tra i fenomeni franosi e le opere in progetto. L'analisi è condotta principalmente in riferimento alle perimetrazioni del P.A.I., ma si sono tenute in considerazione anche le frane provenienti dalle altre fonti disponibili, per effettuare valutazioni sulla fattibilità delle opere in progetto non limitandosi solo agli aspetti vincolistici.

Per ciascuna area sono riportati i seguenti stralci: carta geologica (a); carta delle aree classificate a pericolosità geomorfologica elevata (PG3) nell'ambito del P.A.I. (b); carta nella quale sono riportate tutte le frane, sia quelle derivate da archivi preesistenti, sia quelle derivate da specifico rilevamento geologico-geomorfologico (c). La legenda utilizzata per gli stralci planimetrici sulle singole aree esaminate corrisponde a quella della rappresentazione generale delle frane censite (Figura 5).

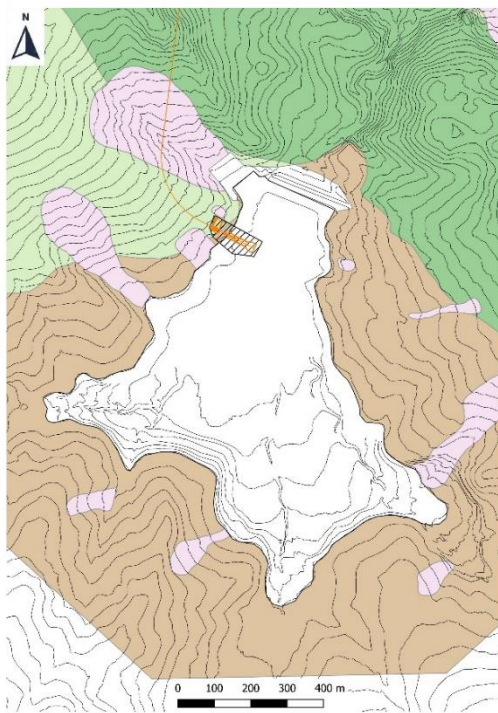
2.3.1 SPONDE DELL'INVASO SAETTA

Lo sbarramento del bacino artificiale Saetta (Figura 6) nasce nel 1910 circa ed ha subito quindi per 110 anni cicli stagionali di invaso e svasso; inoltre è uscito sostanzialmente indenne da almeno due forti terremoti di cui uno a brevissima distanza dall'epicentro. Le sponde nella fascia perimetrale dell'invaso non presentano fenomeni attivi nelle litologie del *Flysch* di Castel Vetere; tuttavia, sono stati cartografati vari fenomeni di instabilità che pervengono nel bacino (Figura 7), ma che non hanno determinato ad oggi limitazioni all'uso dello stesso. In particolare, è stata attenzionata l'instabilità in prossimità della spalla sinistra dello sbarramento del Saetta, che è stata oggetto di lavori di sistemazione ed appare stabilizzata. Da osservazioni di campagna si può desumere che si tratti di movimento complesso del tipo scorrimento traslativo-colata, con profondità massima della superficie di scorrimento presumibilmente di pochi metri. Sull'area sono state eseguite opere di stabilizzazione del movimento franoso, di cui risultano evidenti drenaggi, fossi di guardia e piantumazioni, e non sono riscontrabili segni di movimenti recenti che coinvolgono l'intero corpo di frana. Solamente in corrispondenza della zona di coronamento della frana sistemata in sinistra dello sbarramento, nella parte a monte rispetto al fosso di guardia, sono presenti fratture da riduzione del campo tensionale precedente compressivo.

I colamenti che pervengono nel bacino provengono da quote più elevate e non evidenziano richiami dal piede. Studio di dettaglio degli effetti a seguito di cicli giornalieri di invaso e svasso per la ridotta escursione di livello ed eventuali opere di sistemazione spondali sono programmati nella fase di progettazione definitiva.



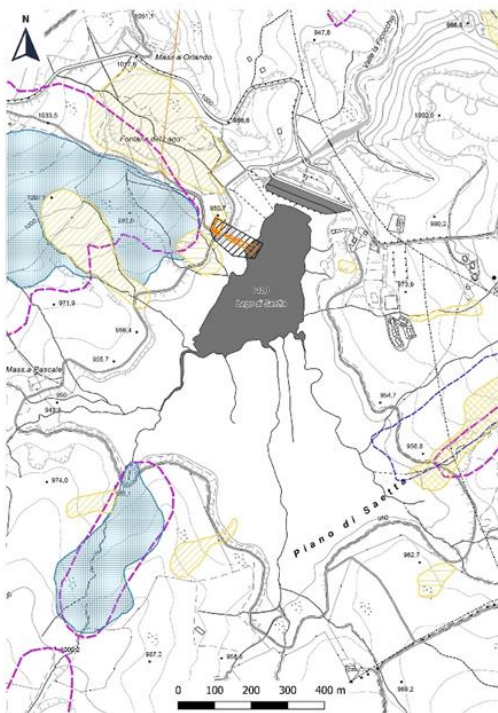
Figura 6 - Bacino di Saetta



a)



b)



c)

Figura 7 - Stralci cartografici dell'area del bacino del Saetta: a) carta geologica; b) carta delle PG3 del P.A.I.; c) carta delle frane complessive

2.3.2 OPERA DI PRESA

L'opera di presa è ubicata sulla sponda sinistra dell'invaso del Saetta, a una distanza di circa 200 metri dallo sbarramento (Figura 8). In questo settore, il versante è interessato da fenomeni di instabilità che coinvolgono prevalentemente i terreni di copertura del substrato roccioso. I movimenti sono rappresentati da colamenti gravitativi lenti. L'opera di presa è ubicata in una porzione non interessata da tali fenomeni. La prima parte della condotta che si diparte dall'opera di presa, solo apparentemente si sovrappone planimetricamente ad areali in frana, di cui il primo riportato anche nel P.A.I. Come si evidenzia dalla sezione in asse all'opera di adduzione (Figura 9), in corrispondenza dell'intersezione con le instabilità, la condotta è posta ad una profondità che parte da circa 20 metri, aumentando man mano nella sua prosecuzione; l'opera, pertanto, non interferisce con i fenomeni franosi, dato che questi ultimi, trattandosi di dissesti superficiali, interessano le coperture per uno spessore di qualche metro.

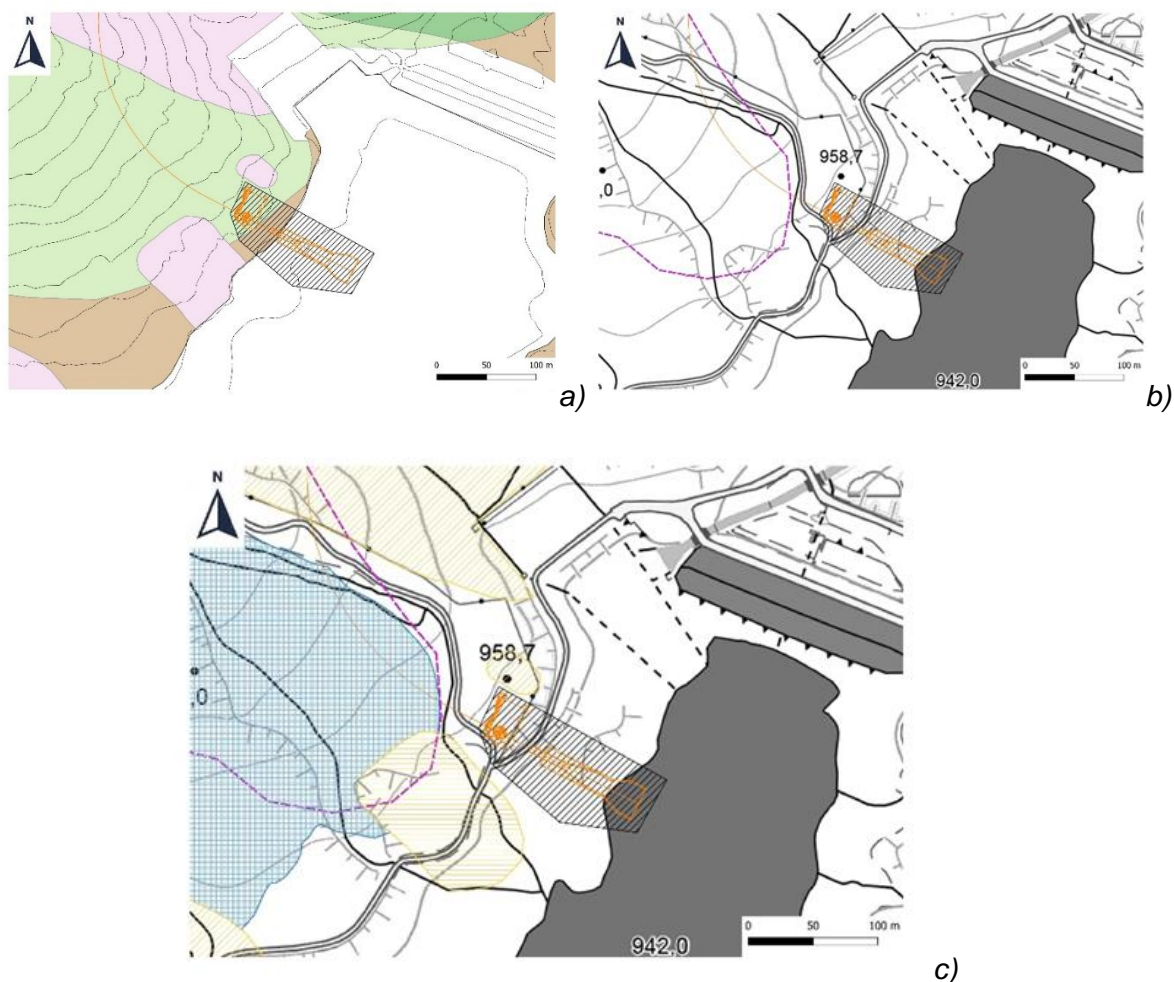


Figura 8 - Stralci cartografici dell'area dell'opera di presa: a) carta geologica; b) carta delle PG3 del P.A.I.; c) carta delle frane complessive

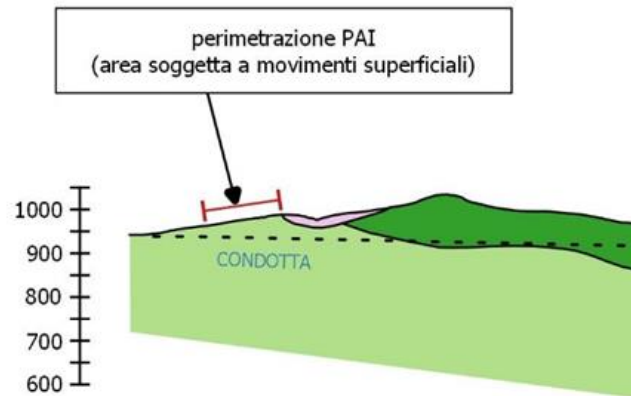


Figura 9 - Andamento della condotta in corrispondenza della perimetrazione P.A.I.

2.3.3 TORRE PIEZOMETRICA

Nell'area in cui è ubicato il pozzo piezometrico e la relativa galleria di accesso, è presente una porzione di un'area di pericolosità geomorfologica PG3 del P.A.I., derivante da una frana di grandi dimensioni censita nell'ambito del progetto IFFI. Tale instabilità non è stata individuata dai rilievi effettuati in campo, che hanno portato invece al riconoscimento solo di frane più piccole e che attualmente non mostrano segni di attività. Le opere in progetto si sviluppano esternamente rispetto a questi areali in frana.

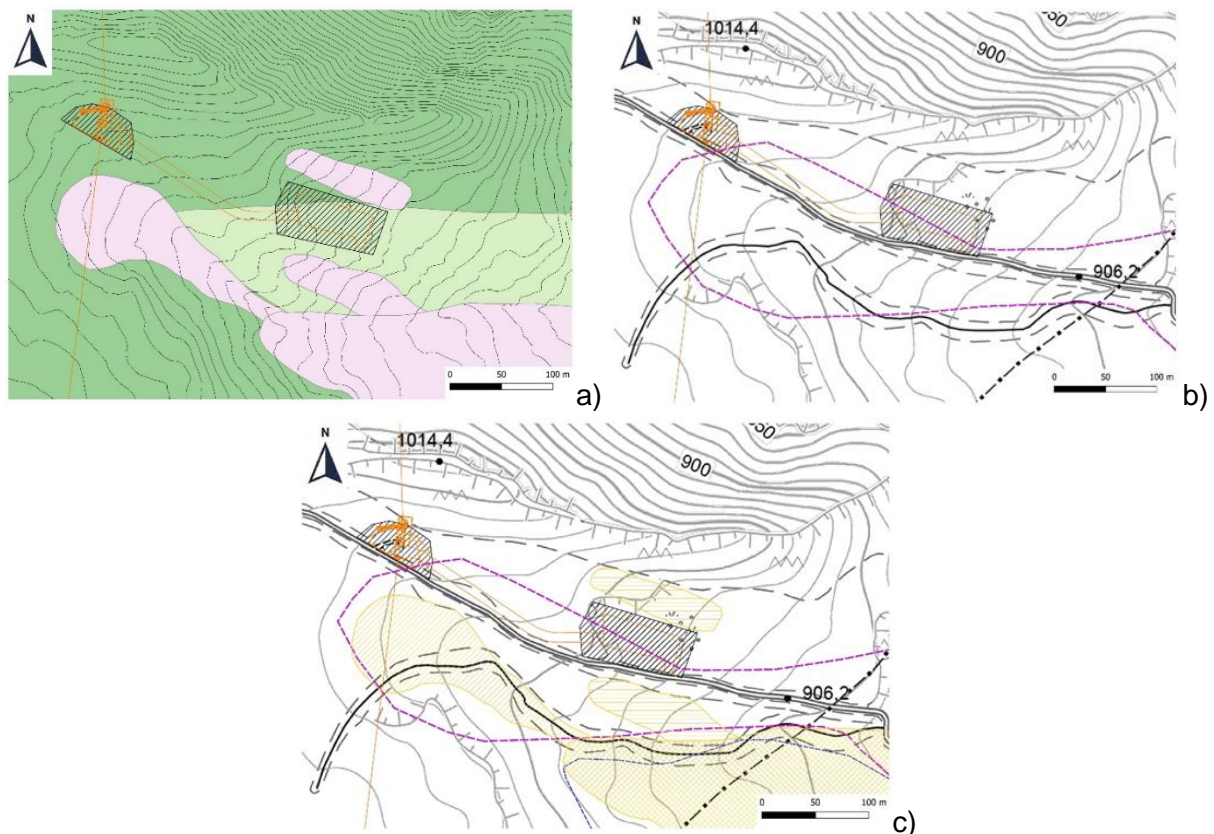


Figura 10 - Stralci cartografici dell'area della torre piezometrica: a) carta geologica; b) carta delle PG3 del P.A.I.; c) carta delle frane complessive

La reale presenza dell'instabilità corrispondente all'area PG3 precedentemente descritta, è messa in dubbio, sia per i riscontri sul terreno (andamento delle curve di livello, osservazioni circa la mancanza di deformazioni o rotture lungo la strada che attraversa

longitudinalmente l'area), sia da un'analisi di come il fenomeno è riportata nella cartografia IFFI (Figura 11).



Figura 11 - Perimetrazione della frana riportata nel database IFFI, con indicazione del Punto Identificativo del Fenomeno Franoso (puntino rosso)

2.3.4 BACINO DI VALLE

Nelle aree dei bordi simmetrici del *graben* nelle argille plioceniche ad elevata pendenza, in particolare in sinistra Ficocchia, sui versanti calanchivi ad est dell'area ove è previsto il serbatoio di valle (Figura 12), si rilevano minime variazioni (metriche) rispetto alla perimetrazione e alla classificazione attualmente riportata nel P.A.I.

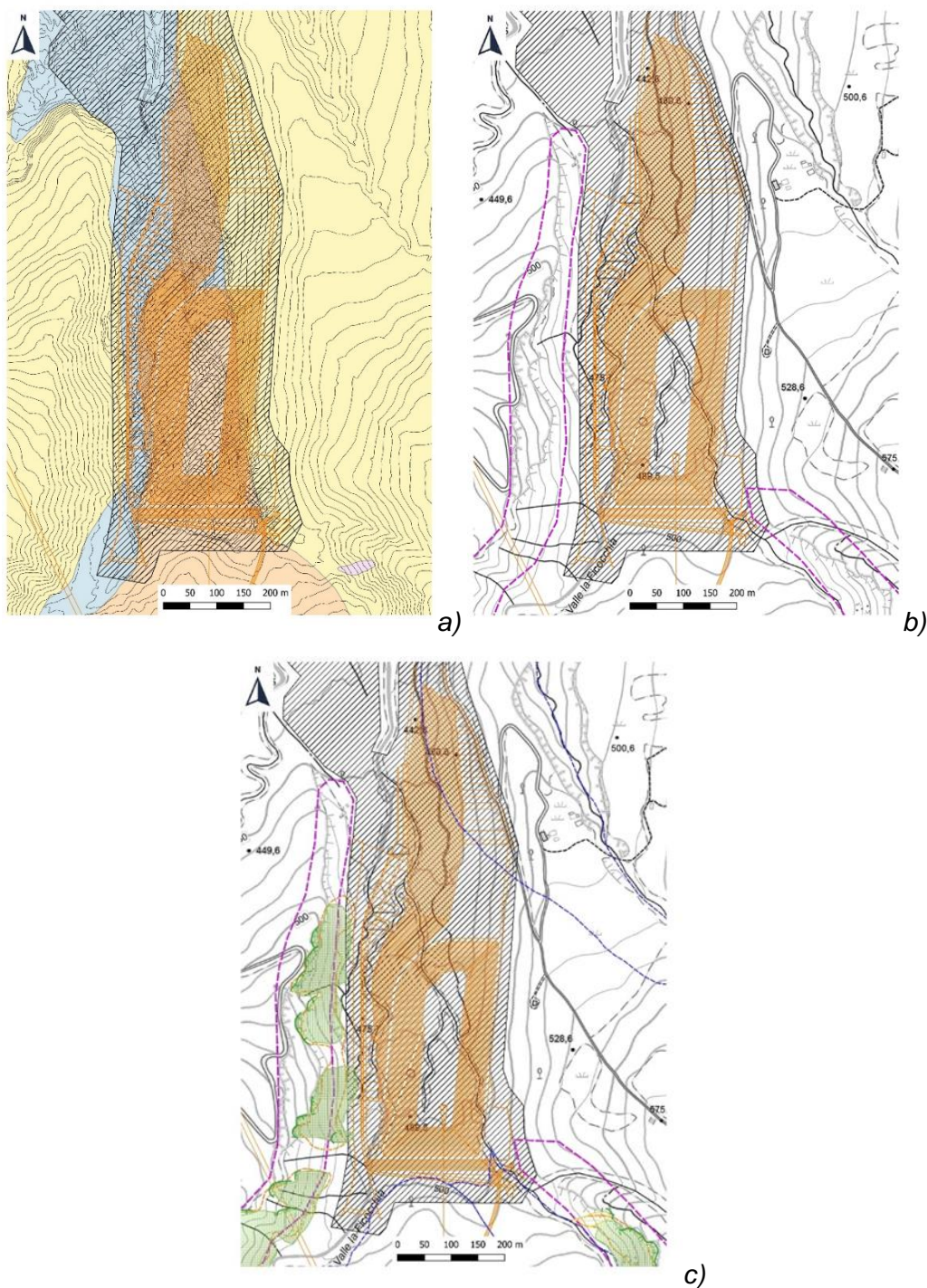


Figura 12 - Stralci cartografici dell'area del bacino di valle; carta geologica, carta delle PG3 del P.A.I. e carta delle frane complessive

In quest'area si ha evidenza solo di esfoliazioni epidermiche successive a fenomeni di *slaking* e modesti accumuli detritici nelle sacche inferiori delle morfologie calanchive associate (Figura 13, Figura 14, Figura 15).

Ciò è in accordo anche con l'aggiornamenti IFFI del 2013, per il quale queste esfoliazioni e morfologie calanchive sono identificate come "aree con frane superficiali diffuse".

I processi erosivi descritti, di spessore centimetrico, possono avere attività stagionale; tuttavia, la loro estensione areale non ha subito nel tempo sostanziali modifiche, come può desumersi dal confronto tra ortofoto dell'area acquisite in un arco di tempo di circa trent'anni (Figura 16).

Per quanto riguarda la frana evidenziata nella carta geologica CARG al 50.000, si ritiene che essa non rappresenti un'instabilità, ma piuttosto sia una porzione di versante rimasto isolato in seguito all'approfondimento delle incisioni laterali.



Figura 13 - Il graben nelle argille plioceniche delimitato simmetricamente da scarpate su cui si impostano esfoliazioni e morfologie calanchive



Figura 14 - Scarpate nelle argille plioceniche fortemente addensate, dove si sono originate le tipiche morfologie calanchive in cui la superficie esposta ad alta pendenza è soggetta a fenomeni erosivi di superficie (esfoliazioni, slaking, etc.). a scala centimetrica e tuttavia responsabili di modesti accumuli vegetati nelle tasche delle scarpate



Figura 15 - Particolare delle forme erosive superficiali

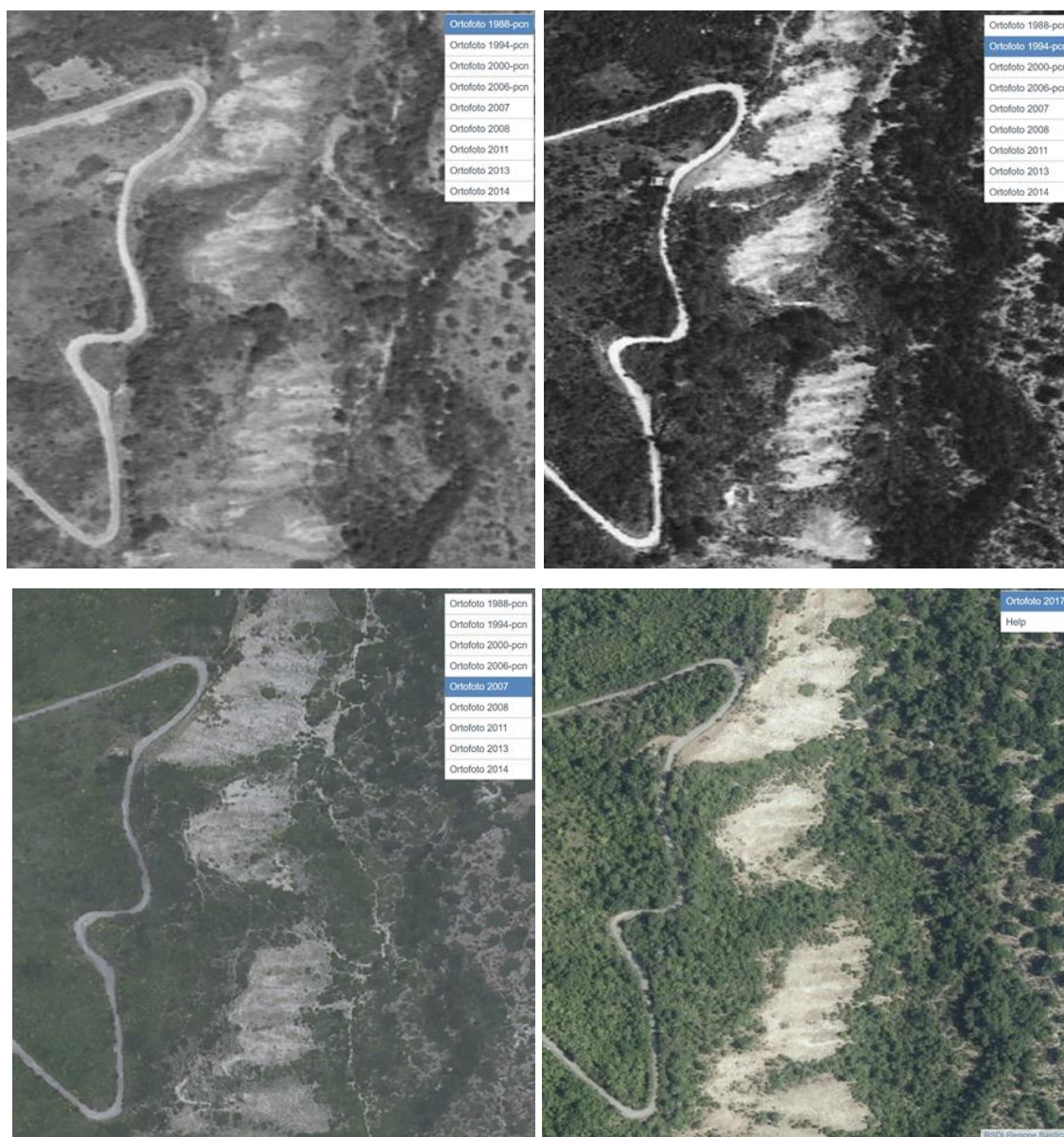


Figura 16 - Confronto tra le ortofoto disponibili dai servizi in linea del portale cartografico della regione Basilicata (RSDI) relative agli anni 1988, 1994, 2007 e 2017

2.3.5 INTERSEZIONI PLANIMETRICHE P.A.I. - TRACCIATO CONDOTTA

Le apparenti intersezioni planimetriche con aree critiche in altri punti del progetto, in realtà si sviluppano su livelli di profondità tali da escludere interferenze reciproche tra opere ed aree critiche.

In particolare, oltre a quelli già analizzati, si individuano due tratti lungo il tracciato della condotta che si sovrappongono in pianta ad aree PG3 del P.A.I. (Figura 17), ma, come si può osservare dalle sezioni geologiche in asse al tracciato della condotta principale (Figura 18) e del cunicolo di accesso alla centrale in caverna (Figura 19), in entrambi i tratti la condotta si sviluppa in profondità.

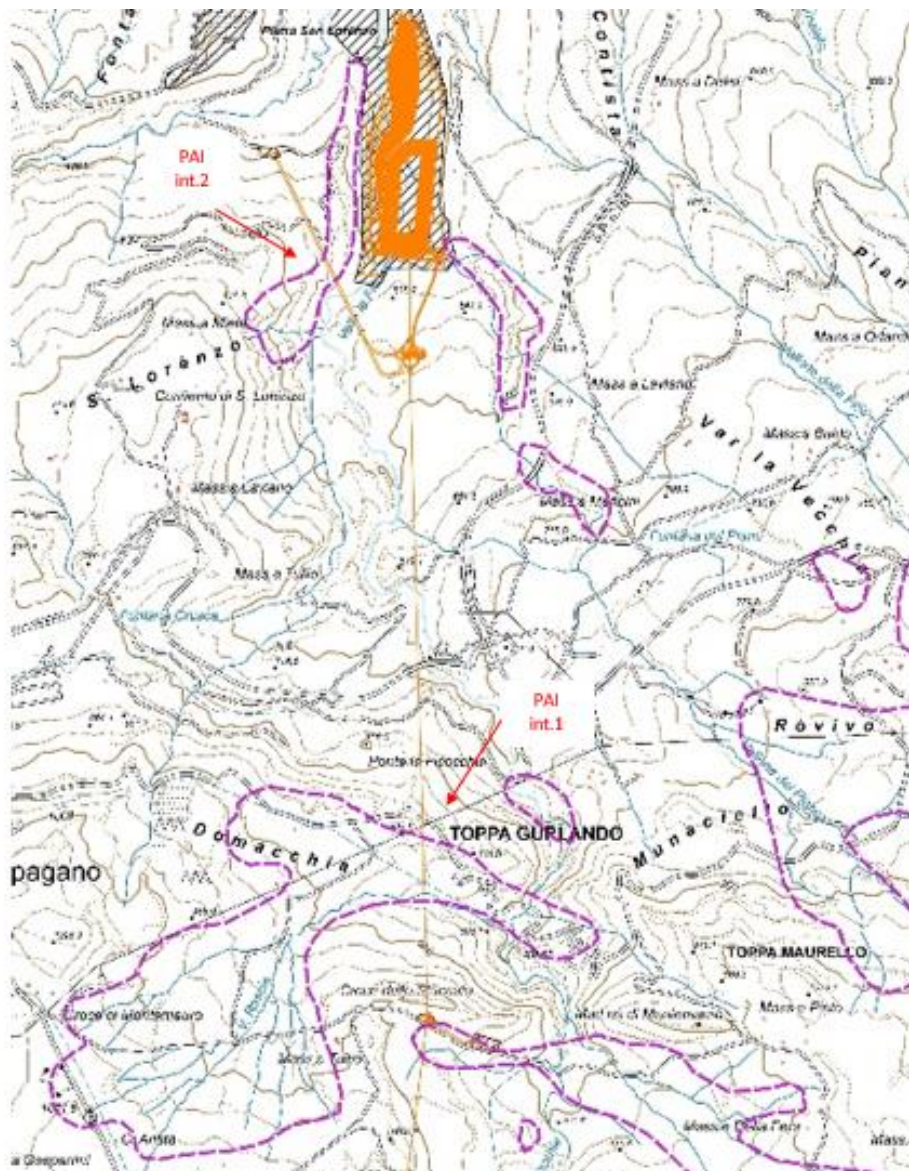


Figura 17 - Intersezioni planimetriche tra aree PG3 e opere in progetto

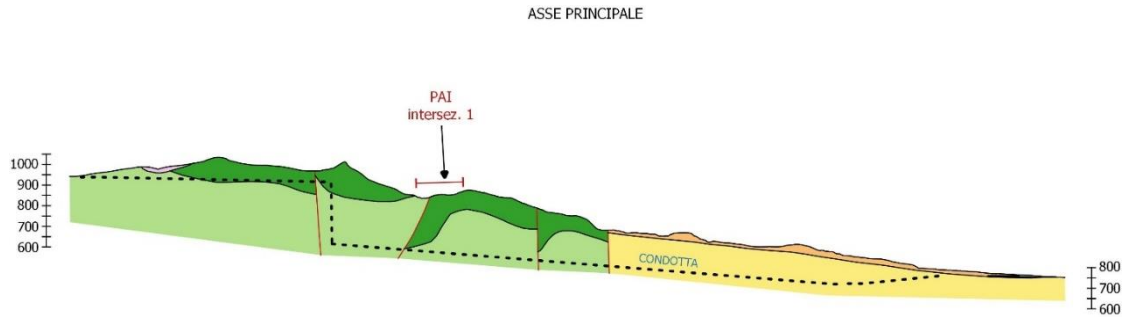


Figura 18 - Sezione geologica lungo l'asse della condotta principale

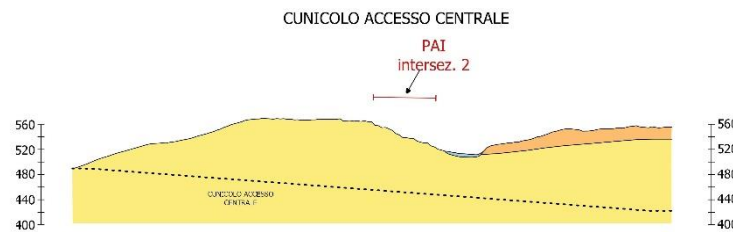


Figura 19 - Sezione geologica lungo il cunicolo di accesso alla centrale in caverna

La condotta forzata nella parte terminale si sviluppa nelle argille plioceniche (vedi rapporto relativo a rilevamento geologico, sondaggi e sezioni geofisiche) e non interessa mai terreni alluvionali; in corrispondenza della più rilevante frana planimetricamente insistente sul tracciato, zona dello svincolo di Pescopagano della strada Nerico Muro Lucano, in realtà non esistono possibilità di intersezioni o di interazioni, in quanto la condotta passa a oltre 200 m di profondità.

2.4 ACQUE SOTTERRANEE: INTERFERENZE E TUTELA ACQUE

L'aspetto idrogeologico dovrebbe risultare di immediata percezione per le scarse interazioni delle opere in progetto con improbabili acquiferi profondi significativi (in relazione alle litologie che dovrebbero ospitarli, a forti componenti pelitiche o integralmente tali, vedi graben colmato dalle argille plioceniche) e per interazioni nulle con sorgenti esistenti.

Le opere si sviluppano nella metà meridionale del progetto in formazioni *flyschiodi*, a variabile contenuto pelitico. Il carattere prevalente, ai fini delle permeabilità e delle eventuali intersezioni con acquiferi di interesse, quantunque ad oggi non noti e non segnalati per assenza di punti di fuoriuscita, deriva tuttavia dalla intersezione e sovrapposizione di effetti deformativi e dislocanti delle successive fasi tettoniche che hanno interessato l'area. Salvo i risultati di indagini profonde programmate per l'eventuale ed auspicato superamento delle fasi autorizzative, gli elementi ad oggi acquisiti dall'indagine diretta o geofisica (quest'ultima a profondità fino a 250 m dalla superficie) non permettono di ipotizzare l'intersezione con acquiferi di rilevanza e connessi in alcun modo con l'idrogeologia delle fasce di copertura. Affermazione supportata dall'assenza di sorgenti di interesse e dalla rilevante profondità delle stesse opere (oltre 400 m da pc).

Nella porzione settentrionale del progetto, le opere previste interessano un unico corpo sedimentario di rilevante spessore ed a litologia argillosa, nel quale è ugualmente impossibile l'intersezione con acquiferi e nel quale, o ai suoi bordi, è documentata nell'area di progetto l'assenza di sorgenti sia pure effimere.

Il gruppo di progettazione ben conosce le interferenze disastrose tra opere in sotterraneo e acquiferi e relativi punti di venuta a giorno (vedi galleria Pavoncelli bis), onde l'argomento ha richiesto un'attenta analisi di eventuali possibili interferenze. Nella relazione di progetto è ben documentata la presenza di poche sorgenti di portate minimali, in aree non lambite dalle opere, mentre le formazioni *flyscioidi* alle profondità di attraversamento e nello stato di tettonizzazione in cui si rinvencono non permettono di ipotizzare presenza di o interferenze con acquiferi di rilievo ed attivi.

A tal proposito, valgono le consultazioni di:

- PPR-Sorgenti_Regione Basilicata;
- Censimento sorgenti Acquedotto Lucano;
- IGM 25.000
- Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali. SERVIZIO IDROGRAFICO E MAREOGRAFICO NAZIONALE, UFFICIO IDROGRAFICO E MAREOGRAFICO DI CATANZARO, ANNALI IDROLOGICI.
- Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale; Autorità di Bacino Nazionale dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno, Regione Abruzzo, Regione Basilicata, Regione Calabria, Regione Campania, Regione Lazio, Regione Molise, Regione Puglia. PIANO DI GESTIONE ACQUE (Direttiva Comunitaria 2000/60/CE, D.L.vo 152/06, L. 13/09, D.L. 194/09). REGIONE BASILICATA: Tipizzazione ed Individuazione dei corpi idrici superficiali (ai sensi del D.M. n. 131 del 16 giugno 2008).

Le sorgenti e fontane cartografate nell'ampia area di interesse sono:

- Fontana dell'Orso
- Fontana Crusc
- Fontana S. Lorenzo;
- Sorg. Tufara, portata 2 l/s
- Fontana del Piano
- Fontana del Lago
- Sorgente Fontane, portata 1 l/s
- Sorgente Roveto, portata 3 l/s.

E la relativa cartografia è riportata nella seguente Figura 20.

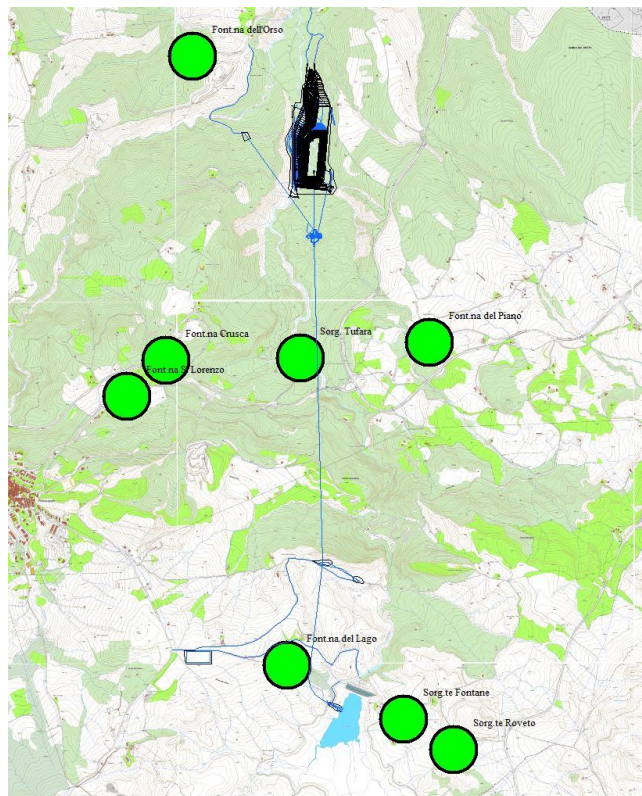


Figura 20 - Carta dell'ubicazione delle sorgenti censite nell'areale del progetto

Al livello attuale di progettazione (fase preliminare), si parte da un contesto che esclude nell'area la presenza di acquiferi significativi e di rilievo, mentre il censimento delle sorgenti ne evidenzia sia la marginalità, avvalorando che nessuna interferenza con le opere in progetto è possibile.

Anche il Piano di Gestione delle Acque del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale conferma, infatti, che le opere in progetto non interessano corpi idrici sotterranei ritenuti significativi ai sensi del D.Lgs. 30/2009.

In ogni caso, anche per gli aspetti idrogeologici è di interesse generale nonché obiettivo del progetto quello di seguire un percorso istruttorio ed autorizzativo che sia inquadrato compiutamente in modo tale che le opere o parti di esse interagenti in senso attivo o passivo con acquiferi o sorgenti, siano conformi alle discipline normative inerenti la tutela e protezione degli acquiferi, anche al fine di evitare ogni possibile compromissione per la durata nel tempo delle opere stesse e per gli aspetti di tutela della risorsa, attraverso approfondimenti all'uopo necessari da effettuarsi nella fase definitiva del progetto.

Partendo dall'imbocco di valle, lato bacino di ritenuta (bacino di valle), è possibile evidenziare le precauzioni prese per affrontare il tema acque sotterranee lungo il tracciato della galleria della condotta, il cui scavo è previsto con TBM scudata.

In fase di cantiere, la galleria della condotta forzata potrebbe attraversare i terreni di natura alluvionale e/o i terreni appartenenti ai depositi caotici pleistocenici, solo nel caso di anticipo dello scavo della galleria rispetto allo scavo del bacino. Ove lo scavo del bacino fosse già avanzato, la galleria imboccherà direttamente nelle argille plioceniche della Formazione di Ariano Irpino, che di fatto costituiscono la base impermeabile che

sostiene la falda superficiale ospitata nei terreni pleistocenici ed alluvionali recenti, senza quindi avere interferenze dirette con l'acquifero superficiale.

In tutto il tratto di attraversamento delle argille plioceniche non si avrà un'interferenza dello scavo con le acque sotterranee, proprio in conseguenza della bassa o molto bassa permeabilità di questo litotipo.

L'elemento che ha richiesto maggiore attenzione in fase progettuale è costituito dallo scavo della galleria nel Flysch Galestrino e nel Flysch Rosso, in particolare l'attraversamento delle bancate calcaree (fratturate) più importanti, dove potrebbe concentrarsi il flusso delle acque sotterranee, compartimentato dalle bancate argillitiche poco o nulla permeabili.

Data la notevole profondità della quota di imposta della galleria, si ritiene che gli impatti possibili sulla circolazione delle acque sotterranee siano limitati, considerando plausibile una maggiore chiusura delle discontinuità dell'ammasso roccioso e quindi una riduzione della permeabilità con la profondità.

Tuttavia, nel progetto si è tenuto conto della possibile intercettazione di venute d'acqua, se non di rilevante portata, potenzialmente in pressione ed a questo scopo è stata prevista l'esecuzione di perforazioni in avanzamento al fronte della TBM e la possibilità di eseguire interventi di consolidamento/impermeabilizzazione mediante iniezioni in avanzamento proprio in vista di eventuali problemi di carattere statico e/o idraulico. Una specifica sezione tipo di intervento è stata prevista in progetto (sezione tipo IM2 - Figura 21).

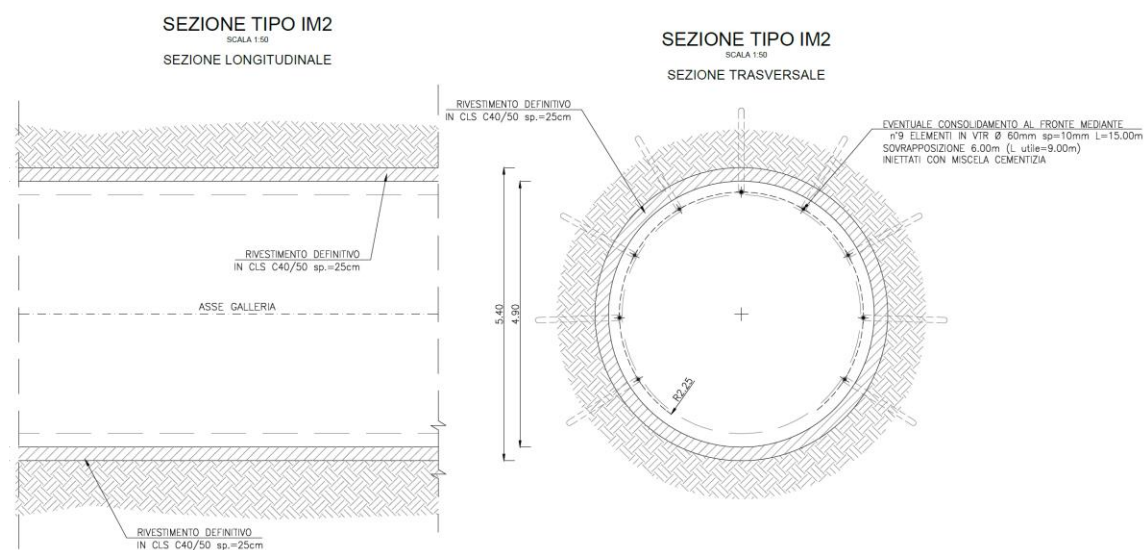


Figura 21 - Vie d'acqua, consolidamento e scavo con TBM. Schema Tipo IM2

L'utilizzo di una TBM di tipo scudato per lo scavo della galleria della condotta ha inoltre il vantaggio di poter controllare e controbilanciare le pressioni d'acqua al fronte mediante un opportuno confinamento del fronte di scavo stesso, potendo utilizzare la fresa in modalità chiusa.

Con questi accorgimenti si è affrontato lo scavo della tratta di galleria dal bacino di valle al pozzo verticale alla progressiva chilometrica 1+291.

Per quanto riguarda la tratta di galleria compresa tra il Lago Saetta e il pozzo piezometrico, il cui scavo è previsto in tradizionale, è stata studiata una modifica del tracciato

proprio per evitare interferenze con un fenomeno franoso presente in sponda sinistra del lago, già oggetto di opere di messa in sicurezza. Sono inoltre state studiate le sezioni tipo di scavo e sostegno IT1bis (Figura 22) e IT3 (Figura 23), che prevedono interventi di preconsolidamento, che potrebbero essere utilizzati anche per una riduzione della permeabilità al contorno dello scavo, sebbene secondo i dati attuali non risultino presenti falde idriche rilevanti lungo questo tratto di scavo in tradizionale.

Il passaggio poi sotto corpi idrici superficiali, è limitato alle zone di imbocco per le quali si prevedono sezioni tipo consolidate (Figura 21 e Figura 22) che vanno a eliminare gli effetti sulle falde superficiali.

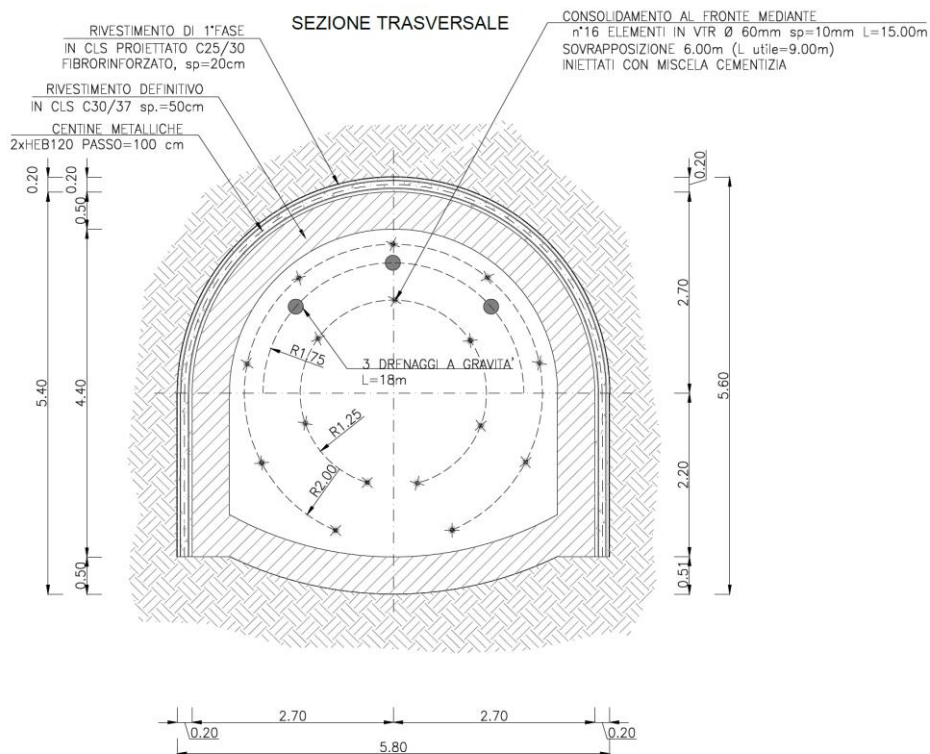


Figura 22 - Vie d'acqua, consolidamento con scavo in tradizionale. Schema Tipo IT1bis

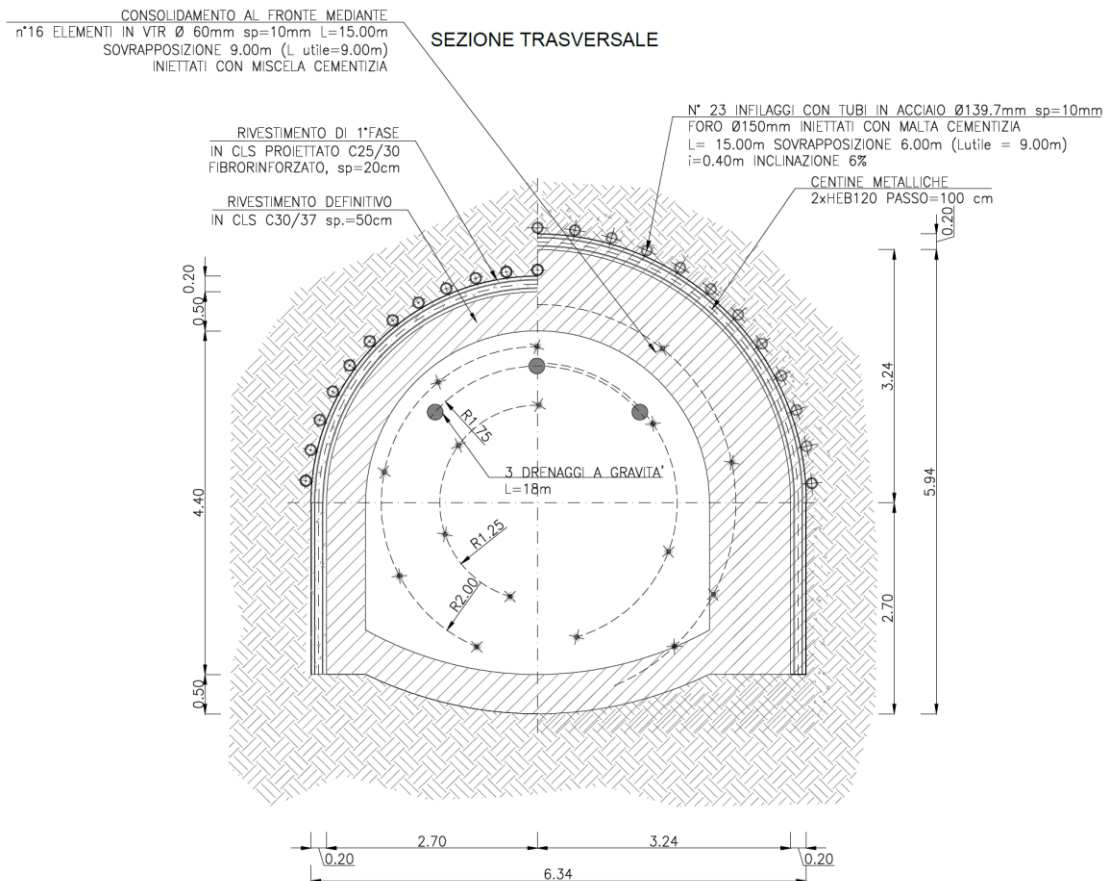


Figura 23 - Vie d'acqua, consolidamento con scavo in tradizionale. Schema Tipo IT3

La galleria di accesso alla centrale, come la centrale stessa ed il cunicolo delle sbarre (*busbar*) sono tutti scavati nella Formazione delle Argille di Ariano Irpino e pertanto non si attendono particolari interferenze con le acque sotterranee se non in presenza di strutture tettoniche potenzialmente idroconduttrici, la cui presenza sembra essere tuttavia piuttosto limitata lungo il tracciato di queste opere.

Per quanto riguarda la galleria di accesso alla base del pozzo piezometrico, la sua lunghezza è stata ridotta (da 300 a 205 m) e dalle indagini geognostiche svolte non sembra essere presente una falda idrica significativa nella zona, per effetto di una morfologia piuttosto acclive.

2.5 CONCLUSIONI

La realizzazione dell'impianto idroelettrico in esame, sottoposto agli Enti competenti per il rilascio della concessione e per l'avvio delle procedure autorizzative, è inquadrata negli obiettivi strategici di decarbonizzazione fissati dal Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC) e riveste, pertanto, un ruolo chiave di pubblica utilità.

Nel presente elaborato sono stati esplicitati gli approfondimenti effettuati sulle frane sia con riferimento agli archivi esistenti, sia in relazione alle indagini svolte, che nel complesso hanno fornito un quadro conoscitivo geologico-tecnico del territorio aggiornato e dettagliato.

Individuato l'effettivo stato attuale dei dissesti presenti, è stato possibile verificare come sia esclusa ogni interferenza tra le opere in sotterranea e i corpi di frana riconosciuti, che si sviluppano su livelli di profondità notevolmente diversi, confermando, pertanto, la conformità di dette opere con la pianificazione vigente.

Qualora dovessero permanere interferenze su aree vincolate con perimetrazioni da frana ostative al buon esito delle procedure autorizzative come, ad esempio, per le opere di imbocco di gallerie o per le aree di cantiere, nei successivi livelli di progettazione susseguenti all'ottenimento della concessione, si potrà prevedere la delocalizzazione delle opere o misure per la mitigazione dell'impatto delle stesse attraverso interventi contestuali volti a consolidare eventuali dissesti in atto.

Per gli aspetti idrogeologici, in questa fase preliminare del progetto le fonti disponibili e le indagini già svolte escludono nell'area la presenza di acquiferi significativi e di rilievo e rassicurano circa l'ininfluenza reciproca tra sorgenti e opere.

3 COMPATIBILITÀ IDROLOGICA ED IDRAULICA

3.1 INTRODUZIONE

In questo capitolo (3) si affronta l'interferenza tra il progetto dell'impianto di pompaggio presso il comune di Pescopagano (PZ) ed il reticolo idrografico superficiale. In particolare, viene analizzato il tratto di torrente Ficocchia in prossimità del bacino di valle dell'impianto, ritenuto l'unico tratto del reticolo idrografico superficiale il cui regime idraulico potrebbe essere modificato in seguito alla realizzazione dell'impianto di pompaggio.

L'area in questione non è attualmente accompagnata da una classificazione dei livelli di pericolosità idraulica nelle Pianificazioni di Bacino e di Distretto, pertanto trovano applicazione gli articoli delle N.T.A. del P.A.I. riguardanti il titolo II - assetto idraulico, in particolare gli artt. 6 e 10.

L'impianto di Pescopagano può essere considerato come un "intervento di interesse pubblico", comprensivo dei relativi manufatti di servizio, parimenti essenziali e non diversamente localizzabili; pertanto, in base al comma 4 dell'articolo 6 delle N.T.A. del P.A.I., la realizzazione di tale impianto è un intervento consentito.

Si fa presente che lo stato attuale della progettazione dell'impianto di pompaggio è di tipo preliminare, e dunque potrebbe subire modifiche nelle successive fasi di progettazione. Lo studio presente è dunque da intendersi come preliminare, e sarà opportunamente aggiornato.

3.2 DEFINIZIONE DELLE INTERFERENZE CON IL RETICOLO IDRICO SUPERFICIALE

Le principali interferenze tra l'impianto di pompaggio ed il reticolo superficiale sono le seguenti:

A. Deviazione del torrente Ficocchia

Il bacino di valle occuperà parzialmente l'alveo del torrente Ficocchia. La dimensione del bacino ha reso necessaria la realizzazione di un'opera di canalizzazione del torrente (canale di calcestruzzo), previsto sul lato Ovest del bacino di valle. Questa canalizzazione si è resa indispensabile al fine di poter evacuare con i margini di sicurezza opportuni la portata di piena derivante da un eventuale collasso (*dam break*) della diga di Saetta, senza arrecare danno al piede della nuova diga di valle. Il canale, lungo circa 700 m ed avente una pendenza pari al 6%, è costituito da un manufatto di calcestruzzo avente sezione rettangolare larga 14 m ed alta 7 m; è previsto un imbocco largo circa 70 m all'estremità di monte e circa 55 m a valle. La portata di riferimento considerata per il dimensionamento è quella attesa presso l'imbocco della canalizzazione del torrente Ficocchia in caso di collasso della diga di Saetta (pari a 1915 m³/s).

B. Deviazione del torrente Vallone del Piano

Il bacino di valle occuperà parzialmente anche l'alveo del torrente Vallone del Piano. Tale corso d'acqua, in corrispondenza del bacino di valle, sottende un bacino imbrifero di circa 5 km². Si è previsto quindi di realizzare un canale che ne devierà l'alveo e recapiterà l'acqua nella canalizzazione del torrente Ficocchia descritta al punto A, circa 800 m a monte rispetto al punto di confluenza naturale attuale. Questo canale deviatore, lungo circa 260 m ed avente una pendenza pari a 2,85%, è costituito da un canale di calcestruzzo avente sezione rettangolare larga 3,5 m ed alta 3,2 m. Per il dimensionamento del canale deviatore in progetto è stata utilizzata la portata di piena millenaria.

C. Tre attraversamenti stradali

- Un attraversamento stradale permanente del torrente Ficocchia necessario per regolare la viabilità proveniente da Nord.
- Due attraversamenti stradali temporanei del torrente Ficocchia, necessari per accedere all'area compresa tra i torrenti Ficocchia e Guana, e per consentire la realizzazione di un anello di viabilità che agevoli le attività di cantiere, limitando i percorsi e tempi di transito dei mezzi.

Il dimensionamento di questi tre attraversamenti non è stato ancora eseguito in virtù della natura preliminare del progetto; in questa fase non è stato infatti possibile stabilire definitivamente la posizione esatta di tali opere, di cui ad ogni modo ci si premurerà di eseguirne il dimensionamento con opportune analisi idrologiche ed idrauliche.

Stante queste interferenze, lo studio presente è costituito dai seguenti passaggi:

- Inquadramento del reticolo idrografico
- Definizione del bacino imbrifero del torrente Ficocchia rispetto alla sezione di chiusura situata immediatamente a monte della confluenza del torrente Guana

- Analisi idrologica per la valutazione della portate di piena associata a tre diversi tempi di ritorno: 30, 200 e 500 anni
- Simulazione idraulica degli eventi di piena nelle configurazioni geometriche ante e post intervento
- Conclusioni

3.3 DEFINIZIONE DEL RETICOLO IDROGRAFICO

L'intero impianto ricade all'interno del bacino idrografico del fiume Ofanto (Figura 24). Questo bacino idrografico interessa 3 regioni (Campania, Basilicata e Puglia, vedi Figura 25), e si colloca all'interno del territorio di competenza dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale. Le risorse idriche rese disponibili da tale schema soddisfano i bisogni irrigui ed industriali dei territori lucani e pugliesi del medio e basso Ofanto.

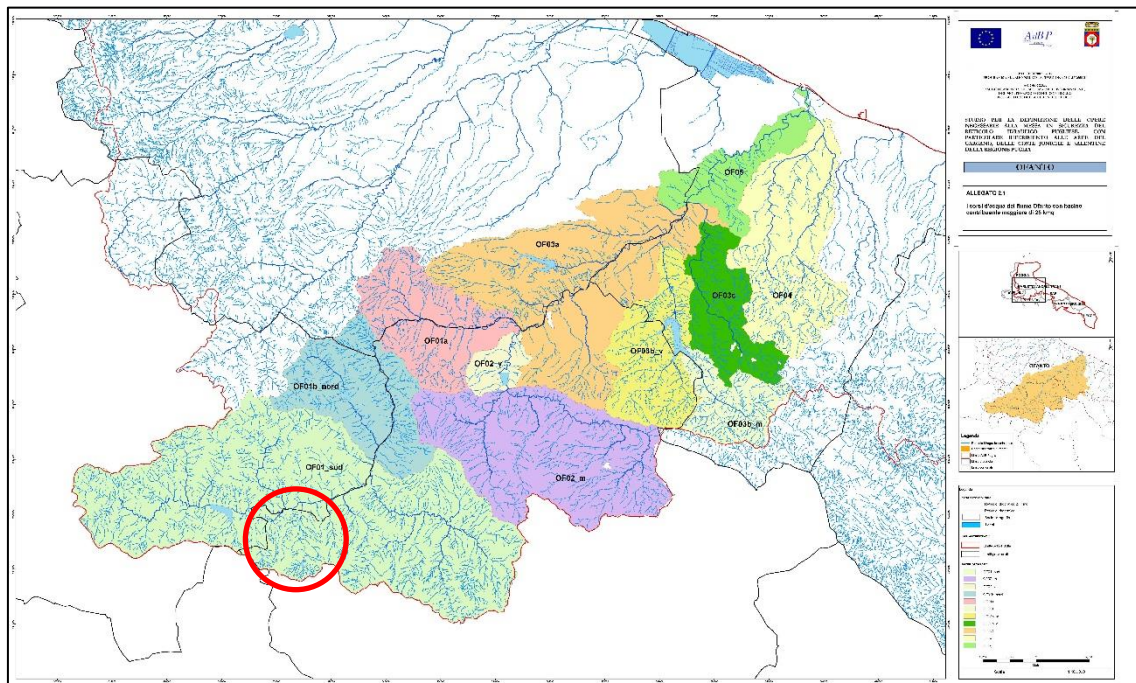


Figura 24 - Bacino idrografico del fiume Ofanto, con inquadramento sull'area interessata dalla realizzazione dell'impianto¹.

¹ Allegato 2.1 "I corsi d'acqua del fiume Ofanto con bacino contributore maggiore di 25 km²" dello "Studio per la definizione delle opere necessarie alla messa in sicurezza del reticolo idraulico pugliese, con particolare riferimento alle aree del Gargano, delle coste joniche e salentine della Regione Puglia" (Autorità di Bacino della Puglia).

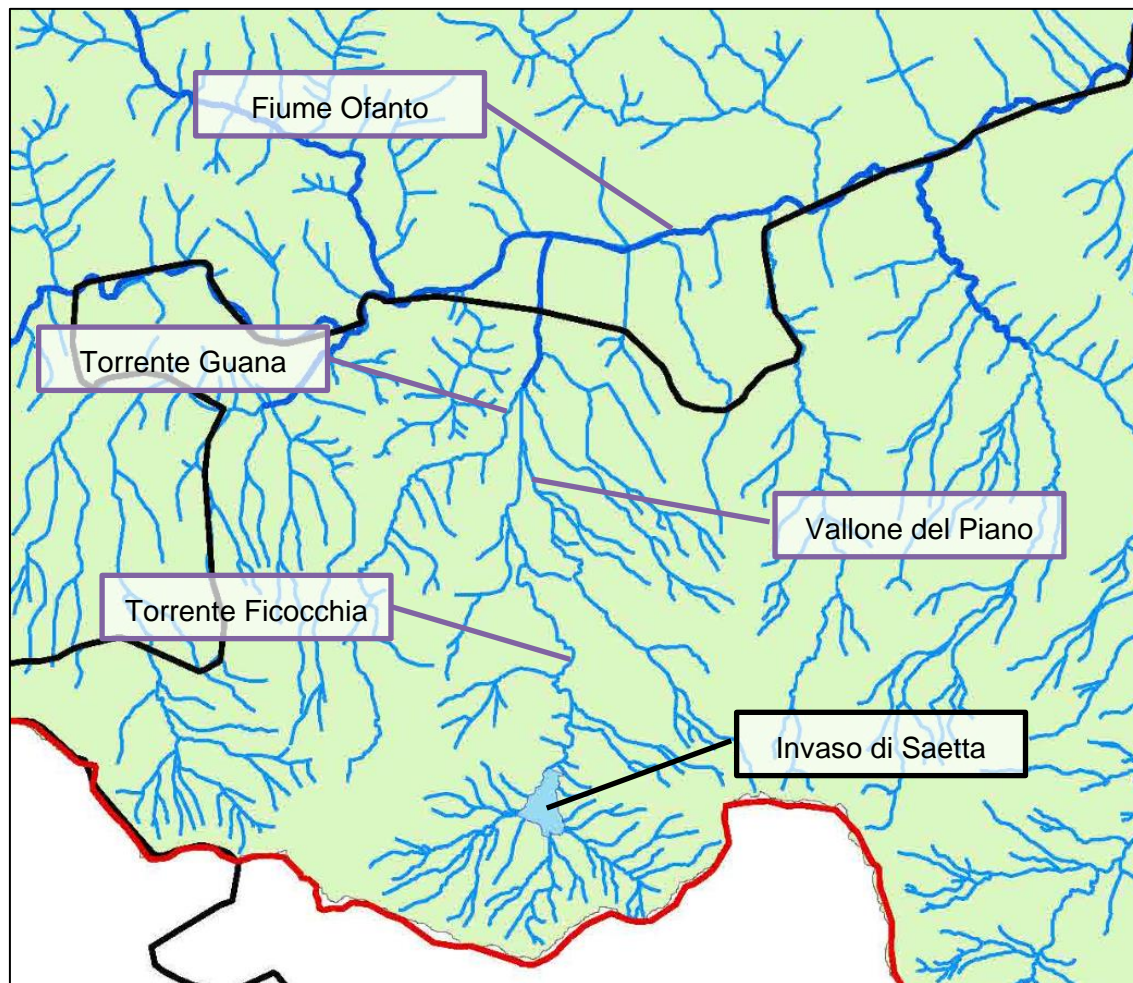


Figura 25 - Estratto del bacino idrografico del fiume Ofanto, con inquadramento sull'area interessata dalla realizzazione dell'impianto.

Nella tabella seguente (Tabella 1) vengono riportati i dati principali del bacino idrografico dell'Ofanto:

Grandezza	Valore	Unità di misura
Superficie	~ 2.790	km ²
Altitudine media	~ 450	m s.l.m.
Lunghezza dell'asta principale	~ 165	km
Afflusso medio annuo	~ 720	mm

Tabella 1 - Caratteristiche principali del bacino idrografico dell'Ofanto²

² Piano di bacino – stralcio assetto idrogeologico (P.A.I.), relazione di piano (Autorità di Bacino della Puglia, dicembre 2004)

3.4 DEFINIZIONE DEL BACINO IMBRIFERO D'INTERESSE

Tramite le funzionalità del software QGIS e il DTM di risoluzione di 5 m fornito dal geoportale della Regione Basilicata, è stato possibile delimitare e caratterizzare il bacino imbrifero del torrente Ficocchia (Figura 1) rispetto alla sezione di chiusura situata immediatamente a monte della confluenza del torrente Guana.



Figura 26 - Bacino imbrifero del torrente Ficocchia rispetto alla sezione di chiusura situata immediatamente a monte della confluenza del torrente Guana

Di seguito (Tabella 2) si riassumono le caratteristiche principale del bacino in questione:

Grandezza	Valore	Unità di misura
Superficie	23,58	km ²
Altitudine massima	1248	m s.l.m.
Altitudine media	944	m s.l.m.
Altitudine minima	415	m s.l.m.
Lunghezza dell'asta principale	10,75	km
Pendenza media dell'asta principale	7,75 %	-
Pendenza media del bacino	22,90 %	-

Tabella 2 - Caratteristiche principali del bacino idrografico del torrente Ficocchia rispetto alla sezione di chiusura situata immediatamente a monte della confluenza del torrente Guana

3.5 ANALISI DELLE PRECIPITAZIONI

Per la determinazione delle curve di possibilità pluviometriche ci si è avvalsi del metodo VaPI, utilizzando le formule valide per la zona pluviometrica omogenea 4 (Figura 27 e Figura 28), all'interno della quale ricade il comune di Pescopagano.

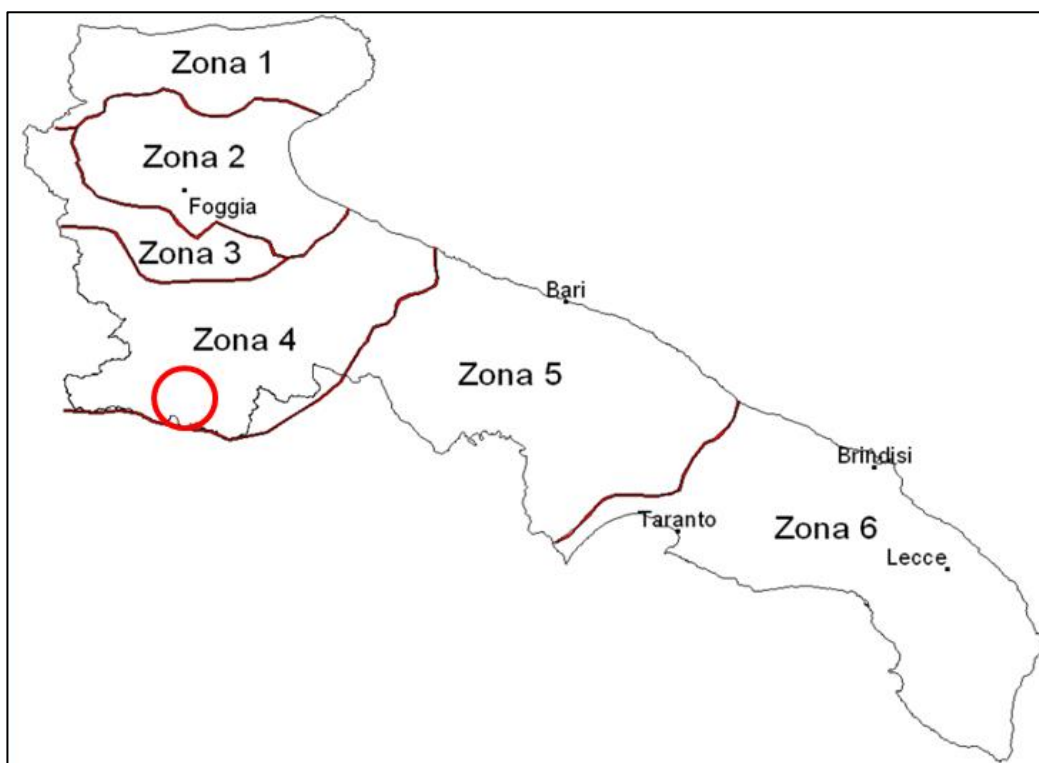


Figura 27 - Aree pluviometriche omogenee del territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia riportate nel P.A.I. (il cerchio rosso indica la posizione approssimativa del comune di Pescopagano)

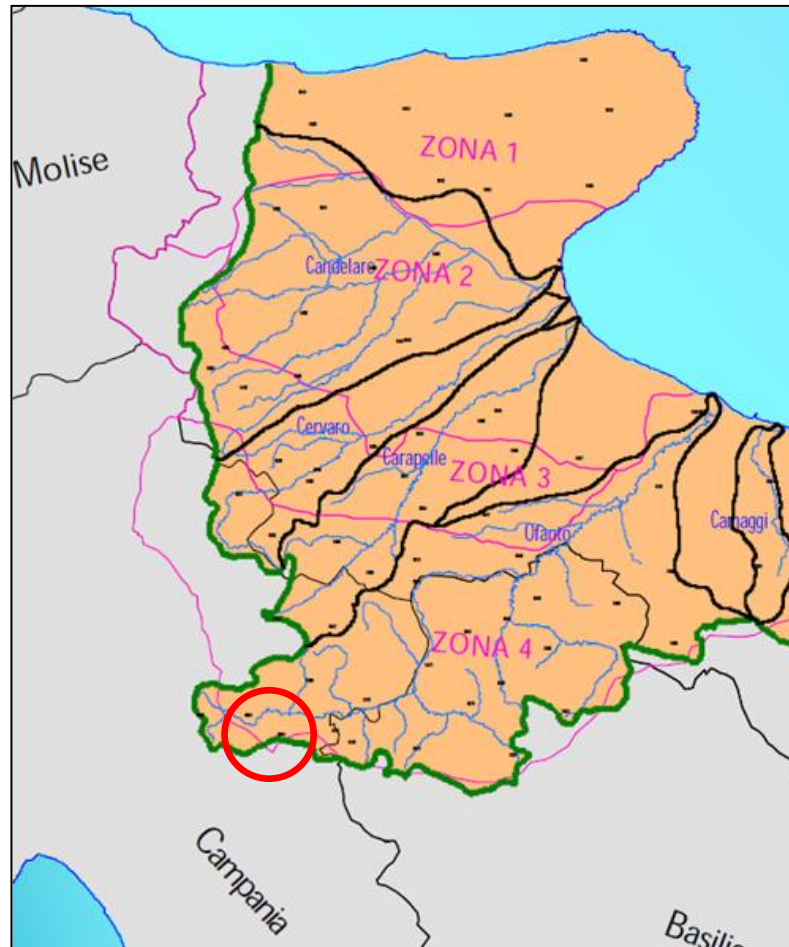


Figura 28 - Aree pluviometriche omogenee del territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia riportate nel progetto VaPI (il cerchio rosso indica la posizione approssimativa del comune di Pescopagano)

La definizione dell'intensità di precipitazione dipende dalla definizione di un'altezza di precipitazione associata ad una durata pari a t_i ; per la zona pluviometrica omogenea 4, il progetto VaPI prevede la seguente definizione:

$$h(t)[\text{mm}] = 24,7 \cdot t^{0,256}$$

in cui t indica la durata dell'evento di precipitazione [h].

L'intensità di precipitazione $i(t_r)$ è pertanto esprimibile tramite l'espressione seguente:

$$i(t_r) = \frac{h(t_r)}{t_r}$$

L'intensità di precipitazione associata al tempo di ritorno T può essere stimata tramite la formula seguente:

$$i_T(t_r) = K'_T \cdot \frac{h(t_r)}{t_r}$$

In cui K'_T rappresenta il fattore di crescita associato alla precipitazione, che il VaPI definisce in questo modo (per la zona 4):

$$K'_T = 0,5648 + 0,415 \cdot \ln(T)$$

Conoscendo queste informazioni, è possibile ricostruire le LSPP (Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica), ossia curve che rappresentano il legame tra altezze massime di precipitazione e durata di eventi piovosi in funzione di diversi tempo di ritorno, valide per il sito oggetto di analisi (Figura 29).

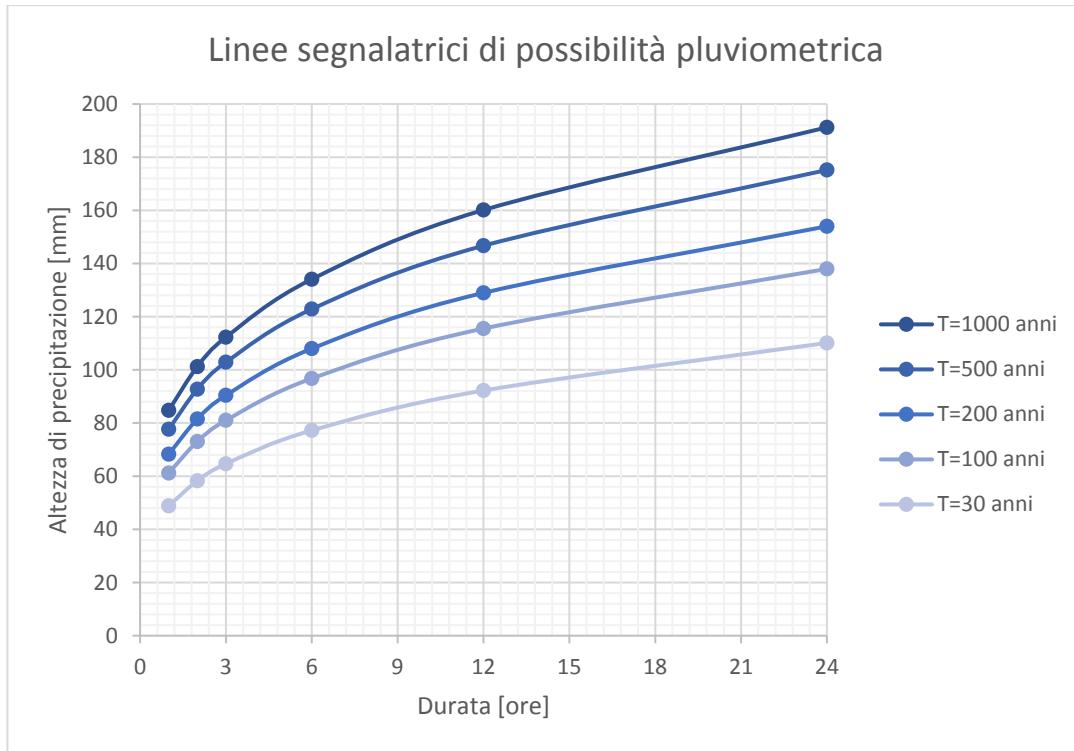


Figura 29 - Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica

3.6 CALCOLO DELLA PORTATA DI PIENA

Esistono molteplici metodi attraverso i quali poter valutare le massime portate al colmo di piena associate a determinati tempi di ritorno. Nello studio presente è stato utilizzato il metodo razionale, un metodo indiretto che si fonda sulle seguenti ipotesi:

- il tempo di ritorno della portata è pari a quello della pioggia critica
- la durata della pioggia critica è pari al tempo di corrivazione
- la precipitazione è assunta costante per l'intera durata dell'evento meteorico

Di seguito viene riportata la formula per il calcolo della portata di piena in funzione del tempo di ritorno T :

$$Q_T[\text{m}^3/\text{s}] = 0,28 \cdot c \cdot i_T(t_c) \cdot A$$

in cui:

- 0,28 = coefficiente numerico che consente di ottenere la portata in m^3/s [-]
- c = coefficiente di deflusso del bacino [-], ossia la frazione dell'afflusso meteorico che si traduce in deflusso superficiale
- $i_T(t_c)$ = l'intensità di precipitazione [mm/h] con tempo di ritorno T e durata pari al tempo di corrivazione t_c
- A = area del bacino [km^2]

La stima del coefficiente di deflusso c rappresenta l'elemento di incertezza principale nel metodo razionale. Dalla consultazione di strumenti cartografici e satellitari, oltre che dalle osservazioni in fase di sopralluogo, si può affermare che le aree interessate dal bacino idrografico in questione sono costituite prevalentemente da boschi, campi ad uso agricolo e terreni incolti (Figura 30). Si segnala la presenza di alcune strade e sporadici edifici.

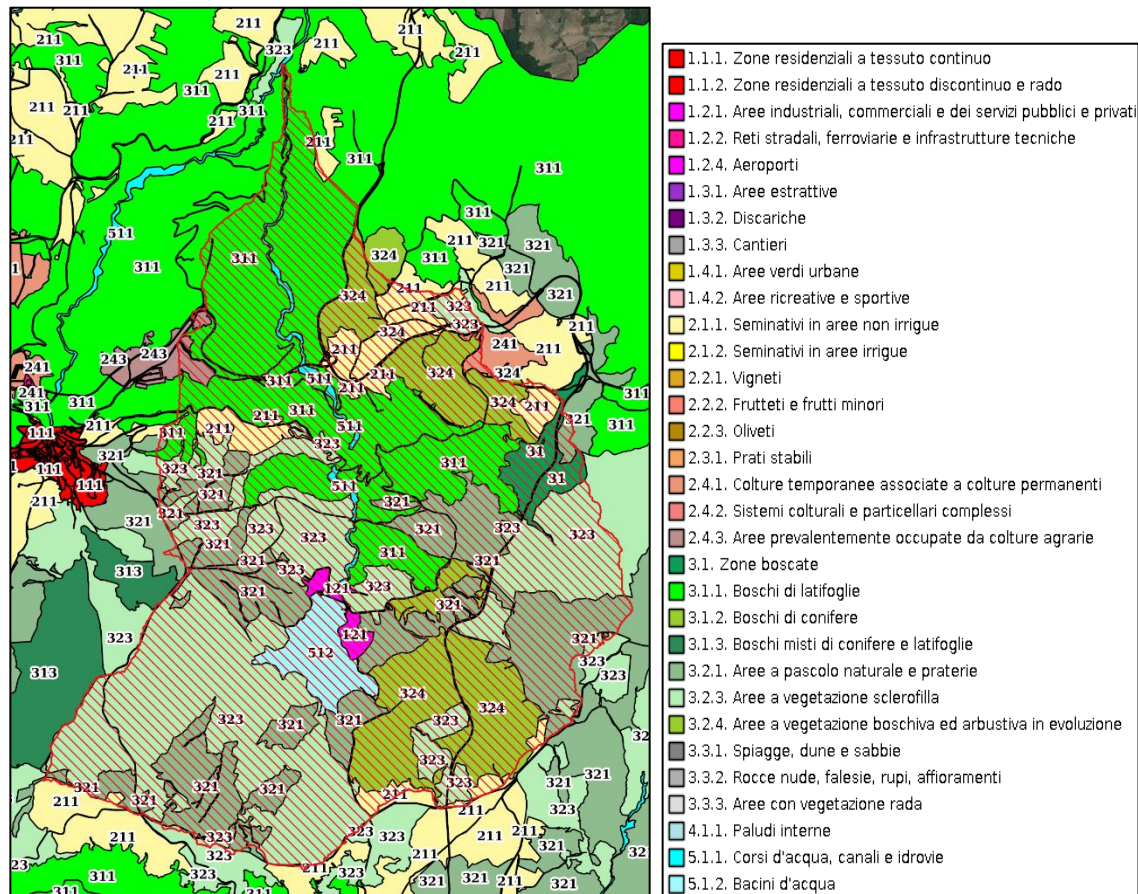


Figura 30 - Estratto della carta di uso del suolo (Fonte dati: "Carta dell' Uso Suolo della Regione Basilicata (2013)", Geoportale della Regione Basilicata), con evidenziazione dell'area associata al bacino imbrifero del torrente Vallone del Piano rispetto sezione di chiusura immediatamente precedente alla confluenza nel torrente Ficocchia

Per la determinazione del coefficiente di deflusso si fa riferimento alla tabella seguente, che riprende i valori indicati dalla FAO³ nel 1976:

Tipo di suolo	Copertura del bacino		
	coltivazioni	pascoli	boschi
Suoli molto permeabili sabbiosi o ghiaiosi	0,20	0,15	0,10
Suoli mediamente permeabili (senza strati di argilla)- Terreni di medio impasto o simili	0,40	0,35	0,30
Suoli poco permeabili. Suoli fortemente argillosi o simili con strati di argilla vicini alla superficie. Suoli poco profondi sopra roccia impermeabile	0,50	0,45	0,40

Tabella 3 - Valori del coefficiente di deflusso al variare del tipo di suolo e copertura del bacino

³ FAO, Conservation Guide n° 2; Hydrological Techniques for upstream conservation, Roma 1976.

Per il bacino imbrifero analizzato, la maggior parte della superficie del bacino è associata ad aree incolte o vegetazione rada, mentre la parte restante è divisa tra aree seminative semplici e boschi. In virtù di questa suddivisione degli usi del suolo, della pendenza media del bacino e della presenza diffusa di complessi argillosi nel territorio, si è deciso di assegnare cautelativamente un valore di pari a $c = 0,5$ (il valore massimo contenuto nella tabella precedente).

L'intensità di precipitazione $i_T(t_c)$ associata al tempo di ritorno T può essere stimata tramite la modalità indicata al § 3.5.

Il tempo di corrivazione (Tabella 4) di un bacino idrografico rappresenta il tempo impiegato dalla precipitazione caduta nella sua parte più distante a raggiungere la sezione di chiusura, ossia l'intervallo di tempo dall'inizio della precipitazione oltre al quale tutto il bacino contribuisce al deflusso nella sezione di chiusura. In letteratura esistono molteplici definizioni del tempo di corrivazione, tra cui quella più utilizzata è indubbiamente quella di Giandotti (1934), ritenuta tuttavia valida perlopiù per bacini di notevole estensione (superiore ai 100 km²). Ad ogni modo, si ritiene opportuno riportare un confronto tra i valori ottenibili dalle diverse formulazioni, in modo da avere maggiore consapevolezza dell'incertezza legata a questo parametro.

Formula	Definizione	t_c
Kirpich-Ramser	$t_c [h] = 0,000325 \cdot (L \cdot 1000)^{0,77} \cdot \left(\frac{H_{max} - H_{min}}{L \cdot 1000} \right)^{-0,385}$	1,11 h
Giandotti	$t_c [h] = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1,5 \cdot L}{0,8 \cdot \sqrt{H_m - H_{min}}}$	1,93 h
Pezzoli	$t_c [h] = \frac{0,055 \cdot L}{\sqrt{s_L}}$	2,12 h
Ventura	$t_c [h] = 0,127 \cdot \sqrt{\frac{A}{i_L}}$	2,21 h
Puglisi	$t_c [h] = 6 \cdot (L \cdot 1000)^{2/3} \cdot (H_{max} - H_{min})^{-1/3}$	3,11 h
Tournon	$t_c [h] = \frac{0,396 \cdot L}{\sqrt{s_L}} \left(\frac{A}{L^2} \cdot \sqrt{\frac{s_L}{s_B}} \right)^{0,72}$	3,30 h
Pasini	$\frac{0,108 \cdot \sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{s_L}}$	2,45 h

Tabella 4 - Tempo di corrivazione valutato secondo diverse formule di letteratura - bacino imbrifero del torrente Ficocchia rispetto alla sezione di chiusura situata immediatamente a monte della confluenza del Vallone del Piano

in cui:

- A = area del bacino [km²]
- L = lunghezza dell'asta principale [km]
- H_{max} = altitudine media del bacino [m s.l.m.]
- H_{med} = altitudine media del bacino [m s.l.m.]
- H_{min} = altitudine minima del bacino [m s.l.m.]
- s_L = pendenza media dell'asta principale [-]
- s_B = pendenza media del bacino [-]

La portata di piena diminuisce all'aumentare del tempo di corrivazione, pertanto a favore di sicurezza è opportuno adottare i valori minimi, ossia – in questo caso – quelli ottenuti dalla formula di Kirpich-Ramser, generalmente considerata adatta a bacini imbriferi di dimensioni limitate (inferiori ai 20 km²).

Si ritiene opportuno chiarire che la definizione della portata di piena ottenuta tramite il metodo razionale si basa sull'ipotesi cautelativa che l'invaso generato dalla diga di Saetta non svolga alcuna operazione di laminazione. Infatti, a favore di sicurezza, si ipotizza che durante l'evento di piena l'invaso sia riempito fino alla quota di massima regolazione, e pertanto le portate affluenti all'invaso vengono istantaneamente restituite a valle tramite lo sfioratore di superficie.

Si riassumono di seguito le portate di piena calcolate in base alle formule ed alle assunzioni descritte (Tabella 5):

Grandezza	Valore
Q ₃₀	149,61 m ³ /s
Q ₂₀₀	209,20 m ³ /s
Q ₅₀₀	237,99 m ³ /s

Tabella 5 - Portate di piena in funzione del tempo di ritorno

3.7 MODELLAZIONE IDRAULICA

3.7.1 SIMULAZIONI EFFETTUATE

Sono state eseguite tre simulazioni idrauliche (con piene con tempo di ritorno di 30, 200 e 500 anni) su due scenari:

- Scenario attuale (*ante operam*)
- Scenario di progetto (*post operam*)

3.7.2 MODELLO UTILIZZATO

La propagazione della piena di progetto nel corso d'acqua e nelle aree esondabili è stata analizzata tramite il software del Genio Militare Americano HEC-RAS (versione 6.1), che rappresenta uno strumento di riferimento a livello internazionale per la modellazione idraulica.

In particolare, è stato deciso di impiegare un modello monodimensionale stazionario.

3.7.3 GEOMETRIA

Sono state previste due diverse geometrie: una relativa allo stato attuale ed una alle condizioni di progetto (comprensiva di canalizzazione del torrente Ficocchia).

Per entrambi gli scenari la geometria analizzata comprende il tratto del torrente Ficocchia dal termine della canalizzazione prevista alla confluenza del torrente Guana (Figura 31 e Figura 32), e si basa su un DTM avente risoluzione di 1 m, eseguito nel 2013 tramite rilievi aerei LIDAR e ottici. Sono state tracciate sezioni indicativamente ogni 30 m.

L'analisi si concentra su quanto accade a valle della canalizzazione del Ficocchia in quanto non sono attese differenze su quanto accade a monte della stessa: infatti, sia per la conformazione stretta e pendente dell'alveo a monte che per la forte pendenza della canalizzazione in progetto, ci si attende che la corrente rimanga idraulicamente veloce e che quindi non sia influenzata da quanto presente a valle. Lo stesso non può

essere detto per il tratto di alveo a valle della canalizzazione, in quanto la presenza di questa diminuisce l'effetto dissipativo della situazione *ante operam* e modifica conseguentemente le aree allagabili a valle.

In corrispondenza della canalizzazione, sono state imposte le geometrie di progetto, per le quali si prevede un canale lungo circa 690 m e suddiviso in questo modo:

- un imbocco rettangolare che si restringe gradualmente da 70 m a 14 m, con muri che da 5 m passano a 7,5 m; questo tratto è lungo circa 160 m ed ha una pendenza di circa 11,4%
- un tratto a sezione rettangolare larga 14 m con muri di altezza tra 7,5 e 7 m; questo tratto è lungo circa 350 m ed ha una pendenza di circa 11,4%
- uno sbocco a sezione rettangolare che si allarga gradualmente da 14 m a circa 55 m, con muri che da 7 m passano a 3 m; questo tratto è lungo circa 180 m ed ha una pendenza iniziale di 11,4% (per circa 80 m) e di 0,2% (per i restanti 100 m circa)

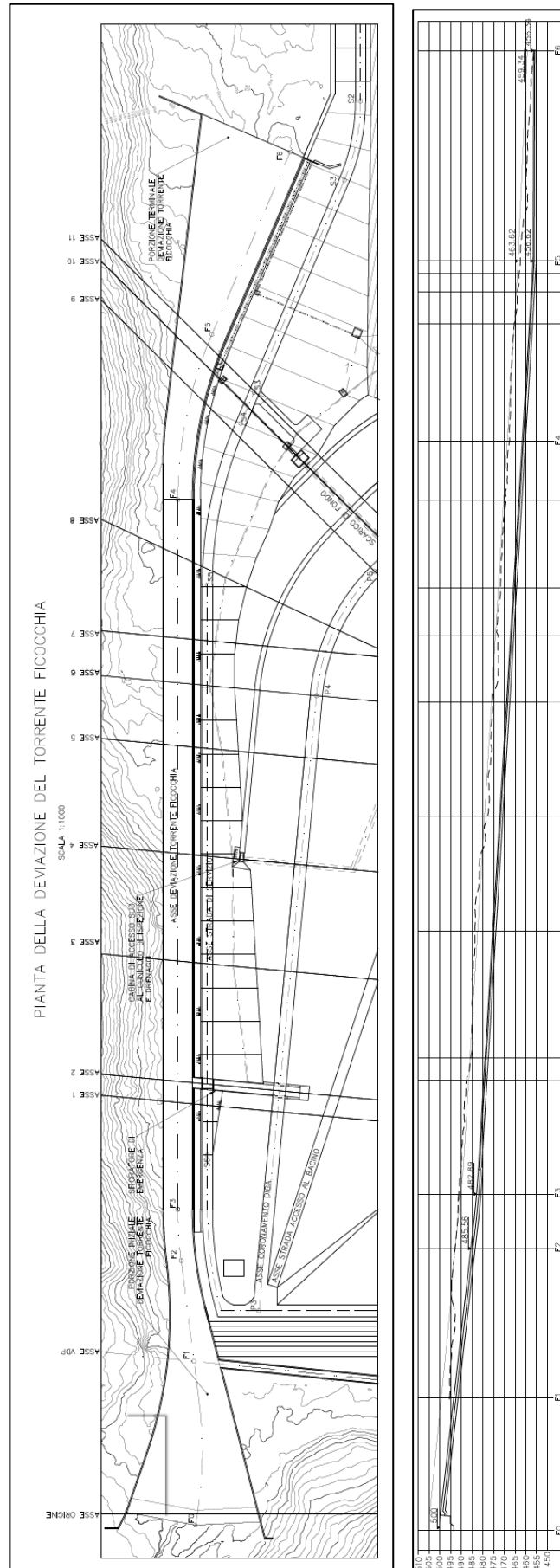


Figura 31 - Pianta e profilo della deviazione del torrente Ficcocchia (monte in basso, valle in alto)

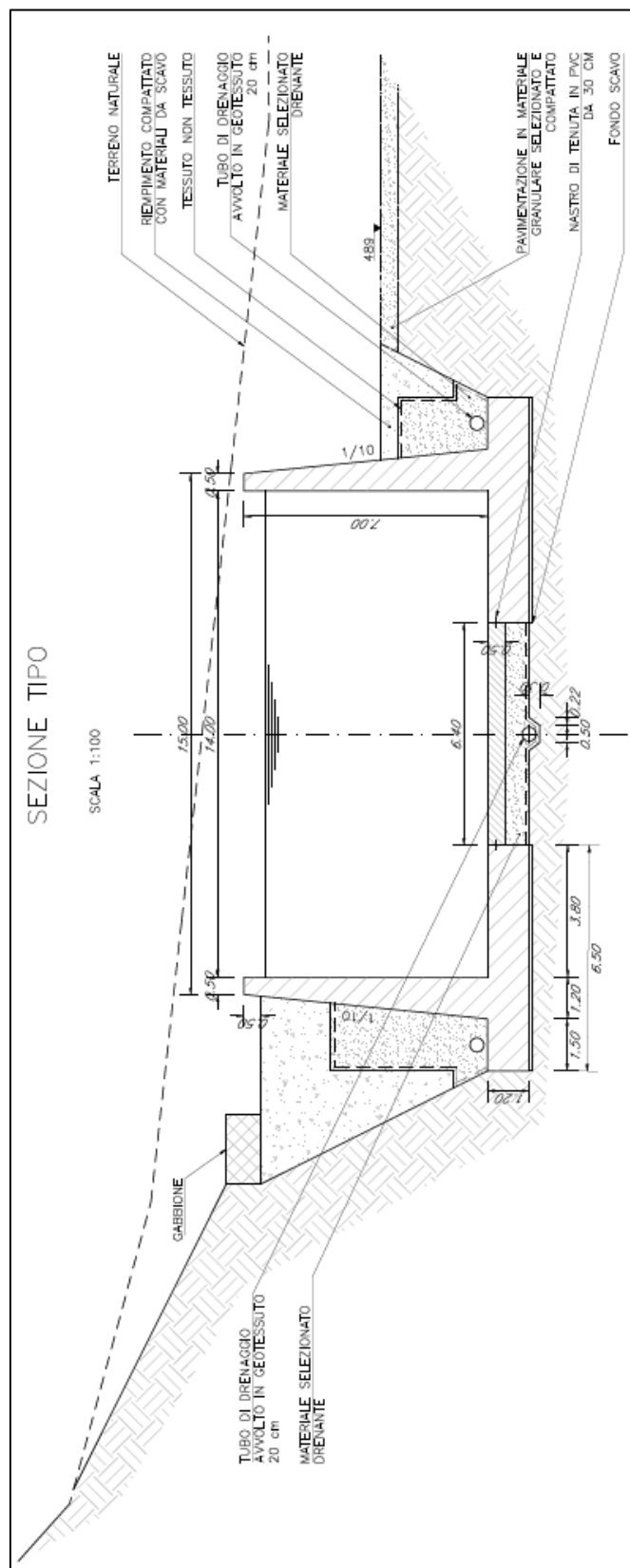


Figura 32 - Sezione tipo della canalizzazione del torrente Ficcocchia

Nello scenario di progetto è stata anche considerata una limitazione dell'area effettiva di deflusso in corrispondenza delle aree che saranno occupate dalla viabilità che raggiunge il bacino da Nord (Figura 33). Nelle fasi progettuali future, le geometrie della viabilità saranno meglio dettagliate e valutata la loro compatibilità.

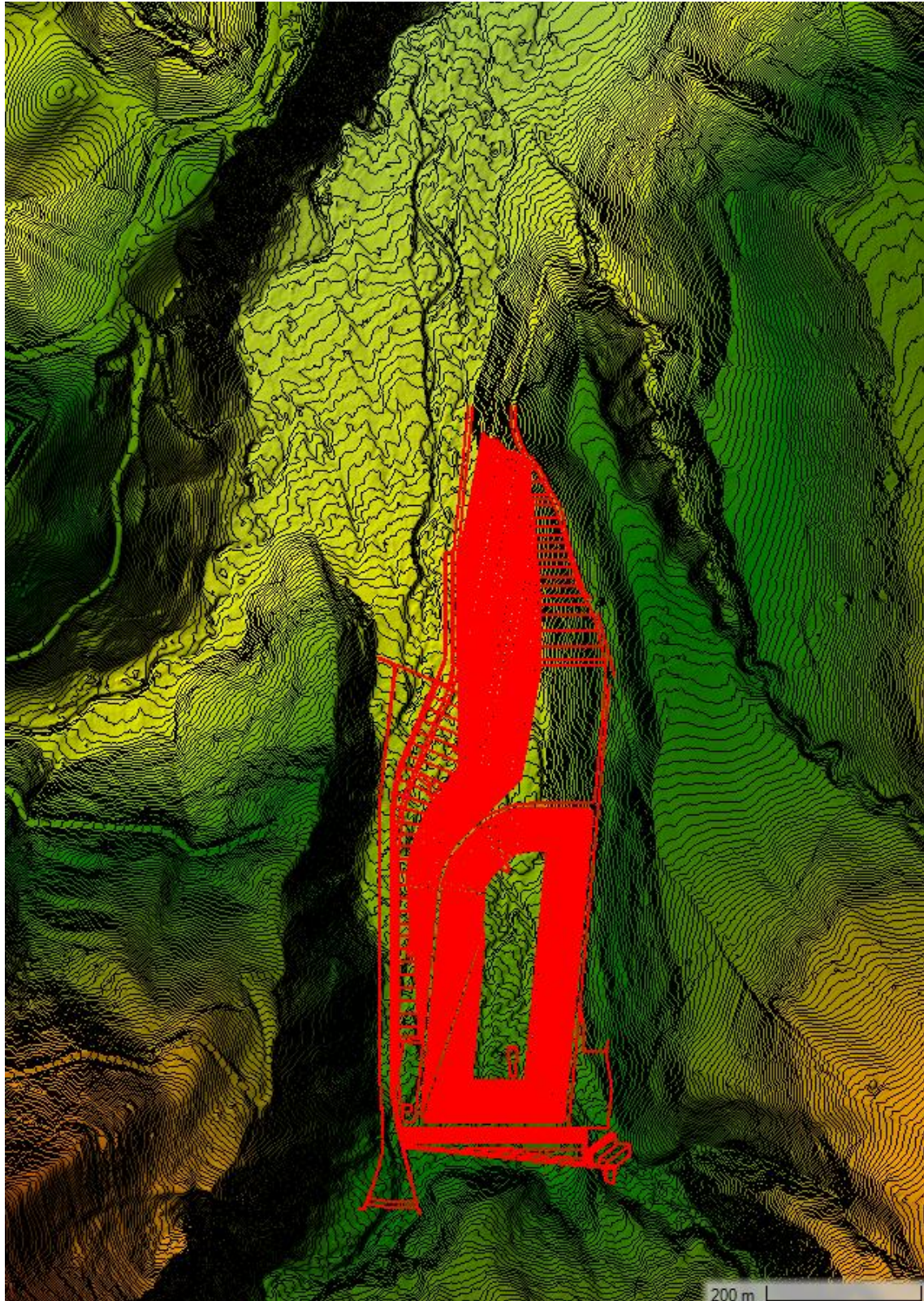


Figura 33 - Inquadramento delle opere in progetto (in rosso) all'interno della superficie topografica

3.7.4 PORTATE

Per entrambi gli scenari, sono state previste le portate di piena calcolate al § 3.6, dunque le seguenti (Tabella 6):

Grandezza	Valore
Q ₃₀	149,61 m ³ /s
Q ₂₀₀	209,20 m ³ /s
Q ₅₀₀	237,99 m ³ /s

Tabella 6 - Portate di piena utilizzate nelle simulazioni idrauliche

3.7.5 SCABREZZE

Per quanto riguarda la scabrezza degli alvei esistenti, si è adottato lo stesso valore adottato dallo studio sull'onda di piena dovuto al collasso della diga di Saetta, ossia un coefficiente di scabrezza di *Strickler* pari a 20 m^{1/3}/s.

Per quanto riguarda la canalizzazione del torrente Ficocchia, è stato adottato il coefficiente di scabrezza minimo suggerito in letteratura per canali di calcestruzzo, ossia 50 m^{1/3}/s. Tale valore è ritenuto cautelativo in quanto ad una scabrezza maggiore (coefficiente di *Strickler* minore) - a parità di altri parametri - l'altezza di moto uniforme è maggiore.

3.7.6 CONDIZIONI AL CONTORNO

Alle estremità di monte e di valle, oltre all'assegnazione della portata di riferimento, è stata imposta l'altezza di moto uniforme.

3.8 CONCLUSIONI

Lo studio di compatibilità idrologica ed idraulica ha simulato il deflusso delle acque superficiali associato ad eventi di piena con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni. Il tratto analizzato del torrente Ficocchia parte dall'estremità di valle della canalizzazione prevista nel progetto preliminare dell'impianto di pompaggio di Pescopagano e termina poco prima della confluenza nello stesso del torrente Guana.

Sono state adottate diverse misure cautelative, tra cui la più importante è certamente l'ipotesi che l'invaso di Saetta (che sottende un bacino imbrifero di circa 10 km², pari a poco meno della metà del bacino imbrifero totale considerato per il calcolo della portata di piena) non svolga alcuna azione di laminazione.

Dal confronto delle aree di allagamento mostrato negli allegati, si può evincere che la differenza di aree di allagamento è concentrata all'inizio del tratto analizzato, si attenua lungo la valle, e si esaurisce prima del termine del tratto analizzato. In particolare, il deflusso associato all'evento di piena con tempo di ritorno di 30 anni non risente della presenza delle opere in progetto oltre la sezione 28 (a circa 440 m di distanza dal termine della canalizzazione); per l'evento di piena con tempo di ritorno di 200 anni, l'influenza termina presso la sezione 41 (a circa 600 m di distanza dal termine della canalizzazione); per l'evento di piena con tempo di ritorno di 500 anni, l'influenza pare termina presso la sezione 44 (a circa 650 m di distanza dal termine della canalizzazione).

Si ritiene che le opere in progetto non costituiscano un fattore di incremento delle condizioni di pericolosità idraulica nell'area d'intervento, in quanto le aree allagabili associate alla situazione *post operam* sono poco diverse da quelle della condizione *ante operam*, e sono tendenzialmente contenute all'interno di esse.

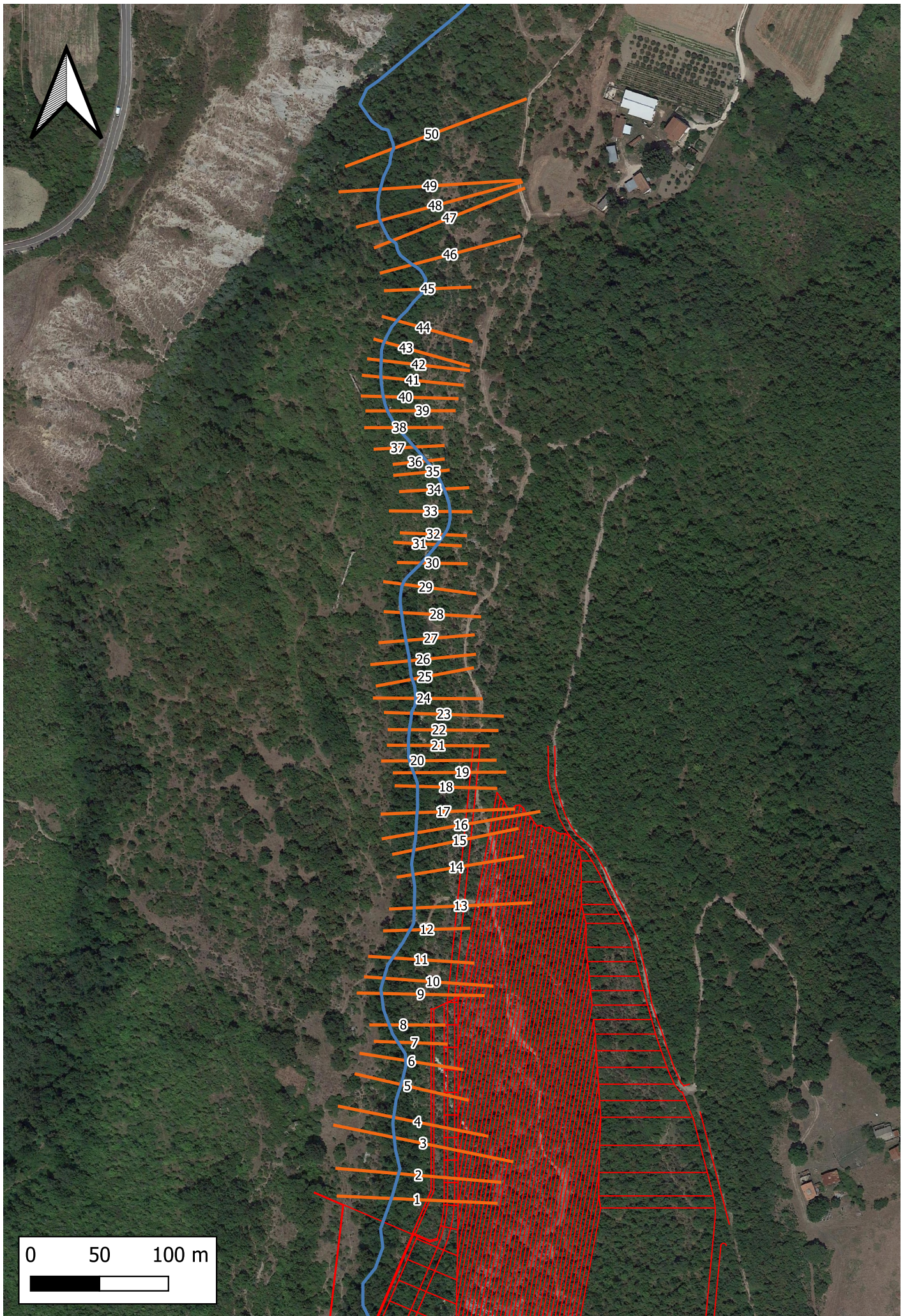
Si ritiene pertanto che l'intervento in progetto non alteri in maniera significativa il deflusso delle acque superficiali, e che dunque gli interventi in progetto - allo stato di definizione attuale - siano compatibili con le finalità e le prescrizioni del P.A.I.

Nelle future fasi di progettazione, quando saranno definiti con maggiori dettaglio le opere che costituiscono l'impianto e le opere accessorie, saranno eseguite nuovamente verifiche idrologiche ed idrauliche al fine di mantenere la progettazione compatibile con quanto previsto dal P.A.I.

ALLEGATI

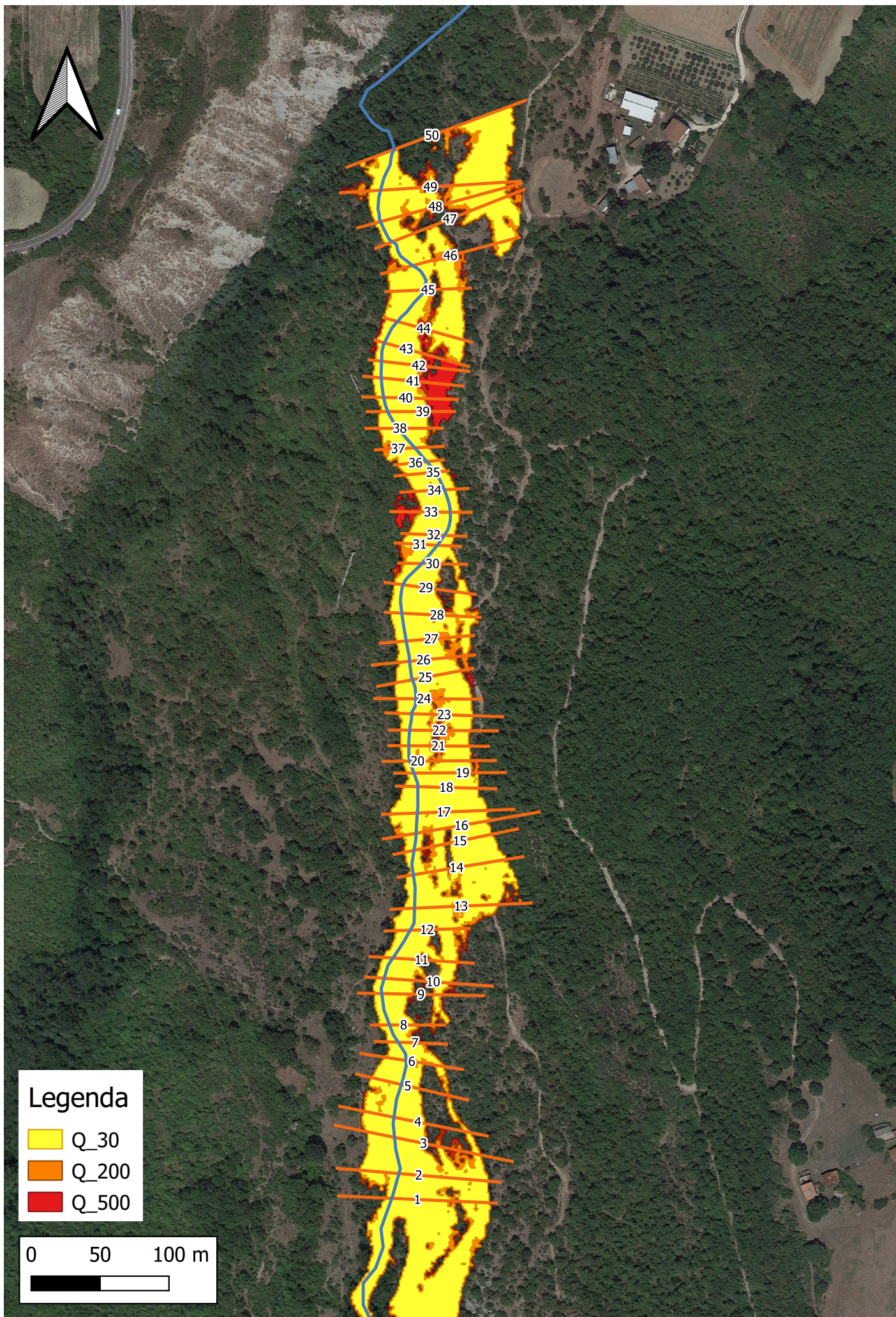
**ALLEGATO A: TORRENTE FICOCCHIA A VALLE DEL BACINO CON INDICAZIONE DELLE
SEZIONI UTILIZZATE**

Allegato A - Torrente Ficocchia a valle del bacino con indicazione delle sezioni utilizzate



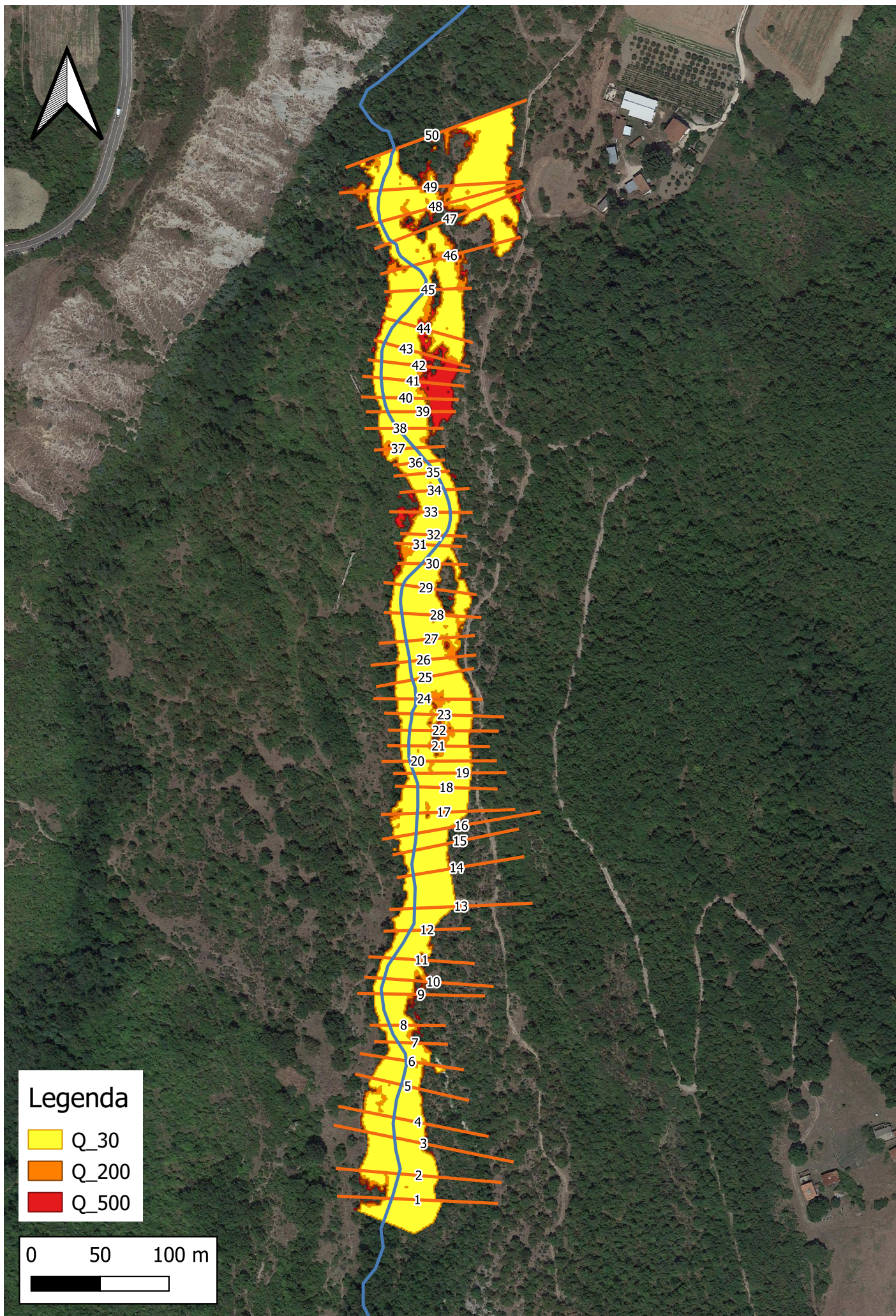
**ALLEGATO B: SCENARIO ATTUALE - PLANIMETRIA CON INDICAZIONE DELLE AREE DI
ALLAGAMENTO**

Allegato B - Scenario attuale - Planimetria con indicazione delle aree di allagamento

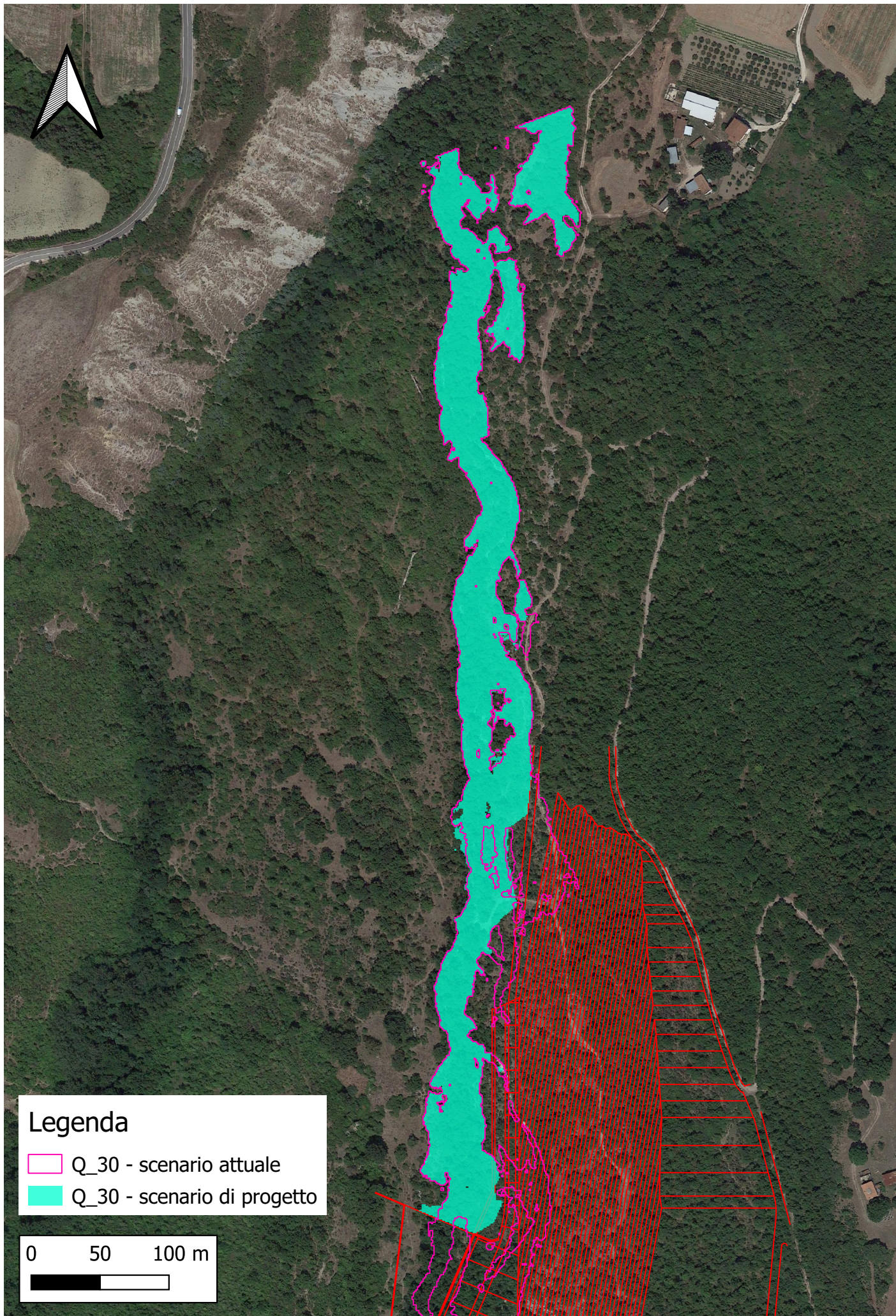


**ALLEGATO C: SCENARIO DI PROGETTO - PLANIMETRIA CON INDICAZIONE DELLE
AREE DI ALLAGAMENTO**

Allegato C - Scenario di progetto - Planimetria con indicazione delle aree di allagamento



**ALLEGATO D: CONFRONTO AREE DI ALLAGAMENTO - PIENA CON TEMPO DI RITORNO
DI 30 ANNI**



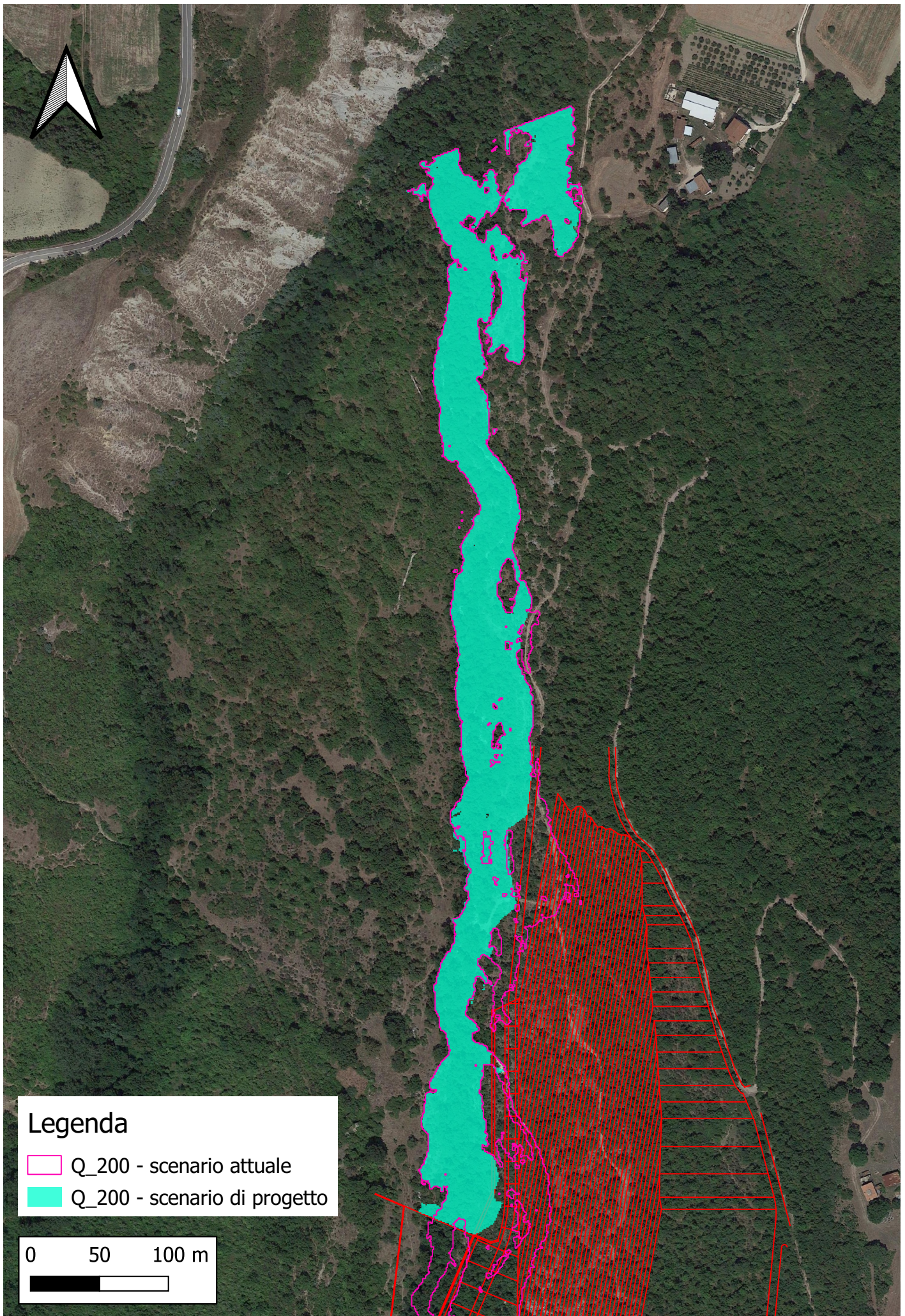
Legenda

- Q_30 - scenario attuale
- Q_30 - scenario di progetto

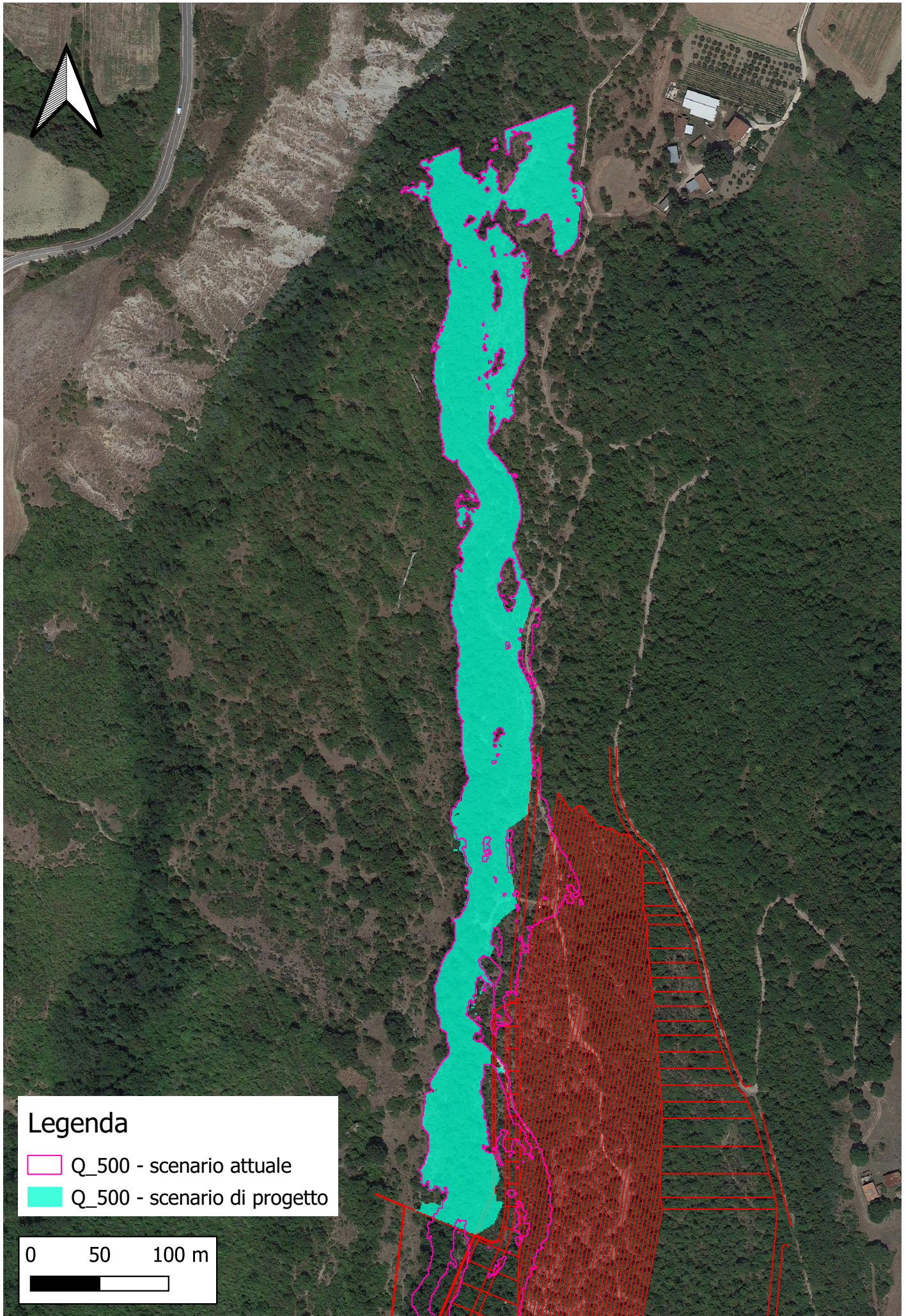
0 50 100 m

**ALLEGATO E: CONFRONTO AREE DI ALLAGAMENTO - PIENA CON TEMPO DI RITORNO
DI 200 ANNI**

Allegato E - Confronto aree di allagamento - piena con tempo di ritorno di 200 anni

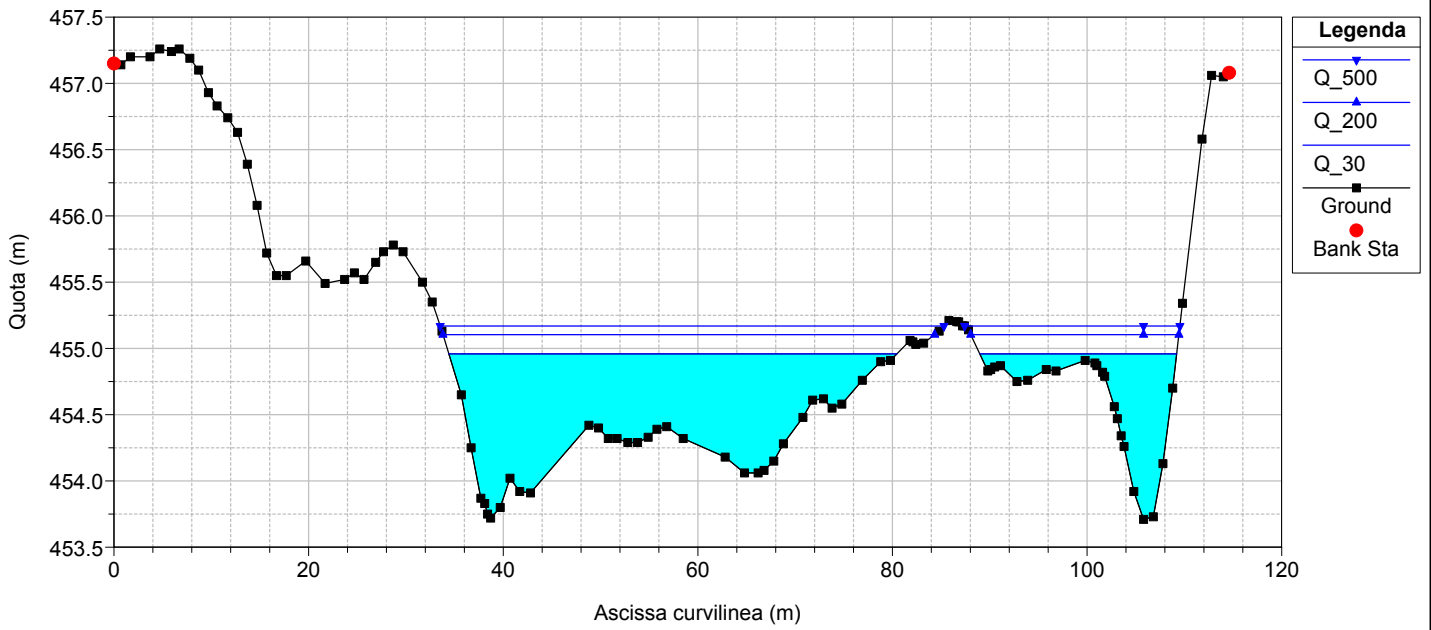


**ALLEGATO F: CONFRONTO AREE DI ALLAGAMENTO - PIENA CON TEMPO DI RITORNO
DI 500 ANNI**

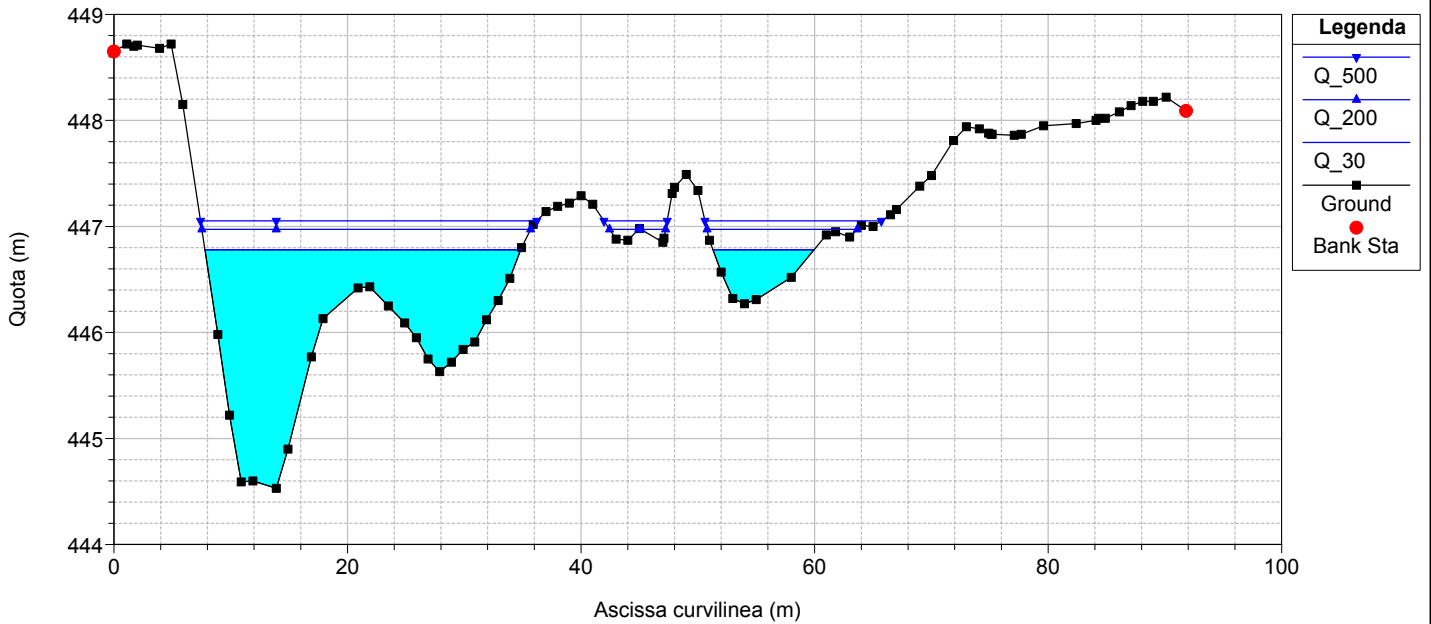


ALLEGATO G: SCENARIO ATTUALE - SEZIONI

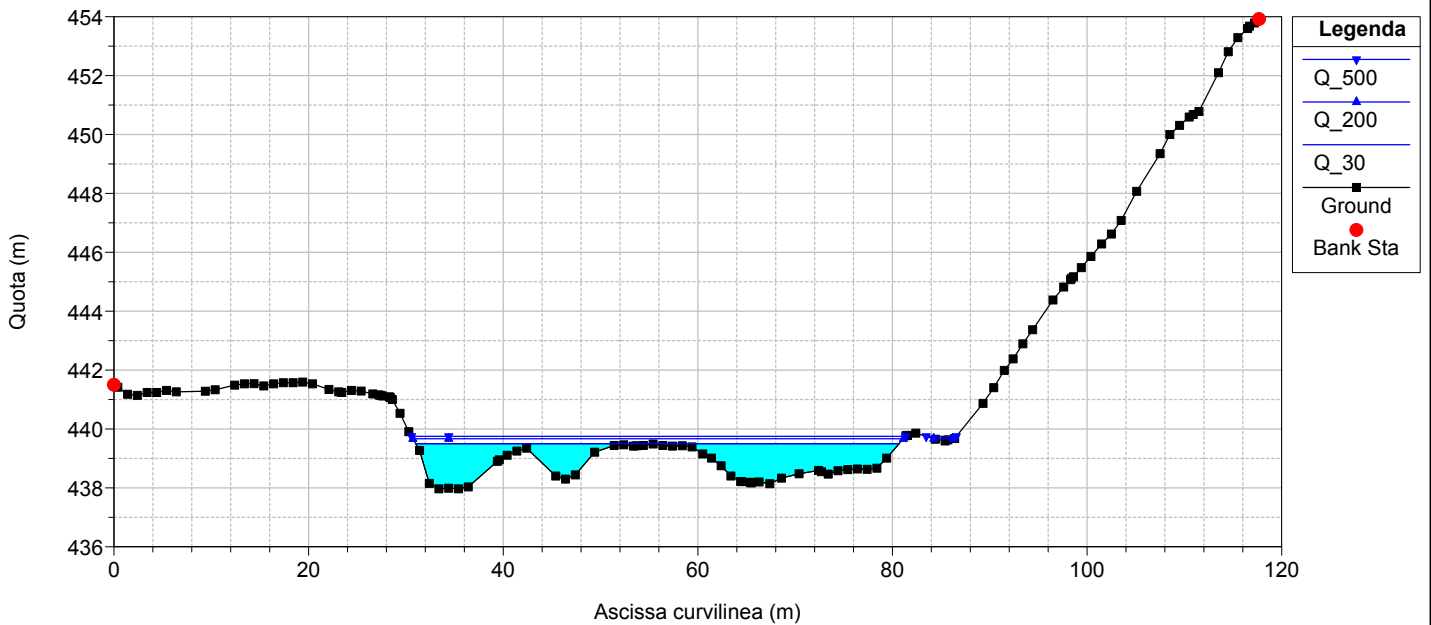
1 Scenario attuale



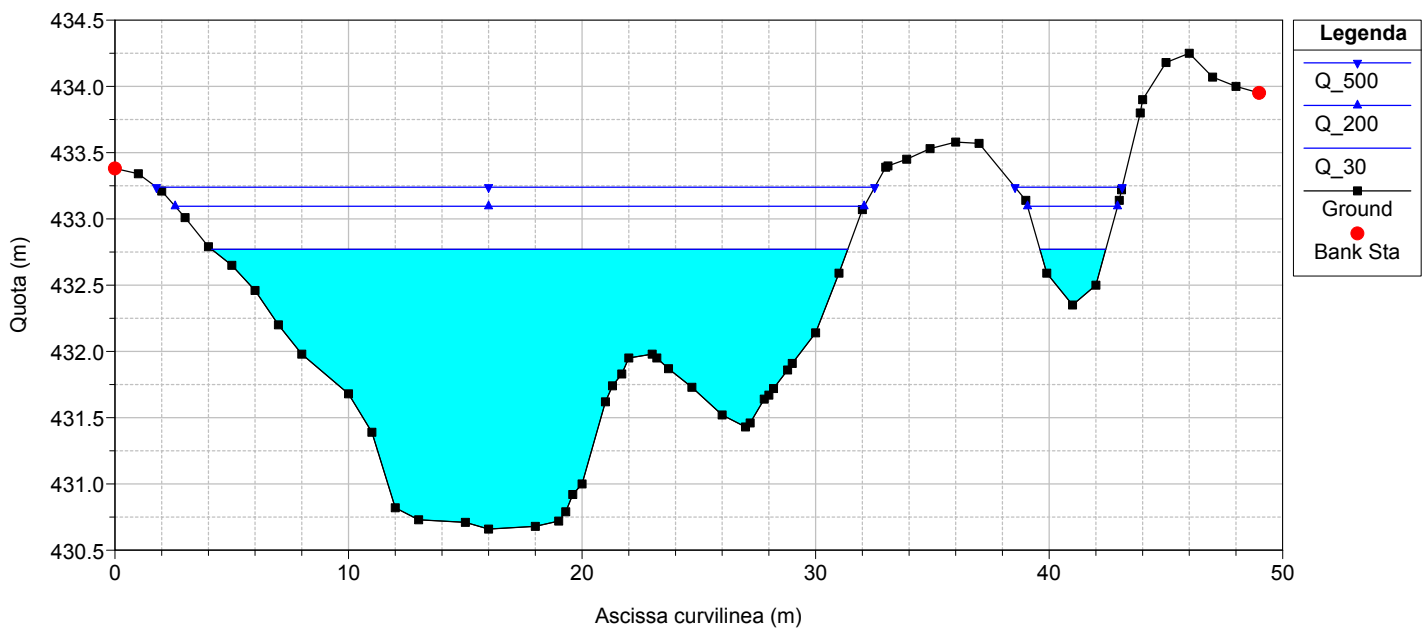
10 Scenario attuale



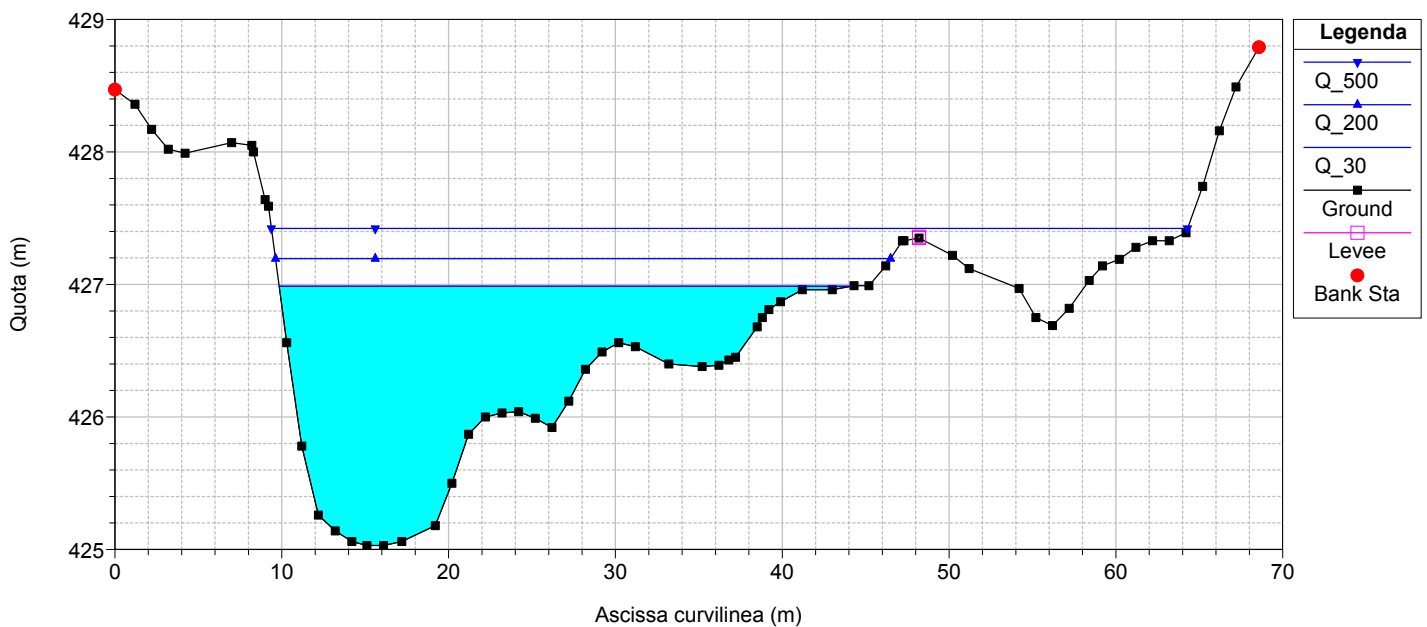
20 Scenario attuale



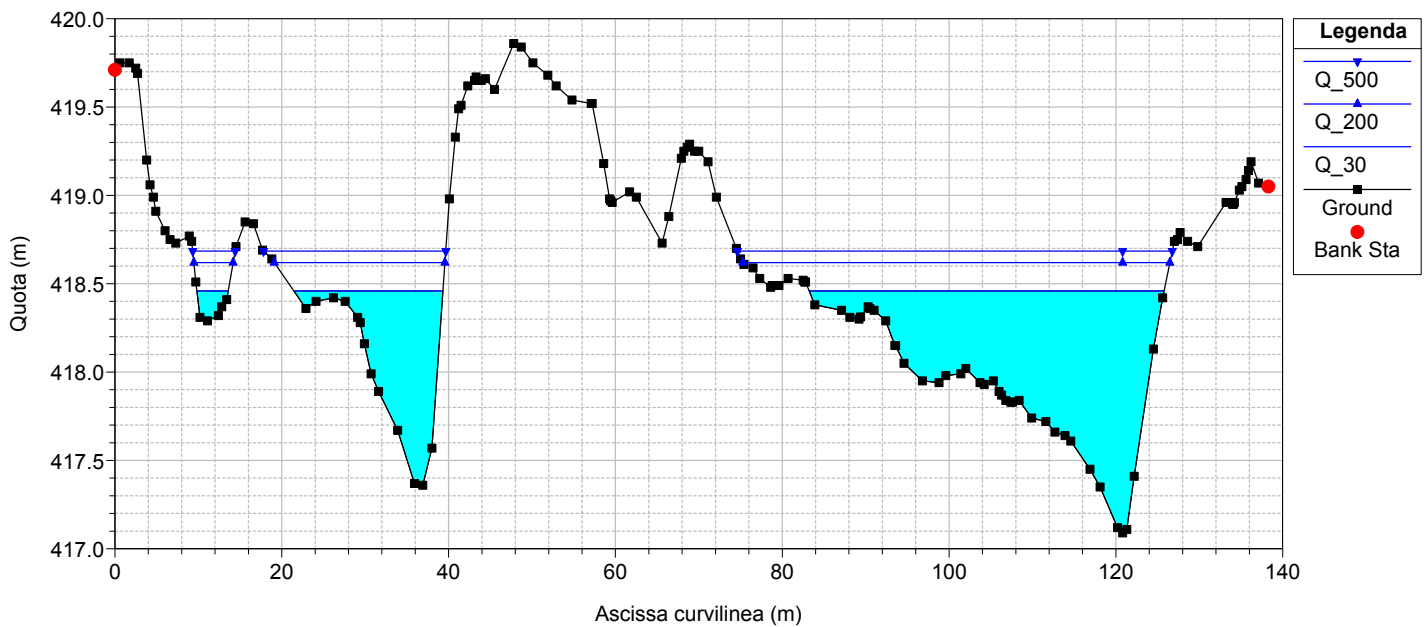
30 Scenario attuale



40 Scenario attuale

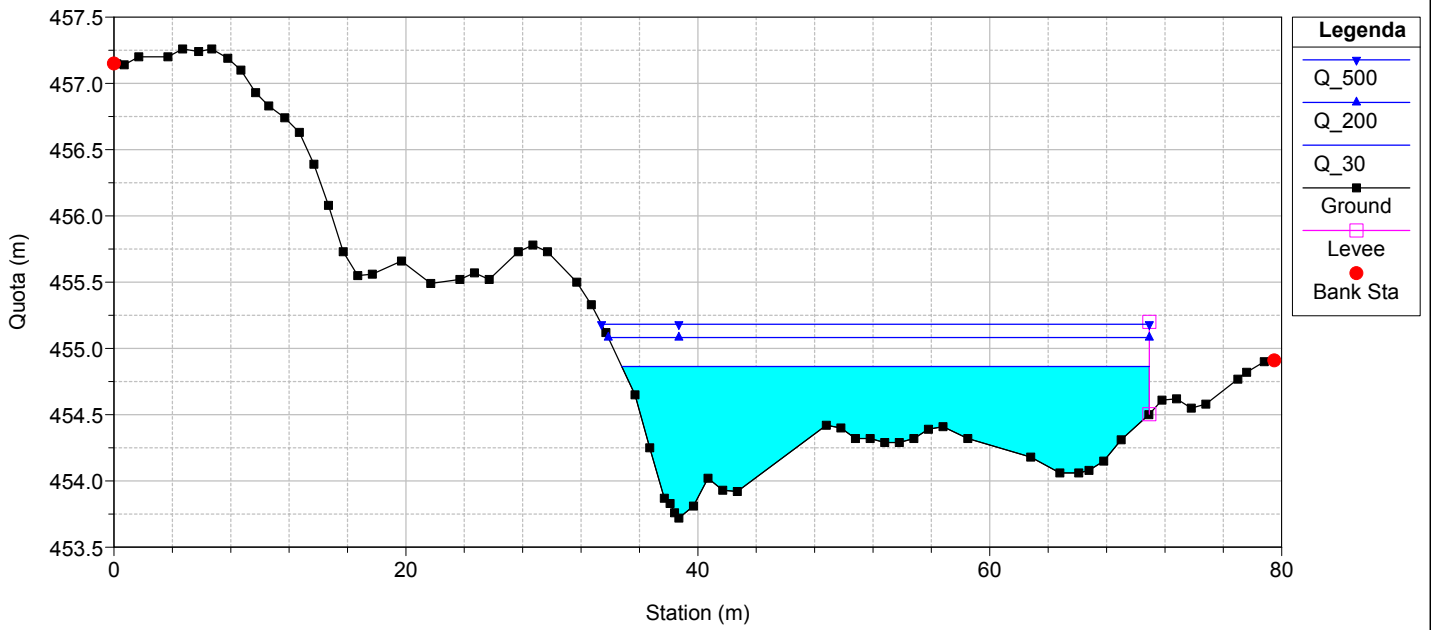


50 Scenario attuale

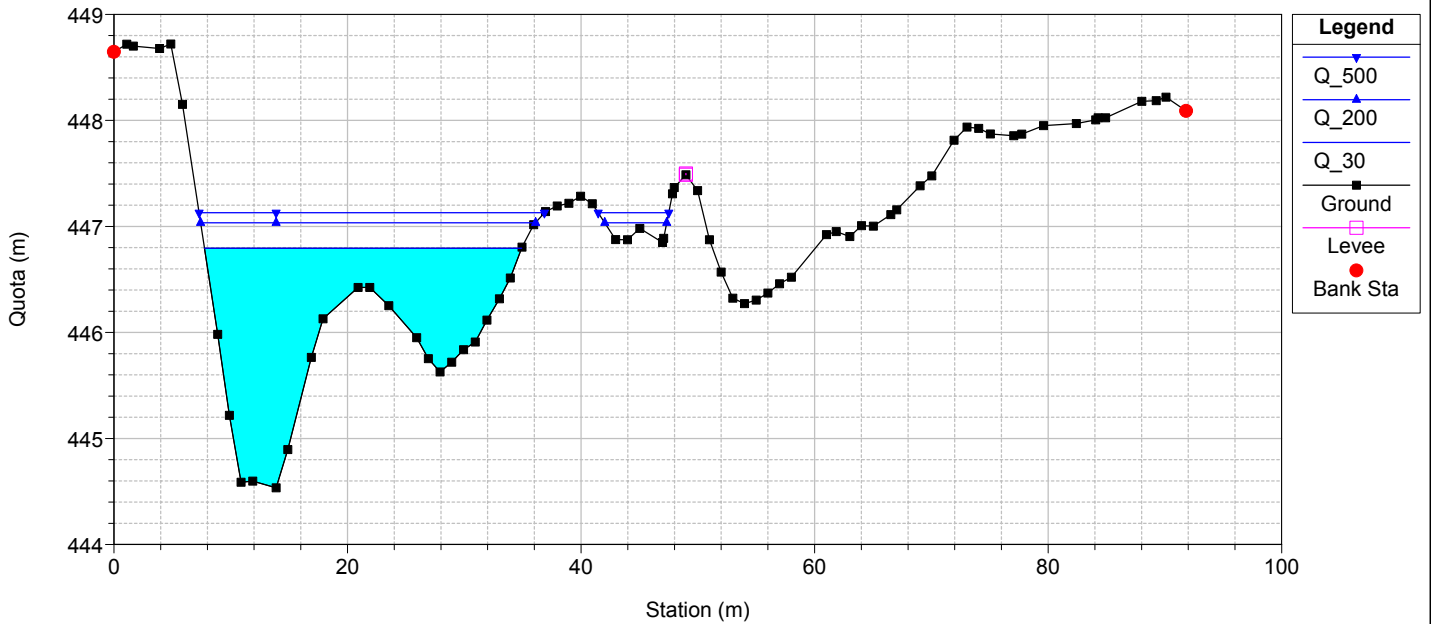


ALLEGATO H: SCENARIO DI PROGETTO - SEZIONI

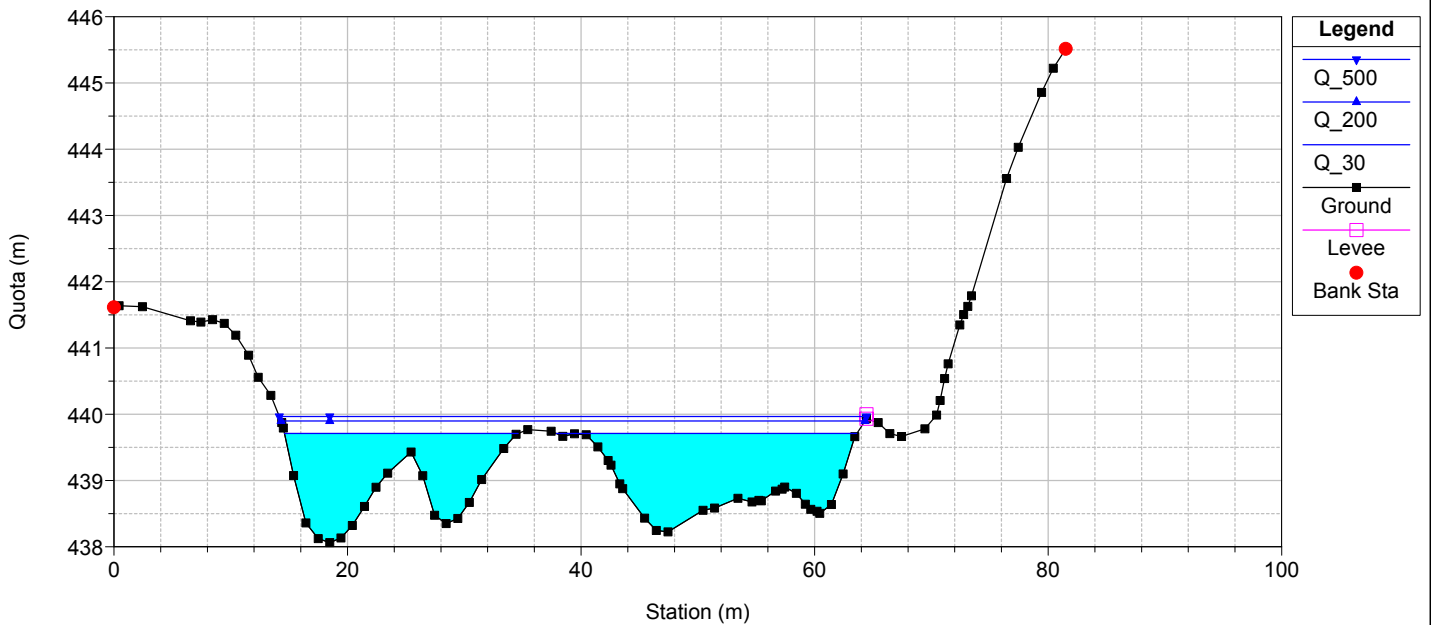
1 Scenario di progetto



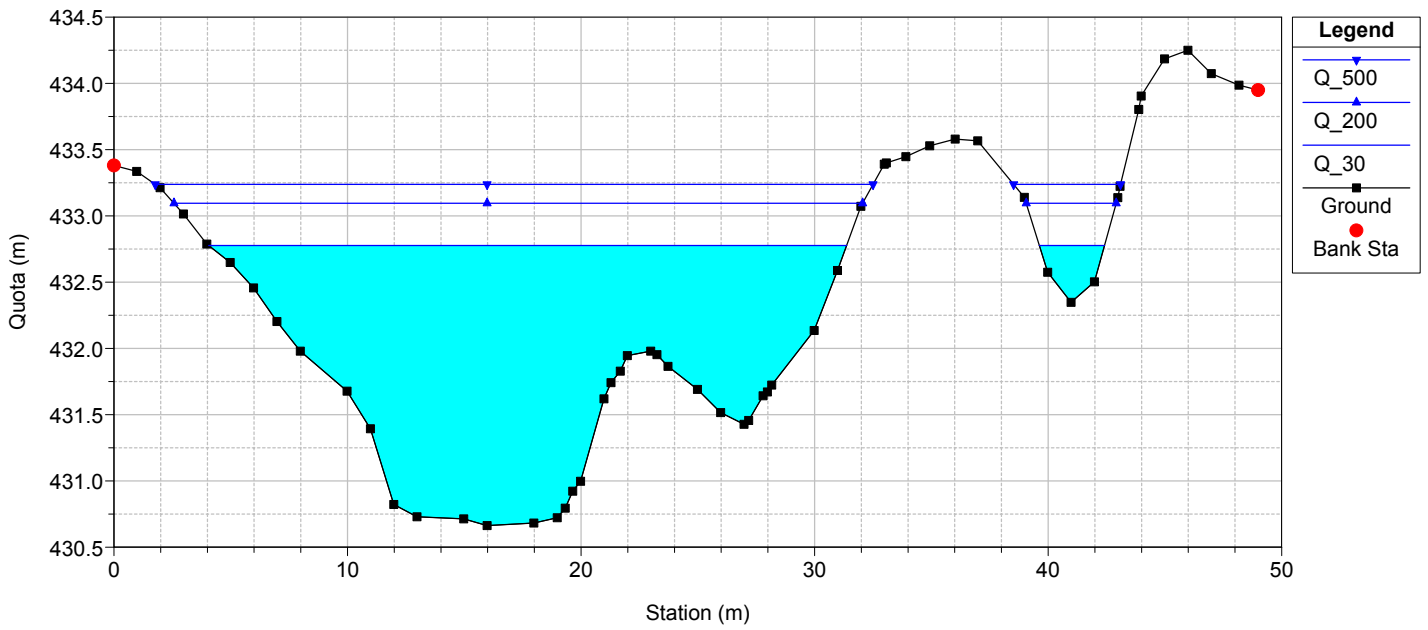
10 Scenario di progetto



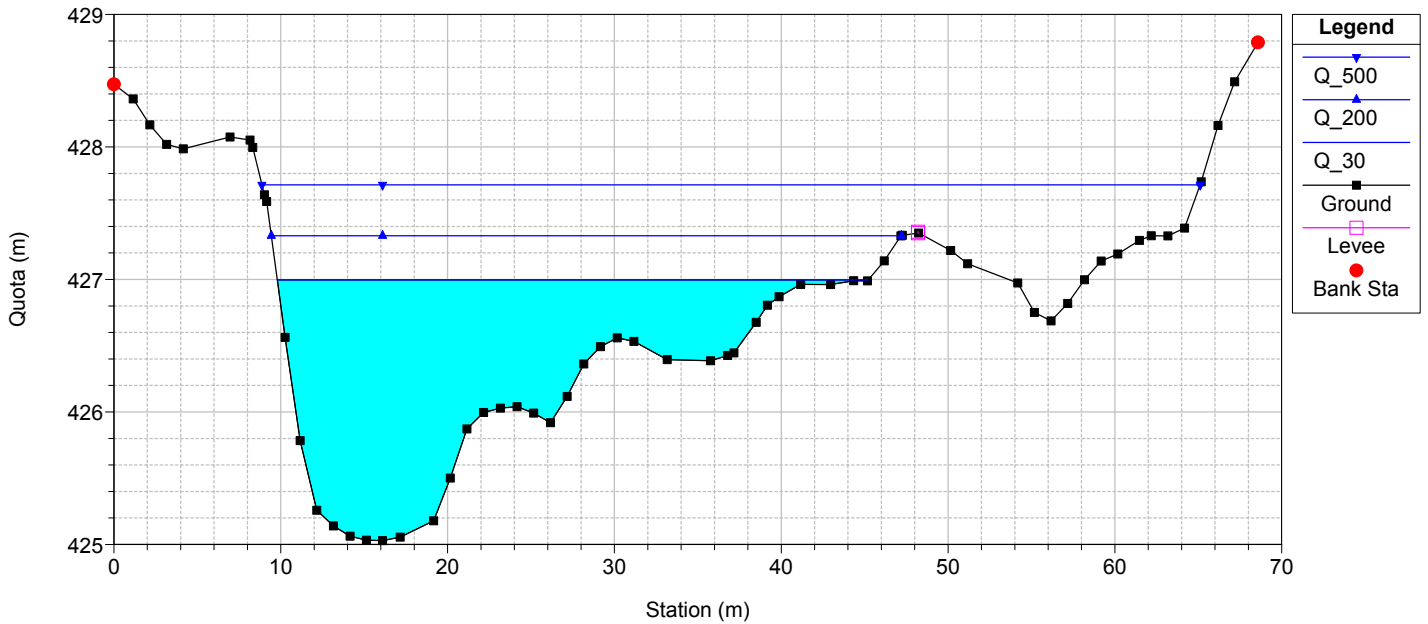
20 Scenario di progetto



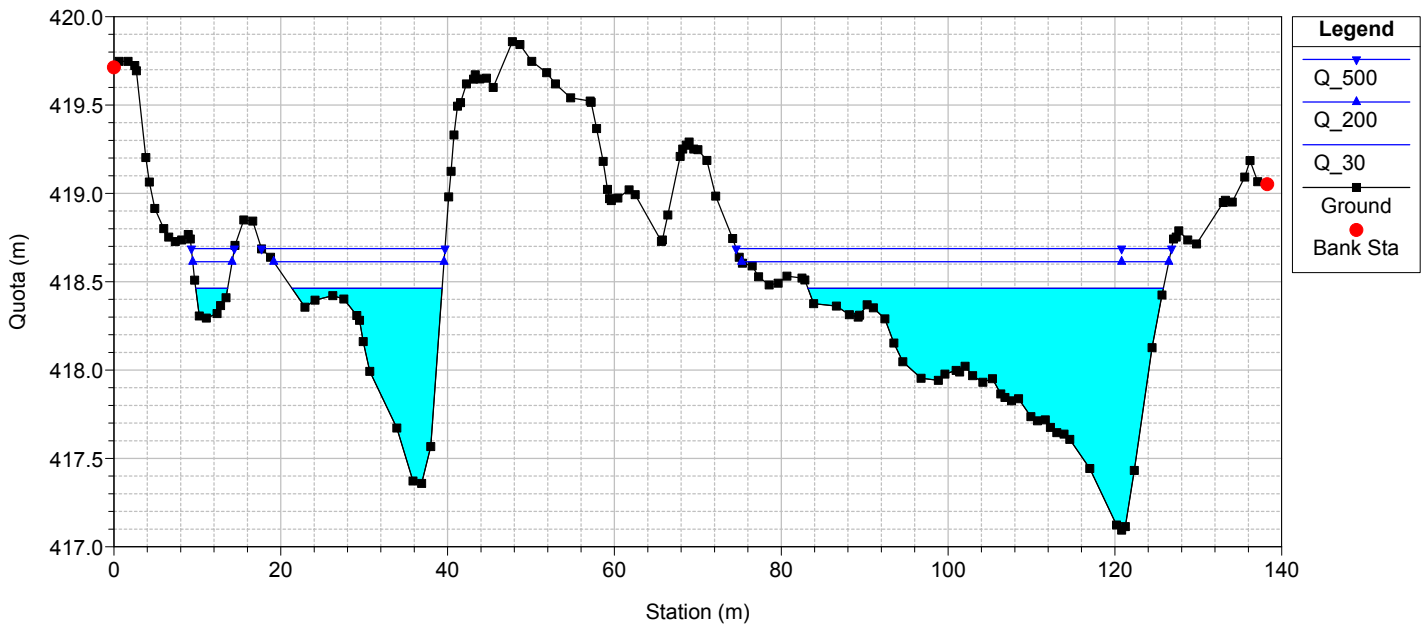
30 Scenario di progetto



40 Scenario di progetto



50 Scenario di progetto





Tel: +39 030 3702371 – Mail: info@frosionext.com - Sito: www.frosionext.com
Via Pier Fortunato Calvi 11 - Brescia (BS), CAP 25123
P.Iva e Codice fiscale: 03228960179