



REGIONE BASILICATA
 PROVINCIA DI MATERA
 COMUNE DI GROTTOLE



AUTORIZZAZIONE UNICA EX D.Lgs 387/2003

INSTALLAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE SOLARE DENOMINATO "GROTTOLE 3" DI POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 20.000,00 kW E POTENZA DI PICCO PARI A 19.996,99 kW

Codice pratica: 202100420



Codice elaborato

Commessa	Livello prog.	Tipologia	Progressivo
SE220	PD	R	005

DATA	SCALA
Novembre 2021	-

Titolo elaborato

A.3-Relazione idrologica e idraulica

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO

Progettazione:

STUDIO ENERGY SRL
 Via delle Comunicazioni snc
 75100 Matera
 C/F. e PIVA 01175590775

Tecnici:



Geol. Donato Perniola



Il Proponente:



REN 184 S.R.L.
 Salita di Santa Caterina, 2/ISC.B - 16123 Genova (GE)
 C.F./P.IVA 02686820990

LEGALE RAPPRESENTANTE

INDICE

1	FINALITA'	2
2	DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO	3
3	AREE OGGETTO DI INDAGINE	7
4	ANALISI IDROLOGICA	9
4.1	RETICOLO DI STUDIO	9
4.2	CARATTERI GEOLOGICI DEI BACINI	9
4.3	CARATTERI MORFOLOGICI DEI BACINI	11
4.4	TEMPI DI CORRIVAZIONE	16
4.5	DETERMINAZIONE C.P.P.	17
4.6	CALCOLO PORTATA DI MASSIMA PIENA	20
4.6.1	METODO VAPI PUGLIA	20
5	APPORTO SOLIDO	22
6	ANALISI IDRAULICA – DELLO STATO DI FATTO	24
6.1	TEORIA DEL MODELLO IDRAULICO	24
6.2	APPLICAZIONE DEL MODELLO IDRAULICO	27
6.2.1	GEOMETRIA DEL MODELLO	27
6.3	RISULTATI	28
7	APPENDICE (SCHEDE DI RILEVAMENTO PONTI-TOMBINI)	34
8	CONCLUSIONI STUDIO EX ANTE	40
9	ANALISI IDRAULICA OPERE DI MITIGAZIONE RISCHIO IDRAULICO	42
9.1	PREDIMENSIONAMENTO DELLE OPERE DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO ..	42
9.2	ANALISI IDRAULICA IN MOTO PERMANENTE	43
9.2.1	TEORIA DEL MODELLO IDRAULICO	43
9.2.2	APPLICAZIONE DEL MODELLO IDRAULICO	48
9.3	RISULTATI	50
	ALLEGATO SEZIONI HEC-RAS	58

1 FINALITA'

Nella presente relazione sono illustrati i risultati di uno studio idrologico-idraulico di un'area sita nel comune di Grottole (MT).

Il presente studio è parte integrante di un progetto che prevede la realizzazione di un parco fotovoltaico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile (solare), avente una potenza installata pari a 19.996,99 kWp, unitamente a tutte le opere di connessione alla Rete di Distribuzione

2 DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO

L'impianto fotovoltaico "GROTTOLE 3" sorgerà nel comune di Grottole (MT), in prossimità della SP65 "Fondo Valle Basentello, e verrà connesso alla Rete di Trasmissione Nazionale tramite realizzazione di una nuova stazione di utenza connessa in antenna a 150 kV su una futura Stazione Elettrica di trasformazione della RTN 380/150 kV da inserire in entra-esce alla linea della RTN a 380 kV "Matera - Aliano". L'estensione complessiva del campo fotovoltaico sarà pari a circa 28 Ha su un'area disponibile di circa 44 Ha e la potenza complessiva dell'impianto sarà pari a 19.996,99 kWp, con una produzione di energia rinnovabile che ridurrà l'impatto ambientale.

L'impianto denominato "Grottole 3" sarà configurato su tracker mono-assiali, a terra e non integrato, connesso alla rete (grid-connected) in modalità trifase in alta tensione (AT).

Si tratta di impianti ad inseguimento solare monoassiale con una fila di moduli con asse di rotazione dell'inseguitore orientato Nord - Sud per seguire l'esposizione solare Est - Ovest.

L'impianto fotovoltaico sorgerà in un'area che si estende su una superficie agricola posta nella porzione nord del territorio comunale di Grottole (MT).

Il sito su cui sorgerà l'impianto è individuato alle coordinate geografiche: 40°39'43.3"N 16°24'03.2"E ed ha un'altitudine media di circa 120 m s.l.m.

L'area di intervento dell'impianto fotovoltaico è contraddistinta al Catasto Terreni del comune di Grottole (MT) come sintetizzato in tabella 2, per complessivi 44 Ha circa, di cui l'impianto occuperà circa 28 Ha e per una massima potenza installabile di 19.996,99 kWp. L'impianto si compone di n. 2 aree distinte identificate come "Area 1", "Area 2".

La Stazione Utente di trasformazione AT/MT riservata alla società REN 184, il sistema di sbarre condivise con altri produttori e la futura SE di trasformazione della RTN 380/150 kV saranno realizzati su terreno contraddistinto alla particella 69 Foglio 15 (tabella 2) per la quale si avvierà la procedura di esproprio qualora non si avrà la disponibilità giuridica del terreno che è in corso di definizione

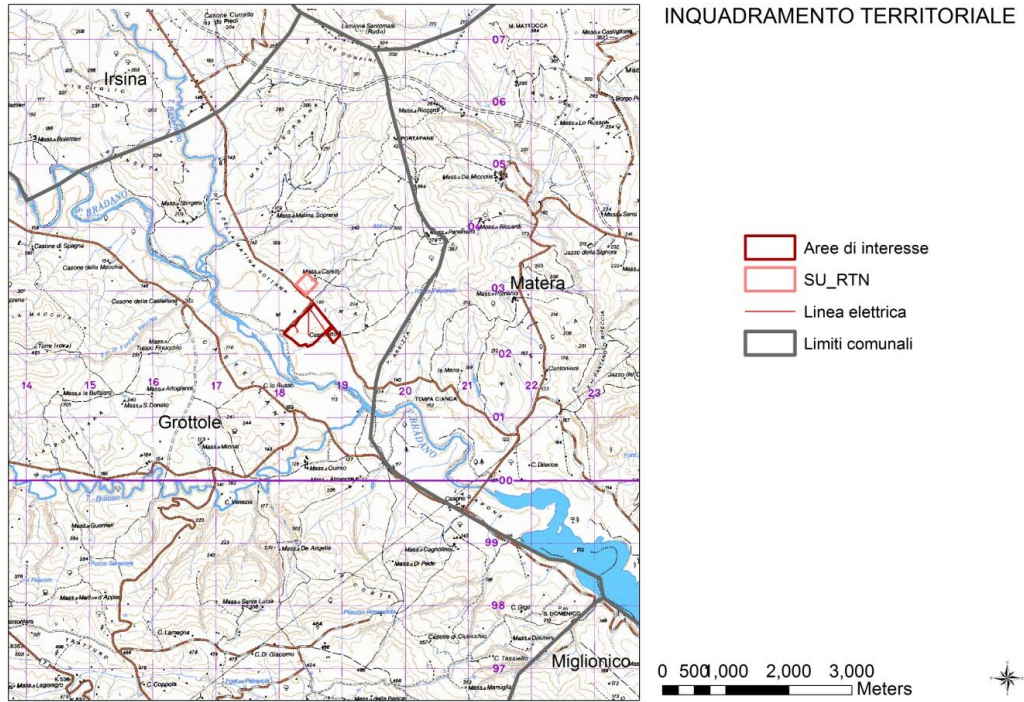


Figura 1 inquadramento territoriale su IGM 50K

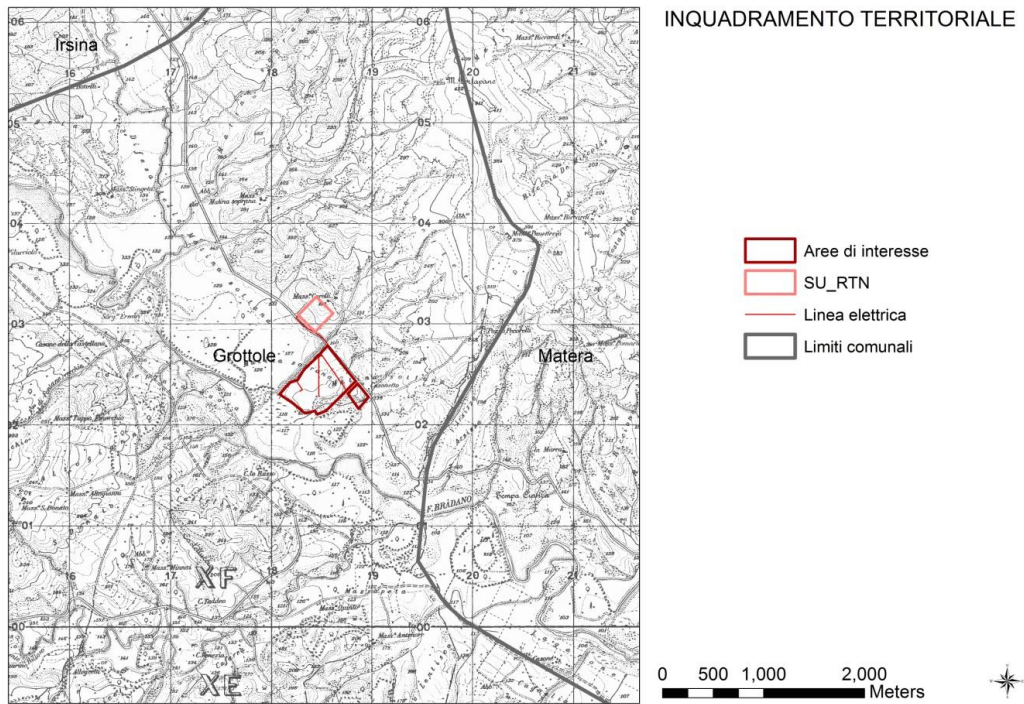


Figura 2 inquadramento territoriale linea elettrica su IGM 25K

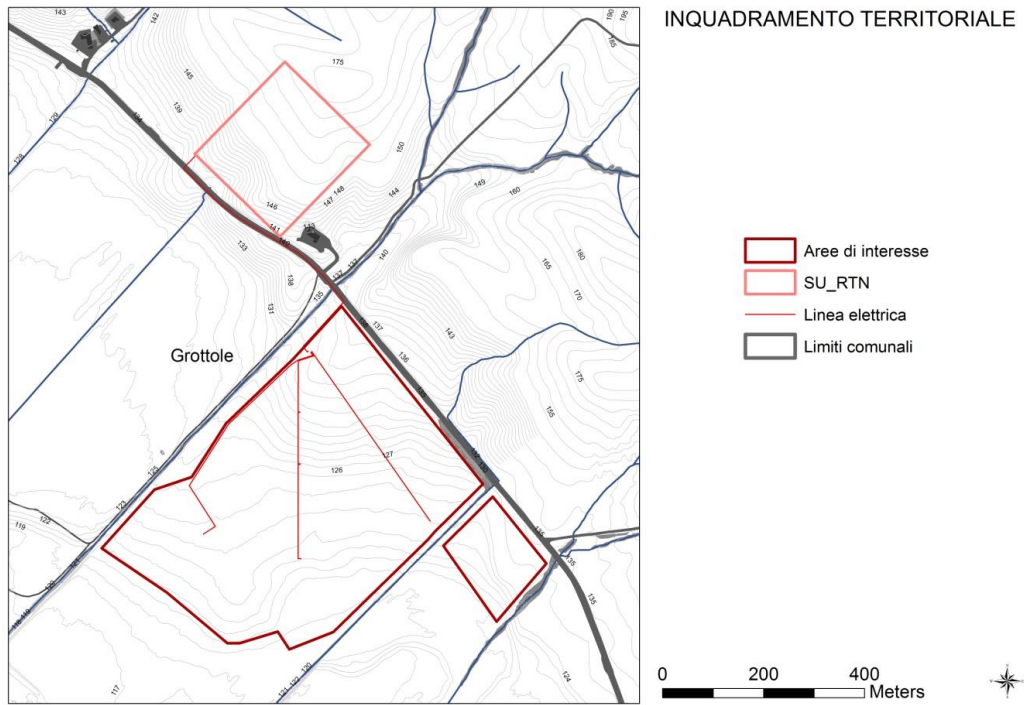


Figura 3 inquadramento territoriale area di interesse su CTR

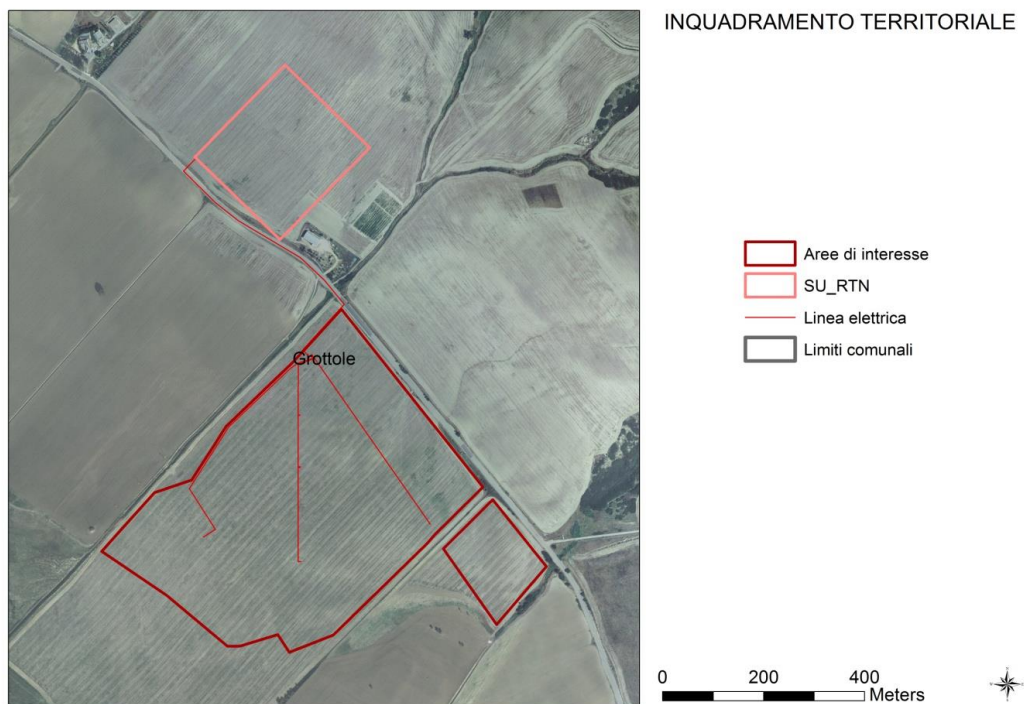


Figura 4 inquadramento territoriale su ortofoto

La compatibilità idrologico-idraulica del sito in oggetto fa riferimento alle normative attuali in materia di sicurezza idraulica del territorio.

Le valutazioni idrauliche sono state condotte con portate al colmo di piena ai tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni, così come previsto dalla normativa vigente (DPCM 29 settembre 1998 e D.L.gs 49/2010) applicando la tipologia di modelli di simulazione idraulica bidimensionale.

I modelli idrodinamici bidimensionali, in moto vario per il reticolo di studio sono i più adeguati alla propagazione dell'onda di piena per aree collinari soprattutto se si dispone di modelli digitali del terreno adeguati come nel caso in oggetto.

I reticoli di studio sono stati elaborati con modello 2D ed i risultati sono raffigurati di seguito.

Le fasi relative allo studio possono essere così sintetizzate:

- definizione del reticolo idrografico relativo all'area di studio basandosi su carta tecnica (scala 1:5000), rilievi in sito ed ortofoto;
- delimitazione del bacino sotteso dalla sezione di chiusura individuata della linea d'impluvio in oggetto;
- elaborazione delle caratteristiche fisiografiche e dei principali parametri morfometrici del bacino idrografico (superficie, lunghezza dell'asta principale, pendenza media, etc.);
- elaborazione dell'altezza di pioggia critica h_c e massima h_{max} . con la metodologia utilizzata nel progetto Va.Pi. per tempi di ritorno T_r pari a 30,200 e 500 anni;
- elaborazione del tempo di corrivazione T_c dall'applicazione mediata delle relazioni di vari autori e note in letteratura tecnica
- elaborazione della portata di massima piena Q_{max} . per T_r pari a 30,200 e 500 anni;
- modellazione idraulica 2d.

3 AREE OGGETTO DI INDAGINE

Nella presente relazione idrologica è approfondito il carattere idrologico che concerne la parte del territorio comunale del comune di Grottole(MT).

Le aste fluviali oggetto del presente studio che interferiscono sono raffigurate nella seguente figura:

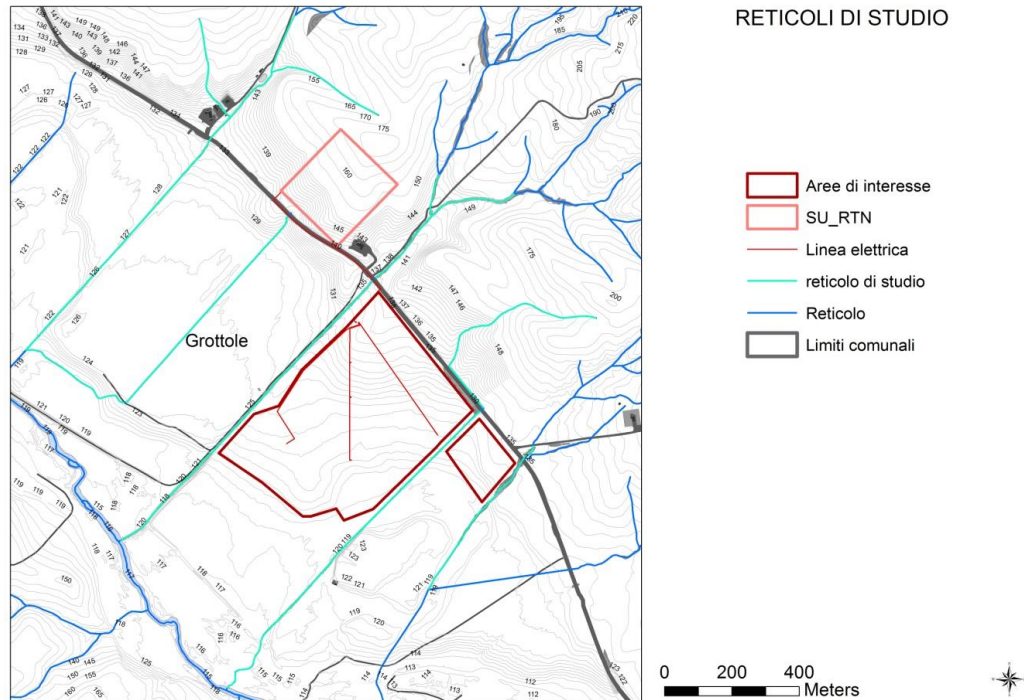


Figura 5 Reticolo di studio

In merito alla pericolosità idraulica PAI prima dello studio si ha:

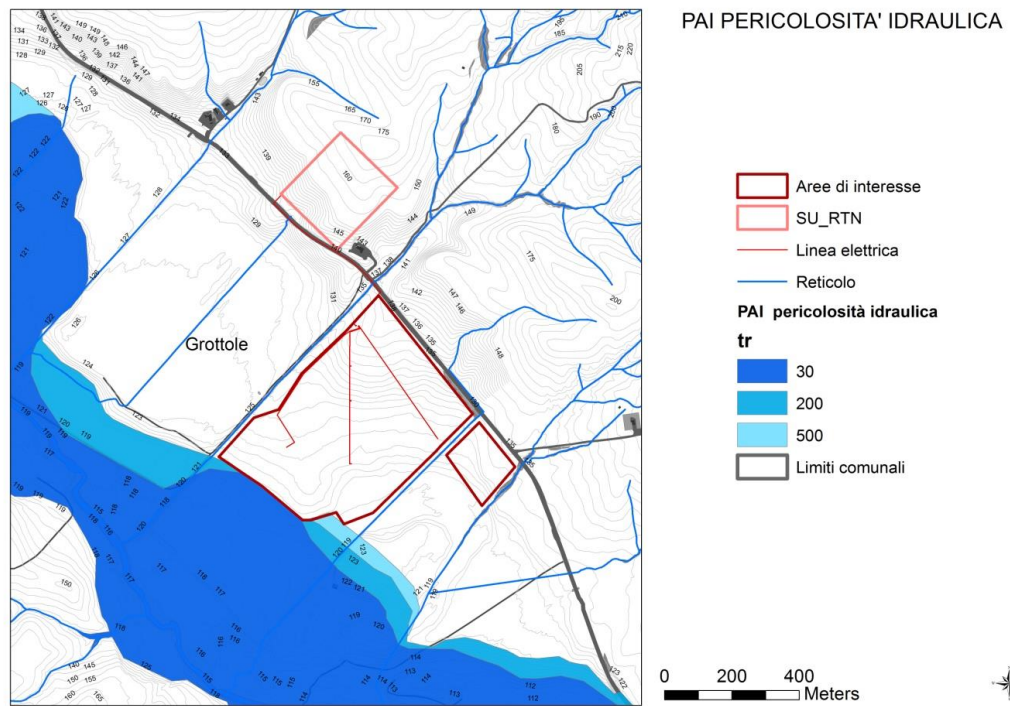


Figura 6 PAI Pericolosità idraulica

4 ANALISI IDROLOGICA

4.1 RETICOLO DI STUDIO

Il reticolo oggetto di studio è il seguente

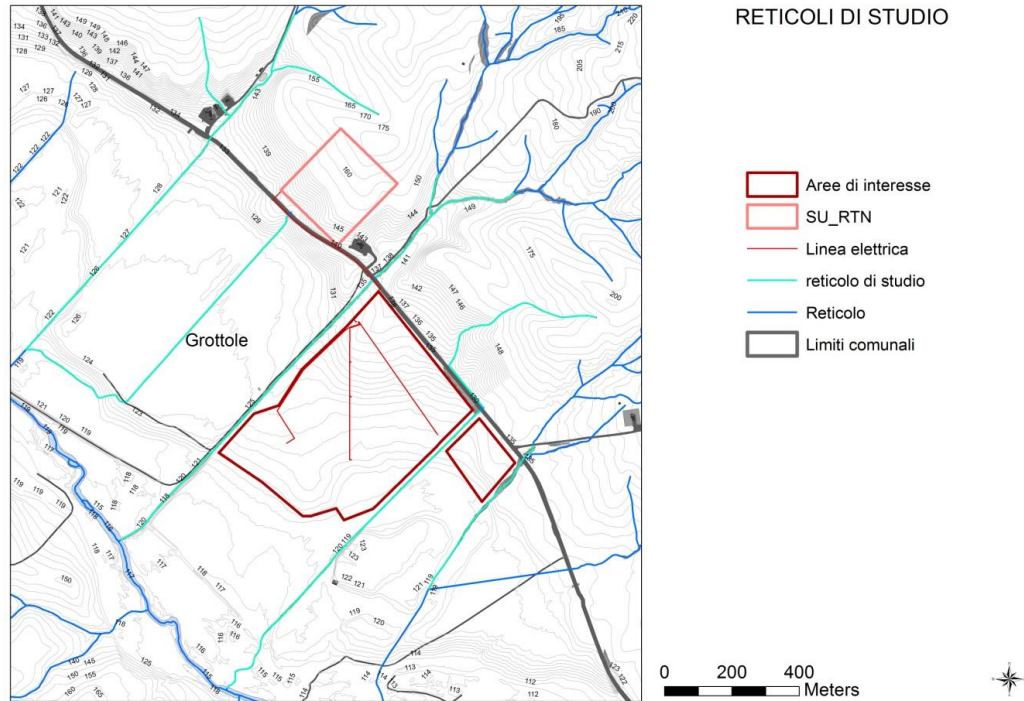


Figura 7 reticolo di studio

4.2 CARATTERI GEOLOGICI DEI BACINI

L'area oggetto di studio è ubicata nel comune di Grottole(MT) in territorio collinare.

Dal punto di vista geologico i bacini oggetto di studio sono caratterizzati dalle seguenti classi:

DESCRIZIONE
Argille
Detriti, depositi alluvionali e fluviolacustri spiagge attuali

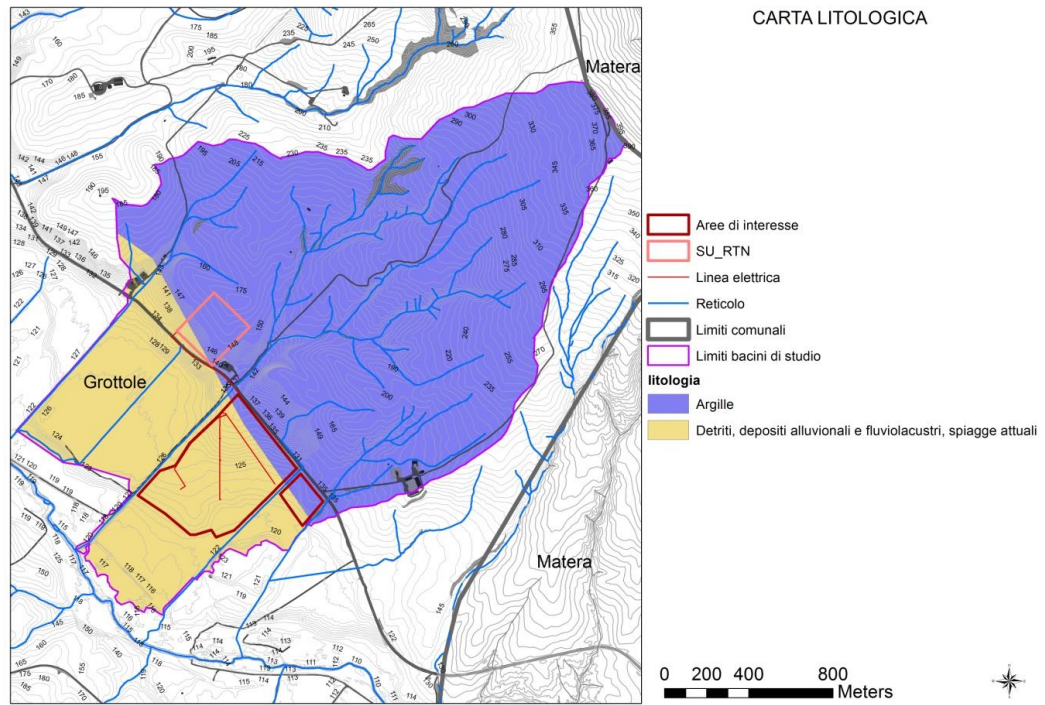


Figura 8 carta litologica

Le classi di permeabilità dei litotipi sono di seguito rappresentate

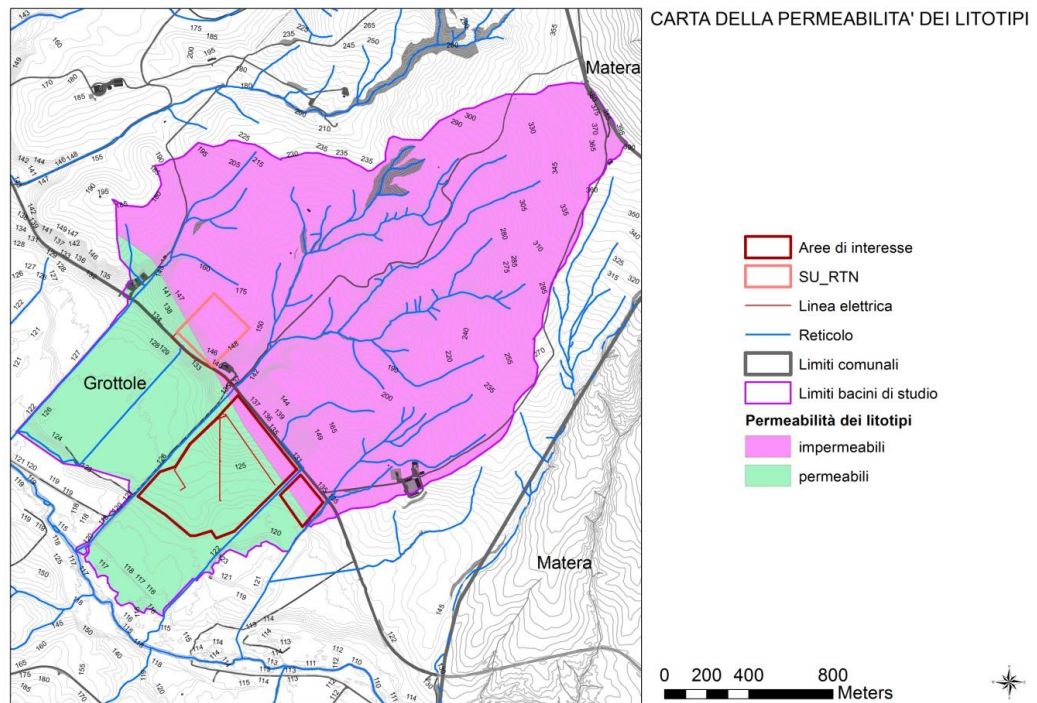


Figura 9 permeabilità dei litotipi

4.3 CARATTERI MORFOLOGICI DEI BACINI

Il reticolo riportato anche su cartografia IGM 25000 va verificato ovvero va ricercato il percorso idraulico di deflusso più aderente alla realtà con i relativi livelli di pericolosità idraulica.

Al fine di giungere a conclusioni con attendibile riscontro a fronte della realtà dei luoghi, va ricostruita nel modo più dettagliato possibile la orografia dei luoghi stessi con l'ausilio di cartografia 1:5000, cartografia 1:2000.

Per ricavare un bacino idrografico aderente alla realtà viene utilizzato il DTM (digital terrain model) regionale con verifiche sul campo.

Il DTM che ricostruisce in 3d georeferenziato la zona oggetto di studio in forma raster, ha una maglia di 5m.

Dal DTM si può ricavare la mappa delle pendenze che risulta fondamentale ai fini dell'elaborazione del deflusso delle acque.

Per tenere conto degli edifici esistenti, inoltre, sono state aumentate le quote delle celle ricadenti all'interno dei contorni degli edifici.

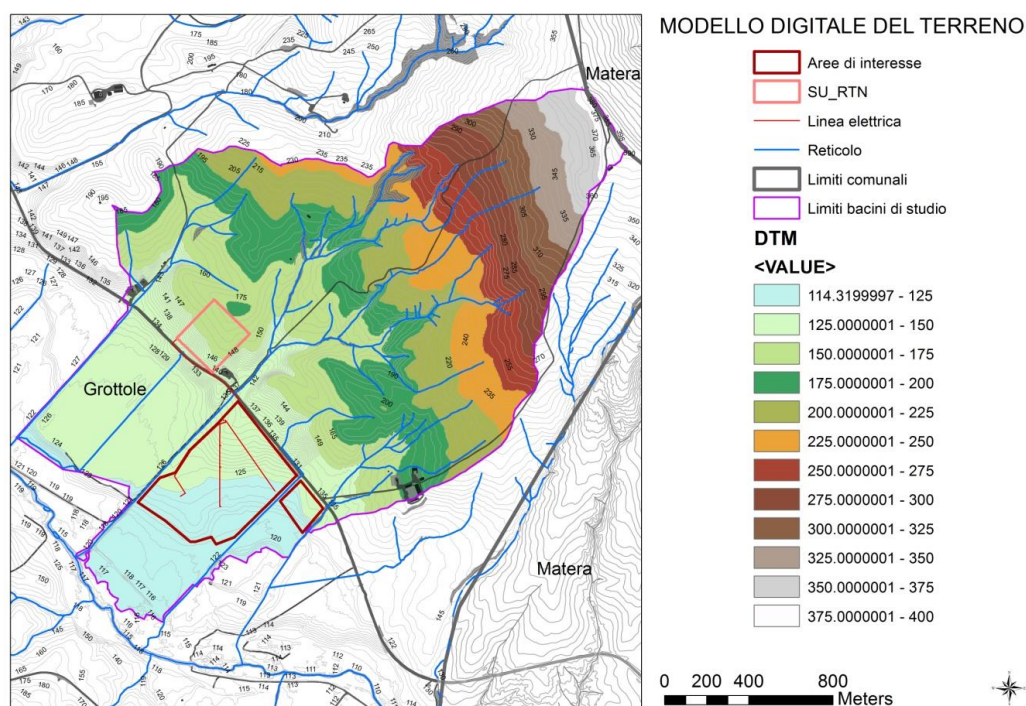


Figura 10 modello digitale del terreno

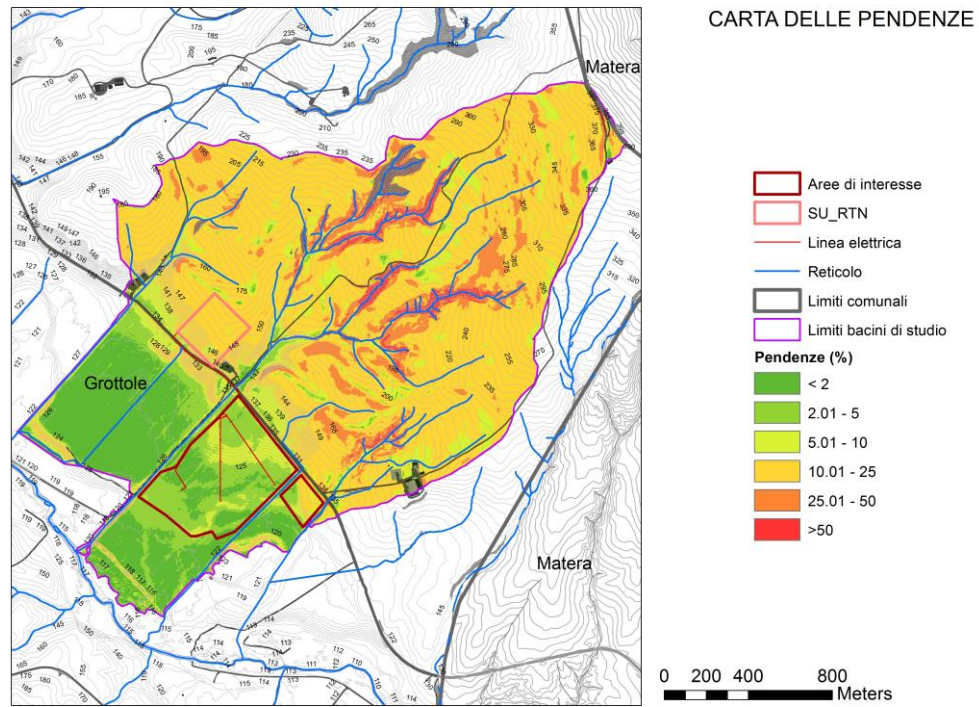


Figura 11 carta delle pendenze

I bacini di studio sono di seguito rappresentati.

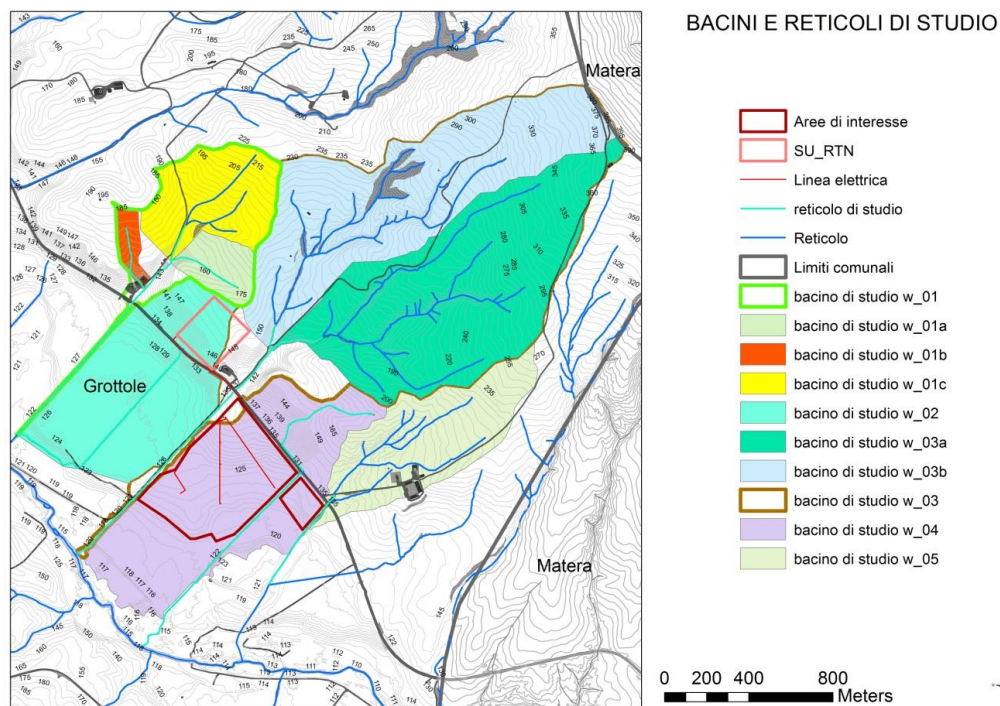


Figura 12 Bacini e reticoli di studio 2 su CTR

Nella seguente tabella sono indicate le caratteristiche fisiografiche del bacino individuato derivante dal modello digitale del terreno.

bacino	S(Kmq)	Hmax(m)	Hmed(m)	Hmin(m)	L(Km)	i(%)	Y(%)	c(-)
w01	0.43	231	174	119	1.8	6.22	16	0.4
w02	0.56	180	131	118	1.35	4.59	5	0.4
w03	1.9	397	236	114	2.4	11.79	20	0.4
w04	0.75	200	130	114	1.5	5.73	6	0.4
w05	0.39	280	194	121	1.4	11.36	16	0.4
w01a	0.088	193	165	143	0.42	11.90	23	0.4
w01b	0.036	192	164	135	0.75	7.60	16	0.4
w01c	0.26	231	185	143	0.45	19.55	16	0.4
w03a	0.9	397	245	141	2.1	12.19	22	0.4
w03b	0.82	397	246	141	2.1	12.19	22	0.4

Nella precedente tabella sono state valorizzate le seguenti grandezze:

- "S" (km²): superficie del bacino;
- "Hmax" (mslm): quota massima;
- "Hmed" (mslm): quota media;
- "Hmin" (mslm): quota minima;
- "L" (km): lunghezza dell'asta principale;
- "i" (%): pendenza dell'asta principale;
- "Y" (%): pendenza media di versante;
- "c" (-): coefficiente di deflusso.

Il coefficiente di deflusso del bacino di studio è stato elaborato in funzione della mappa uso del suolo CORINE 2000 secondo la seguente tabella di corrispondenza:

LIVELLO_3	DESCRIZIONE	COEF. DEFLUSSO
111	tessuto residenziale continuo	0.90
112	tessuto residenziale sparso	0.80
121	insediamenti produttivi agricoli	0.80
122	reti ferroviarie comprese le superfici annesse	0.80
131	aree estrattive	0.60
133	cantieri e spazi in costruzione e scavi	0.40
211	seminativi semplici in aree non irrigue	0.35
221	vigneti	0.50
222	frutteti e frutti minori	0.45
223	uliveti	0.45
241	colture temporanee associate a colture permanenti	0.35
242	sistemi colturali e particellari complessi	0.35
311	boschi di latifoglie	0.25
313	boschi misti di conifere e latifoglie	0.25
314	prati alberati, pascoli alberati	0.30
321	aree a pascolo naturale, praterie, incolti	0.40
322	cespuglieti e arbusteti	0.45
323	aree a vegetazione sclerofilla	0.45
333	aree con vegetazione rada	0.50
512	bacini senza manifeste utilizzazioni produttive	0.80

4.4 TEMPI DI CORRIVAZIONE

Dalle caratteristiche dei sotto bacini descritti nei paragrafi precedenti la cui superficie è inferiore ai 40Kmq, sono stati ricavati il tempo di corrivazione secondo varie formulazioni e si è deciso per le elaborazioni seguenti di usare la media indicata nell'ultima colonna della tabella.

TEMPI DI CORRIVAZIONE				
bacino	Ventura (h)	Pezzoli (h)	Pasini (h)	tc (h)
w01	0.3338606	0.3968829	0.397525	0.37609
w02	0.4434746	0.3464715	0.459094	0.416347
w03	0.5097919	0.3844026	0.521544	0.471913
w04	0.4593363	0.3445485	0.469106	0.42433
w05	0.2353431	0.2284842	0.261931	0.241919
w01a	0.1091905	0.0669502	0.104266	0.093469
w01b	0.0874074	0.1496295	0.117527	0.118188
w01c	0.1464385	0.055968	0.119449	0.107285
w03a	0.3450759	0.3308047	0.382444	0.352775
w03b	0.3293823	0.3308047	0.370759	0.343649

Quindi i parametri a ed n utilizzati per la definizione della legge di pioggia sono indicati nelle tabelle di seguito indicate:

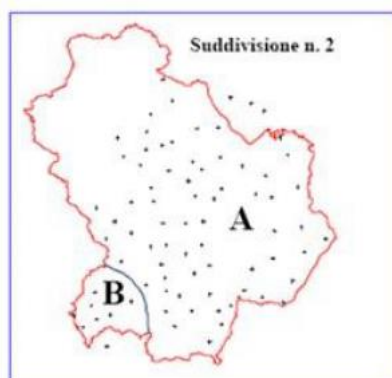
Per il bacini che ricadono in più celle si fa la media pesata.

Per ciascuno dei bacini degli elementi minori del reticolo idrografico, i valori dei parametri della legge di pioggia sono stati dedotti in maniera analoga dalla pubblicazione di Claps, P. e Straziuso, E. (1996), sopra citata.

Per la valutazione delle altezze di pioggia relative ai differenti tempi di ritorno, il fattore di crescita K_T è stato elaborato con le relazioni definite dal Metodo VAPI relativo alla pluviometria riportate nel "Rapporto di sintesi per la regione Basilicata (bacini del versante ionico" di P. Claps e M. Fiorentino, 1998).

L'area in studio ricade nella sottozona A, pertanto il fattore di crescita è espresso da:

$$(SZO A) K_T = -0.7628 + 0.6852 \ln T$$



Pluviometria suddivisione al II livello di regionalizzazione

Sulla base della relazione per la sottozona A in cui ricadono le aree studiate è stato calcolato il fattore di crescita k_T , ai diversi Tempi di Ritorno:

Tr	30	200	500
k_T	1.56	2.86	3.49

Per la determinazione delle curve di possibilità pluviometrica (C.P.P.) che massimizzano la piena di progetto si utilizza il sistema VaPi proposto dal CNR-GDCN, con il calcolo di curve di possibilità pluviometrica con determinato tempo

di ritorno e con tempo di corrivazione uguale al tempo di pioggia sul bacino di riferimento.

CURVE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA ED ALTEZZE DI PRECIPITAZIONE cella 136								
bacino	K30	K200	K500	a	n	h30(mm)	h200(mm)	h500(mm)
w01	1.56	2.86	3.49	25.4098	0.275	30.29221	55.53572	67.76911
w02	1.56	2.86	3.49	25.4098	0.275	31.15129	57.1107	69.691029
w03	1.56	2.86	3.49	25.4098	0.275	32.24318	59.11249	72.133778
w04	1.56	2.86	3.49	25.4098	0.275	31.31443	57.40978	70.05599
w05	1.56	2.86	3.49	25.4098	0.275	26.8309	49.18999	60.025546
w01a	1.56	2.86	3.49	25.4098	0.275	20.65661	37.87045	46.212546
w01b	1.56	2.86	3.49	25.4098	0.275	22.0335	40.39475	49.292899
w01c	1.56	2.86	3.49	25.4098	0.275	21.4548	39.3338	47.998234
w03a	1.56	2.86	3.49	25.4098	0.275	29.76375	54.56687	66.58685
w03b	1.56	2.86	3.49	25.4098	0.275	29.54999	54.17498	66.108629

Il procedimento finora descritto è idoneo per gli eventi lunghi ($t > 60$ min), ma non per gli eventi brevi ($t < 60$ min). Pertanto le curve di possibilità pluviometrica ottenute elaborando dati di piogge con durata maggiore di un'ora non danno valori affidabili per piogge di durata inferiore ai 60 min. In particolare si è verificato che i valori ottenuti risultano sovrastimati rispetto a quelli che effettivamente si possono verificare.

Bell ha elaborato una formula valida per piogge di durata inferiore ai 60 min:

$$\frac{h_{d,T}}{h_{60,T}} = 0.54d^{0.25} - 0.5$$

dove T è il tempo di ritorno e d rappresenta la durata della pioggia in minuti

La suddetta formula produce, nel caso in esame, variazioni estremamente limitate e quindi ci si pone nelle condizioni più sfavorevoli.

4.6 CALCOLO PORTATA DI MASSIMA PIENA

4.6.1 METODO VAPI PUGLIA

Utilizzando il metodo razionale, infine, è possibile valutare le portate di piena da utilizzare come riferimento per l'analisi idraulica.

Tale metodo calcola la portata al colmo di piena mediante la formula di Turazza

$$Q = \frac{S \cdot c \cdot i}{3.6} = \frac{S \cdot c \cdot a \cdot t^{(n-1)}}{3.6} = \frac{S \cdot c \cdot K_T \cdot a' \cdot t^{(n-1)}}{3.6}$$

Nella seguente tabella sono indicati i valori delle portate al colmo di piena

PORTATE AL COLMO DI PIENA			
bacino	Q30(mc/s)	Q200(mc/s)	Q500(mc/s)
w01	3.8482705	7.05516266	8.6092719
w02	4.6554994	8.53508224	10.415188
w03	14.424046	26.4440843	32.26918
w04	6.1497745	11.2745866	13.758149
w05	4.8060322	8.81105905	10.751957
w01a	2.1608915	3.96163443	4.8343022
w01b	0.7457102	1.36713546	1.6682877
w01c	5.7771676	10.591474	12.924561
w03a	8.4370416	15.4679096	18.875176
w03b	7.8345525	14.3633463	17.5273

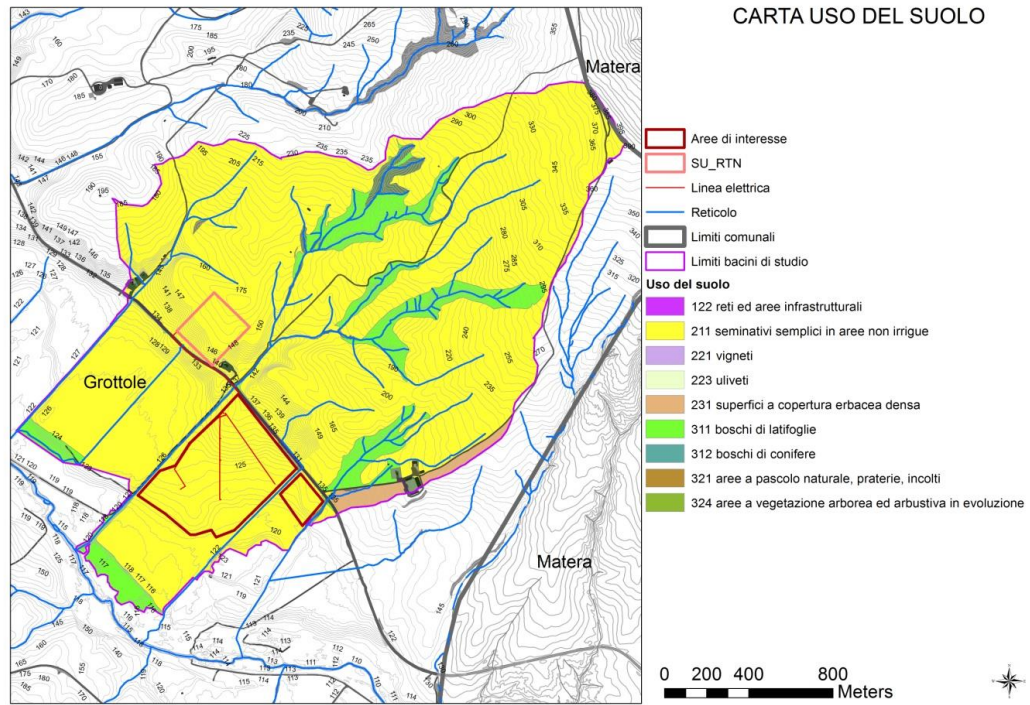


Figura 13 uso suolo

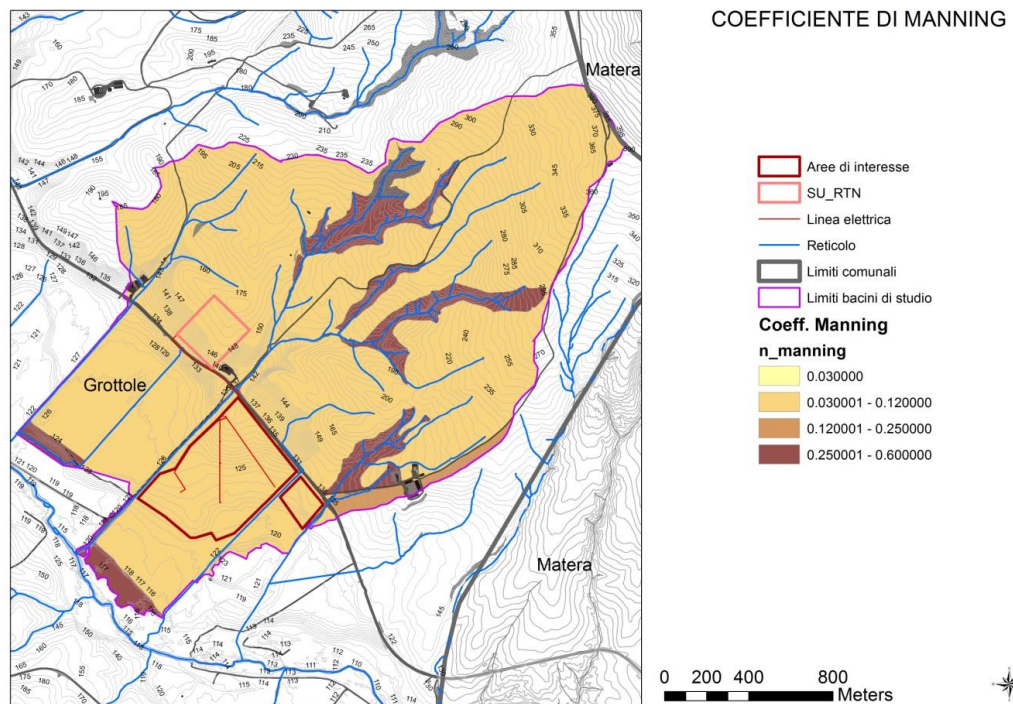


Figura 14 coefficiente di Manning

5 APPORTO SOLIDO

L'assenza di dati storici ha reso indispensabile l'uso di modelli matematici.

- modelli empirici o statistici fatti da una serie di fattori che interpretano diverse forme di erosione e ne danno una stima complessiva
- modelli concettuali rappresentano un bacino con serbatoi interni che a sua volta rappresentano un processo idrologico, permettendo una riproduzione del comportamento dinamico del bacino senza la necessità di informazioni di input dettagliate
- modelli fisicamente basati si fondano su equazioni matematiche che descrivono il processo fisico modellato, in particolare equazioni per il trasporto di sedimento, di nutrienti basate sulla conservazione della massa.

Quello che normalmente si usa è un modello empirico in quanto più semplice nella simulazione basandosi sull'analisi di osservazioni; in particolare l'AnnAGNPS, un modello che simula in maniera distribuita gli eventi di piena, la produzione di sedimenti e il deflusso liquido.

Il modello AnnAGNPS si basa sull'utilizzo di algoritmi empirici e fisicamente basati per la stima del volume di deflusso liquido superficiale, delle portate di picco e della produzione di sedimento. AnnAGNPS nasce per ottenere simulazioni in bacini agricoli non strumentati allo scopo di valutare l'influenza di fonti non puntuali di inquinamento sulla qualità delle acque superficiali e sotterranee.

Il modello Annualized Agricultural Non-Point Pollution Source (AnnAGNPS) è stato sviluppato dall'US Department of Agriculture, Agriculture Research Service, in collaborazione con Minnesota Pollution Control Agency (MPCA) ed il Soil Conservation Service (Young et al., 1989). Il modello calcola il deflusso superficiale e il trasporto di sedimenti e sostanze inquinanti a scala di bacino per singoli eventi. Il bacino idrografico oggetto di studio viene suddiviso in piccole unità omogenee con caratteristiche uniformi (suolo, colture, pendenza, accessibilità, etc.) al fine di stimare i differenti valori di erosione nel bacino e l'impatto di questa sulla qualità delle acque. La versione più recente di questo modello detta AnnAGNPS (annualized) consente di simulare in continuo e di

stimare il contributo giornaliero di inquinanti, il loro trasporto e la loro deposizione.

Alla base delle simulazioni idrodinamiche bidimensionali svolte con l'applicativo AdbToolbox sono state effettuate le seguenti ipotesi semplificative, che sono anche alla base degli studi idraulici realizzati dall'Università di Basilicata per la perimetrazione delle fasce in inondabili contenute nel vigente PAI-Fasce Fluviali:

- comportamento a letto fisso del corso d'acqua (anche per le basse velocità dell'acqua), per cui sono stati trascurati gli effetti del trasporto solido che, durante gli eventi di piena, sono importanti per l'incremento della capacità erosiva della corrente e, conseguentemente, per i danni causati;
- non sono stati ipotizzati eventuali ostruzioni degli attraversamenti fluviali dovuti a materiale flottante;
- non sono state considerate rotture dei rilevati arginali neanche nell'ipotesi di sormonto delle arginature stesse;
- non è stata considerata la rottura di attraversamenti fluviali di opere infrastrutturali idrauliche o di rilevati stradali e/o ferroviari;
- la contemporaneità degli eventi lungo i corsi d'acqua;

Inoltre nelle simulazioni non si è potuto considerare le opere presenti in alveo in assenza di specifici rilievi.

Il grado di precisione e di affidabilità delle mappatura è comunque funzione delle ipotesi semplificative adottate nelle simulazioni idrauliche.

6 ANALISI IDRAULICA – DELLO STATO DI FATTO

Dopo aver elaborato le portate critiche con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni ed aver scelto le portate calcolate con il metodo razionale a maggior vantaggio di sicurezza, è stata controllata la funzionalità idraulica del tratto di reticolo idrografico in oggetto alle portate critiche prima ricavate.

Per la elaborazione delle aree di allagamento, è stato utilizzato un modello bidimensionale di calcolo, HEC-RAS versione 6, in quanto il solo studio monodimensionale non basta ad un'analisi esaustiva del sistema (presenza di edifici, strade, muretti di recinzione, marciapiedi, ecc.).

6.1 TEORIA DEL MODELLO IDRAULICO

Il software HEC-RAS versione 6 permette la simulazione dei deflussi combinando il modello monodimensionale dell'asta fluviale principale con il modello bidimensionale delle zone esterne.

Le caratteristiche principali dell'algoritmo di modellazione della nuova versione 6 sono:

- *Modellazione combinata 1D e 2D* che presuppone la simulazione combinata 1D e 2D all'interno dello stesso modello in regime di moto vario che consente di lavorare su schemi fluviali più complessi, usando come sopra descritto la modellazione 1D per l'alveo, e la modellazione 2D aree inondabili esterne.
- *Equazioni complete di Saint Venant o di diffusione dell'onda in 2D:* l'applicativo risolve sia le equazioni 2D di diffusione dell'onda o quelle complete di Saint Venant. Questa è gestibile dall'utente, consentendo quindi una notevole flessibilità. Le equazioni di diffusione dell'onda in 2D sono gestite dal software al meglio garantendo elevata velocità di calcolo unita ad una notevole stabilità. Le equazioni 2D in forma completa di Saint Venant sono estendibili ad un intervallo abbastanza esteso, ma la maggior parte dei casi che si presentano può essere modellata con adeguata precisione attraverso le equazioni di diffusione dell'onda.
- *Algoritmo di soluzione ai volumi finiti:* Il risolutore delle equazioni di moto bidimensionale si avvale di un algoritmo implicito ai volumi finiti. L'algoritmo di soluzione permette di utilizzare step temporali di calcolo maggiori a fronte dei metodi espliciti. L'approccio ai volumi finiti

quantifica in modo molto solido i miglioramenti in termini di stabilità e robustezza a fronte alle tradizionali tecniche differenziali di soluzione basate su metodi agli elementi finiti.

- *Algoritmo per la soluzione accoppiata dei modelli 1D e 2D:* Gli algoritmi di soluzione 1D e 2D sono strettamente correlati nello stesso passo temporale di calcolo permettendo una perfetta coerenza a ogni step tra i modelli 1D e 2D. Ad esempio, se un fiume è modellato in 1D, ma l'area dietro un argine è modellata in 2D, il deflusso al di sopra dell'argine o eventualmente attraverso una breccia nell'argine è valutato utilizzando come carico di monte il livello nel fiume 1D e come carico di valle il livello nell'area 2D. L'equazione dello stramazzone è utilizzata per calcolare il deflusso al di sopra dell'argine o attraverso la breccia. Nelle elaborazioni si presentano spesso i questi casi in presenza di tombini.
- *Maglie computazionali strutturate e non strutturate:* Il software è stato sviluppato per impiegare mesh computazionali strutturati o non strutturati al fine di ottenere il massimo della flessibilità. In pratica le cellule computazionali possono assumere varie forme come triangoli, quadrati, rettangoli o anche elementi a cinque e sei facce. La maglia può essere una mix di forme e dimensioni delle celle. Il contorno esterno della maglia computazionale ha la forma di un poligono.
- *Tabella dettagliata delle proprietà idrauliche per le celle di calcolo:* All'interno di HEC-RAS le celle e le facce delle celle si basano sui dati del terreno sottostante digital terrain model(DTM). Ogni cella della maglia computazionale è pre-elaborato per sviluppare dei grafici dettagliati sulle proprietà idrauliche basate sul terreno sottostante che vengono utilizzati nella modellazione di HEC. Inoltre, ogni faccia delle celle viene valutata come una sezione trasversale dove vengono elaborate in matrici delle caratteristiche idrauliche. Il flusso idrico si sposta in tutta la faccia (tra le celle) basandosi su questi dati. Questo facilita l'uso delle celle di dimensioni maggiori conservando il dettaglio del terreno sottostante che presiede il movimento del flusso. In questa modalità si svolgono meno di calcoli e quindi tempi di esecuzione molto più rapidi.
- *Dettagliata mappatura dello scenario degli allagamenti con animazioni:* La perimetrazione delle aree inondabili così come le animazioni dello

scenario degli allagamenti in funzione del tempo può essere fatta all'interno di HEC-RAS utilizzando le funzionalità di RAS-Mapper. La mappatura delle aree inondate si basa sul modello digitale del terreno e di conseguenza la reale superficie bagnata deriverà dalla morfologia del terreno sottostante e non sulla dimensione della cella di calcolo. Le celle quindi possono anche essere parzialmente bagnate/asciutte.

- delimitazione delle aree di esondazione per diversi tempi di ritorno dettati dall'inserimento di uno o più idrogrammi di piena:
 - possibilità di propagare onde di piena aventi scarsa probabilità di alluvioni;
 - possibilità di propagare onde di piena aventi media probabilità di alluvioni;
 - possibilità di propagare onde di piena possedenti elevata probabilità di alluvioni;
- identificazione dell'altezza del tirante idraulico massimo nelle aree esondate (con colorazione in scala dei valori di profondità);
- stima della velocità massima di propagazione della piena nelle aree esondate (con colorazione in scala dei valori di velocità);
- *Algoritmo di calcolo basato su sistemi Multi-Processore:* Il modello di calcolo 2D è stato programmato per sfruttare i sistemi multi-thread presenti sui computer moderni (architettura parallela). In questo l'algoritmo di soluzione presenta una maggiore velocità e quindi i computer dotati di più processori saranno in grado di eseguire la modellazione 2D più velocemente rispetto ai computer a singolo processore.
- *Motori di calcolo a 64 e 32 bit:* HEC-RAS è ora dotato di motori di calcolo sia a 64 bit che a 32 bit. Il software utilizzerà automaticamente i motori di calcolo a 64 bit se si installa su un sistema operativo a 64 bit con miglioramenti in termini di prestazioni.

6.2 APPLICAZIONE DEL MODELLO IDRAULICO

6.2.1 GEOMETRIA DEL MODELLO

Ai fini dell'applicazione del modello idraulico, è stato elaborato il modello digitale del terreno della zona di studio presa in considerazione regionale derivato dalla CTR con verifiche sul campo.

In questo modo è stato possibile definire un modello digitale del terreno in formato grid le cui celle hanno dimensioni di 5 m x 5 m.

Definito il modello digitale del terreno si è ricostruita la conformazione dei luoghi attraverso l'impiego di alcune funzioni del modello di calcolo.

In particolare si è fatto ricorso alle seguenti funzioni:

- In condition: per assegnare l'idrogramma di piena relativo al bacino;
- Out Condition: per consentire il deflusso al di fuori del dominio computazionale, evitando erronei punti di accumulo.
- Area and Width Reduction Factors: per simulare la presenza di edifici o ostacoli al deflusso.

Relativamente ai valori di scabrezza, questi sono stati elaborati dalle mappe di uso del suolo.

Relativamente alla portata immessa per la simulazione sono stati adottati gli idrogrammi di piena venuti fuori dall'analisi idrologica sopra indicata.

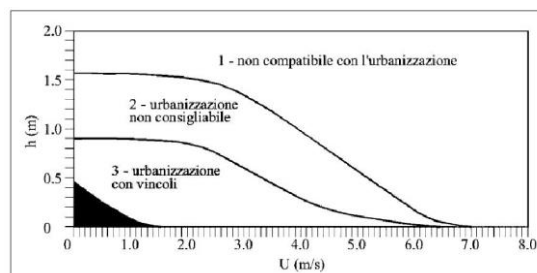
6.3 RISULTATI

Dopo la preparazione dei dati richiesti dei modelli si è passati alle simulazioni con l'utilizzo del software bidimensionale.

Le simulazioni sono state svolte con l'introduzione dei dati relativi agli eventi di pioggia con tempi di ritorno di 30 anni, 200 anni e 500anni.

Nelle successive figure sono raffigurati i reports della elaborazione che raffigurano le figure con le aree interessate dal passaggio della piena.

Per la determinazione delle aree marginali l'Adb Tevere fa riferimento al seguente diagramma velocità-tirante dove sono indicate diverse combinazioni di pericolosità con un ulteriore margine di sicurezza:



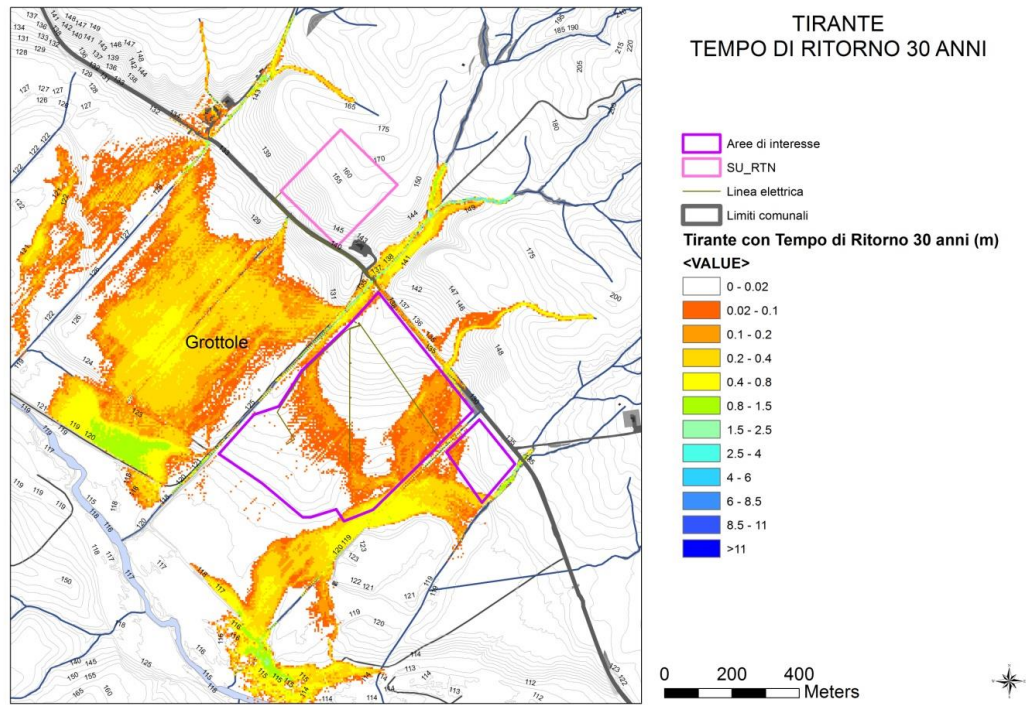


Figura 15 Planimetria tirante $T_r=30$ anni

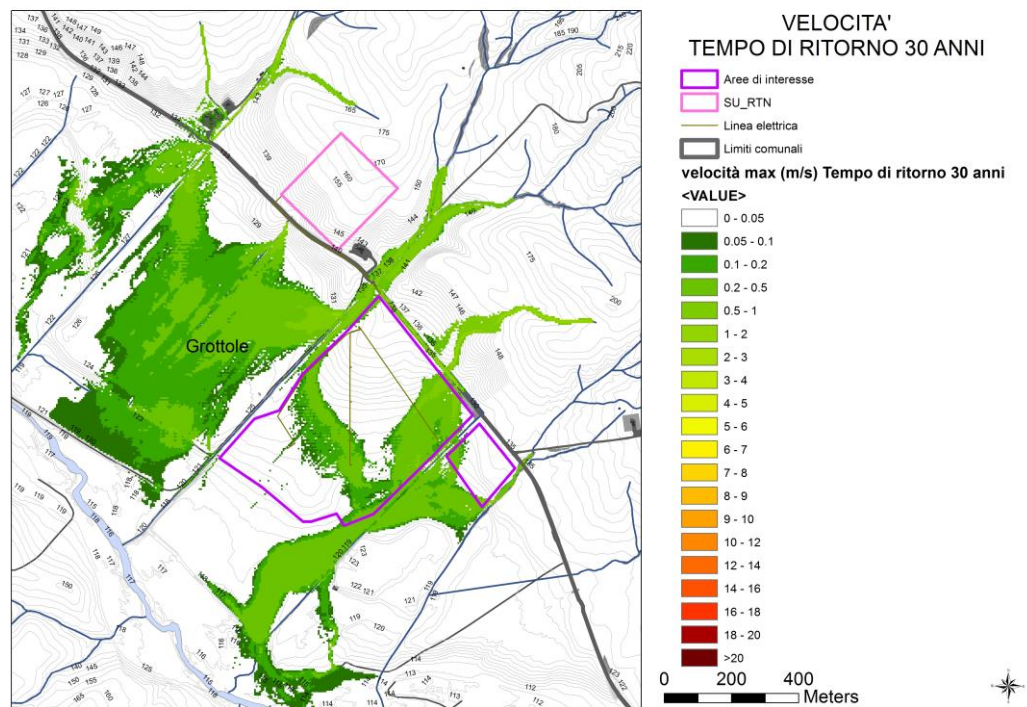


Figura 16: Planimetria velocità $T_r=30$ anni

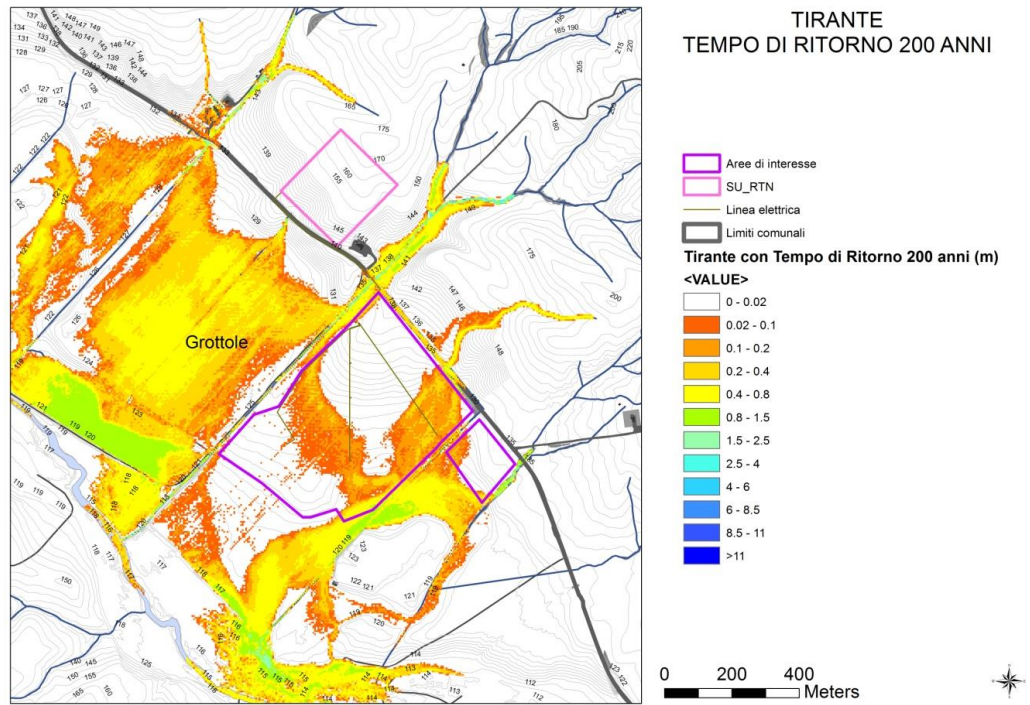


Figura 17 Planimetria tirante $t_r=200$ anni

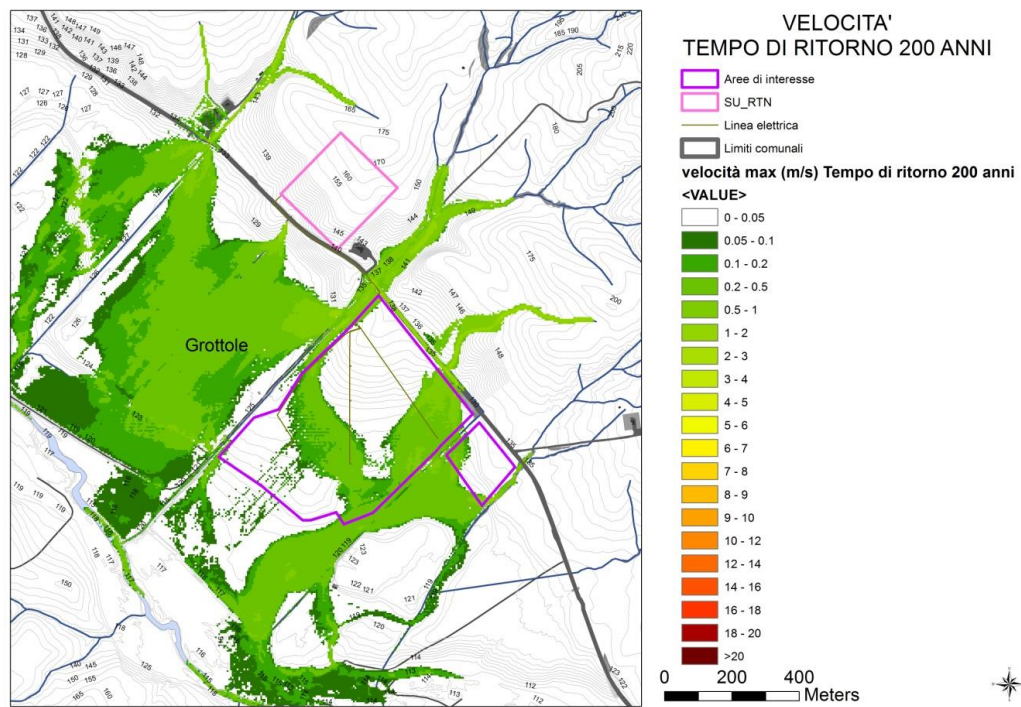


Figura 18 Planimetria velocità $T_r=200$ anni

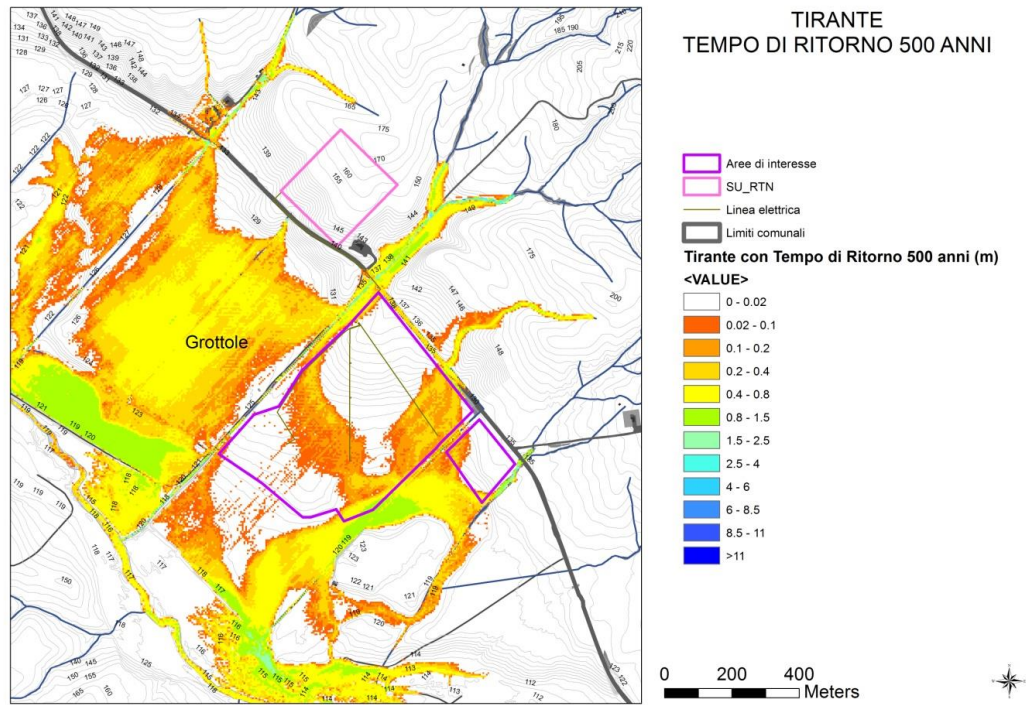


Figura 19 Planimetria tiranti $Tr=500$ anni

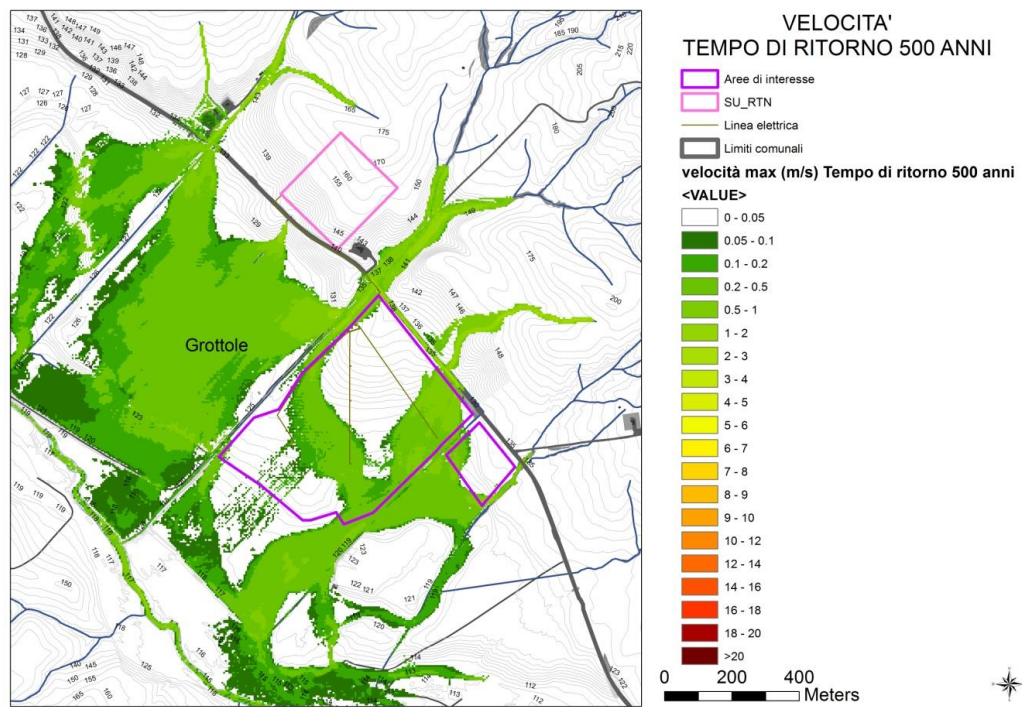


Figura 20 Planimetria velocità $Tr=500$ anni

Le elaborazioni eseguite mostrano l'esonazione verso più direzioni.

Dalle elaborazioni relative ai tre tempi di ritorno analizzati è stata costruita la carta delle pericolosità idraulica che è riportata figura di seguito indicata.

In questa fase appare ragionevole precisare che l'allagamento di una superficie non implica necessariamente la pericolosità, in quanto i fattori che influiscono sul livello di pericolosità sono la velocità di scorrimento idrico e il tirante.

L'Autorità di Bacino del Tevere ha proposto un diagramma che mette in relazione i due parametri che determinano il livello di pericolosità dell'inondazione e cioè tirante e velocità.

Tenendo conto del suggerimento dell'Autorità di Bacino del Tevere (con restrizione $t=0.2m$ e $v=0.53m/s$) si assume che la pericolosità idraulica non dipende solo dalla presenza/assenza d'acqua e dell'entità del tirante idrico, ma anche dalla velocità di scorrimento (valutata localmente) fondamentale nel calcolo del livello di danno effettivo.

Viene fuori, dalla elaborazione con il metodo sopra descritto, la seguente mappatura della pericolosità idraulica.

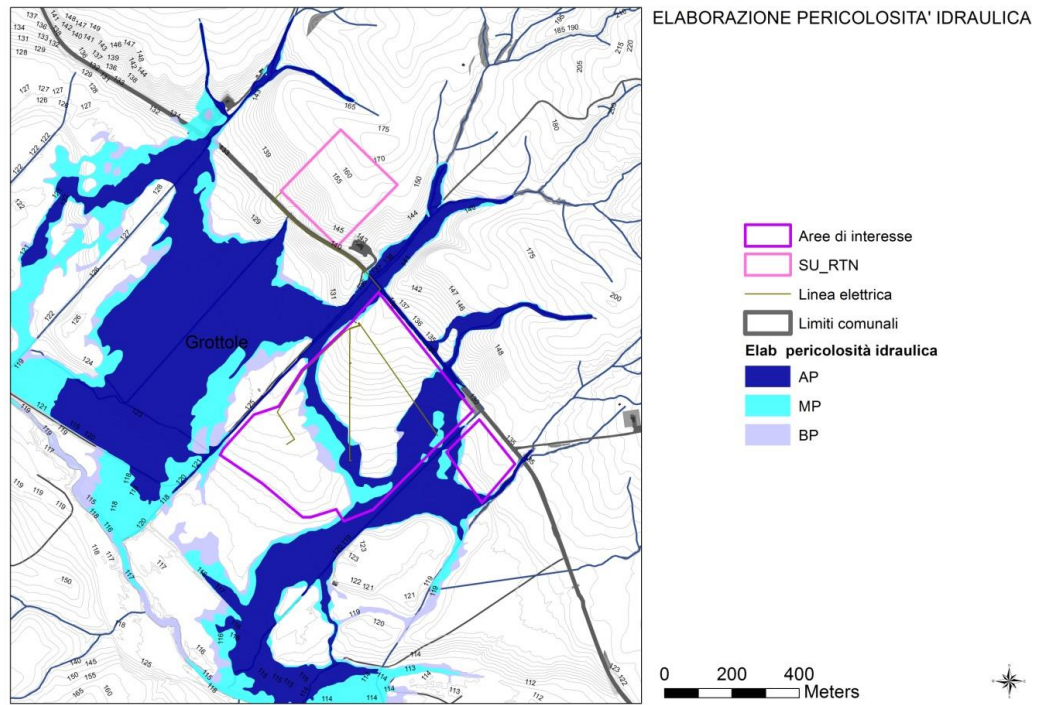


Figura 21 elaborazione pericolosità idraulica area di interesse

7 APPENDICE (SCHEDE DI RILEVAMENTO PONTI-TOMBINI)

Nelle immagini seguenti sono indicati gli attraversamenti finalizzati a individuare la geometria necessaria al calcolo del passaggio di una corrente attraverso un ponte o tombino.

Non tutti gli attraversamenti sono caratterizzati da un opera d'arte (ponte o tombino). Di seguito saranno riportate le schede relative

Per i dettagli degli attraversamenti andrebbero consultate le sezioni in allegato.

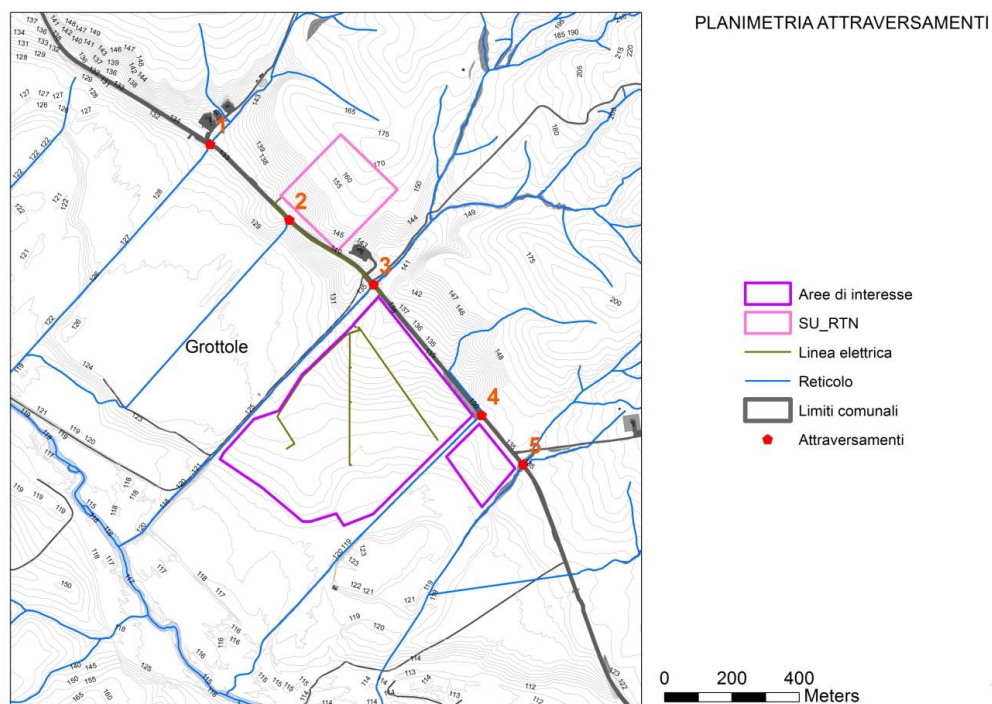


Figura 22 planimetria attraversamenti

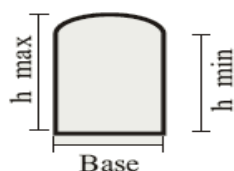
SCHEDA RILIEVO TOMBINI-PONTI

TRONCO CODICE SU CARTOGRAFIA 1
 GESTORE Consorzio COORDINATE EST UTM33 WGS84 617986
 Comune COORDINATE NORD UTM33 WGS84 4503055
 Provincia DATA RILIEVO OCT 2021
 ANAS
 Ferrovia Tratto tombato
 Altro vialetto privato

CANALE

> Sezione tombino < Sezione tombino Rivestito (pietrame c.a.)
 Buone condizioni Interrato >50% Ostruito
 Presenza folta vegetazione

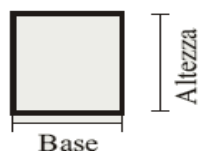
TOMBINO



Base(m)

h min(m)

h max(m)



Base(m) 3

Altezza(m) 2



D min(m)

D max(m)



lunghezza(m) 8m

pendenza 2 %

buone condizioni
 ostruito

parzialmente ostruito

praticamente



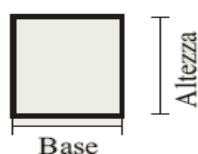
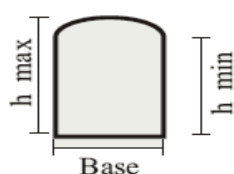
SCHEDA RILIEVO TOMBINI-PONTI

TRONCO CODICE SU CARTOGRAFIA 2
 GESTORE Consorzio COORDINATE EST UTM33 WGS84 618222
 Comune COORDINATE NORD UTM33 WGS84 4502830
 Provincia DATA RILIEVO OCT 2021
 ANAS
 Ferrovia Tratto tombato
 Altro vialetto privato

CANALE

> Sezione tombino < Sezione tombino Rivestito (pietrame c.a.)
 Buone condizioni Interrato >50% Ostruito
 Presenza folta vegetazione

TOMBINO



Base(m) Base(m) 1.9 D min(m) lunghezza(m) 8m
 h min(m) Altezza(m) 1.5 D max(m) pendenza 2 %
 h max(m)

buone condizioni parzialmente ostruito praticamente ostruito



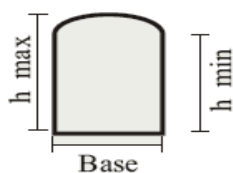
SCHEDA RILIEVO TOMBINI-PONTI

TRONCO CODICE SU CARTOGRAFIA 3
 GESTORE Consorzio COORDINATE EST UTM33 WGS84 618472
 Comune COORDINATE NORD UTM33 WGS84 4502638
 Provincia DATA RILIEVO OCT 2021
 ANAS
 Ferrovia Tratto tombato
 Altro vialetto privato

CANALE

> Sezione tombino < Sezione tombino Rivestito (pietrame c.a.)
 Buone condizioni Interrato >50% Ostruito
 Presenza folta vegetazione

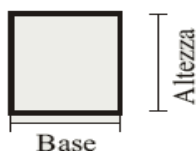
TOMBINO



Base(m)

h min(m)

h max(m)



Base(m) 5

Altezza(m) 2.8



D min(m)

D max(m)



lunghezza(m) 8m

pendenza 2 %

buone condizioni
 ostruito

parzialmente ostruito

praticamente



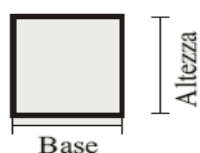
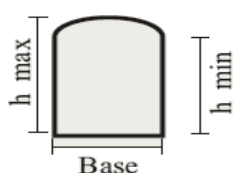
SCHEDA RILIEVO TOMBINI-PONTI

TRONCO CODICE SU CARTOGRAFIA 4
 GESTORE Consorzio COORDINATE EST UTM33 WGS84 618793
 Comune COORDINATE NORD UTM33 WGS84 4502248
 Provincia DATA RILIEVO OCT 2021
 ANAS
 Ferrovia Tratto tombato
 Altro vialetto privato

CANALE

> Sezione tombino < Sezione tombino Rivestito (pietrame c.a.)
 Buone condizioni Interrato >50% Ostruito
 Presenza folta vegetazione

TOMBINO



Base(m) Base(m) 1.5 D min(m) lunghezza(m) 8m
 h min(m) Altezza(m) 1.5 D max(m) pendenza 2 %
 h max(m)

buone condizioni parzialmente ostruito praticamente ostruito



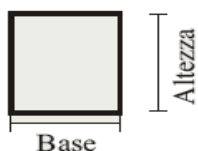
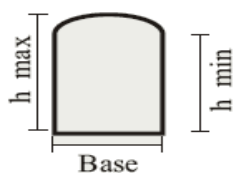
SCHEDA RILIEVO TOMBINI-PONTI

TRONCO CODICE SU CARTOGRAFIA 5
 GESTORE Consorzio COORDINATE EST UTM33 WGS84 618916
 Comune COORDINATE NORD UTM33 WGS84 4502102
 Provincia DATA RILIEVO OCT 2021
 ANAS
 Ferrovia Tratto tombato
 Altro vialetto privato

CANALE

> Sezione tombino < Sezione tombino Rivestito (pietrame c.a.)
 Buone condizioni Interrato >50% Ostruito
 Presenza folta vegetazione

TOMBINO



Base(m) Base(m) 10 D min(m) lunghezza(m) 8m
 h min(m) Altezza(m) 3.5 D max(m) pendenza 2 %
 h max(m)

buone condizioni parzialmente ostruito praticamente ostruito

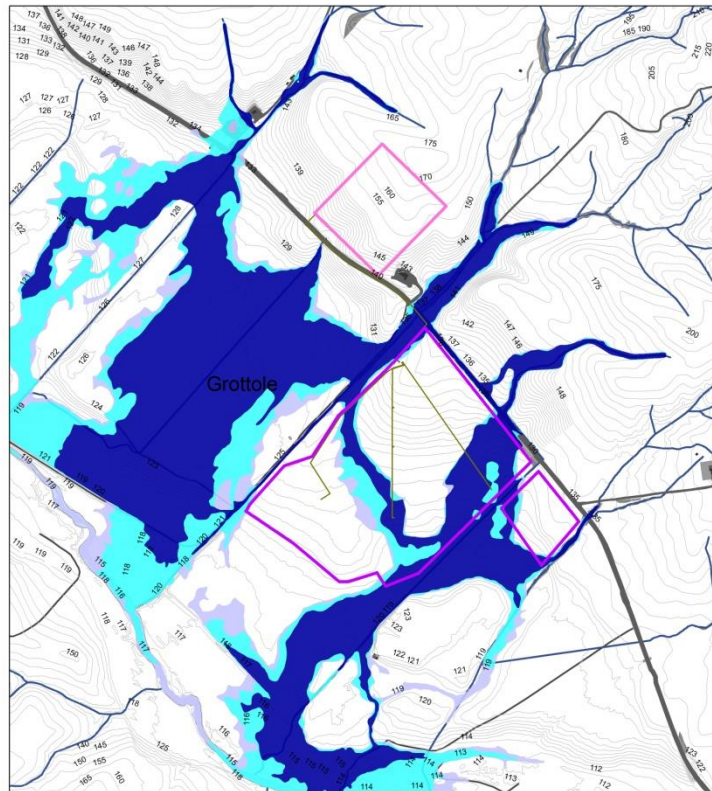


8 CONCLUSIONI STUDIO EX ANTE

Il presente studio idrologico ed idraulico è in sintesi:

1. studio morfologico dei bacini idrografici di studio;
2. studio idrologico, finalizzato al calcolo dei dati pluviometrici necessari a calcolare la portata al colmo di piena per un periodo di ritorno pari a 30 200 e 500 anni, per le sezioni di interesse lungo il reticolo di studio;
3. studio idraulico, consistente nel valutare la capacità di smaltimento del tratto del reticolo idrografico con modello 2D; I modelli bidimensionali producono ottimi risultati quando il moto non avviene lungo una direzione prevalente, come nel caso del ruscellamento delle acque di piena in una zona collinare con bassa pendenza dove non è ben definito il solco del reticolo. il modello 2D utilizza come base il modello digitale del terreno regionale con passo 5m .
4. definizione delle aree allagabili nei periodi di ritorno di 30 200 e 500 anni.

L'area allagabile interessa l'area dell'impianto fotovoltaico in progetto pertanto si rende necessaria la progettazione di opere di mitigazione. Inoltre, la stessa, intercetta la linea elettrica ma non c'è interferenza in quanto il cavidotto interrato in MT nella strada ne tiene conto.



ELABORAZIONE PERICOLOSITA' IDRAULICA

-  Aree di interesse
-  SU_RTN
-  Linea elettrica
-  Limiti comunali
- Elab. pericolosità idraulica**
-  AP
-  MP
-  BP

0 200 400
Meters



Figura 23 elab. pericolosità idraulica

9 ANALISI IDRAULICA OPERE DI MITIGAZIONE RISCHIO IDRAULICO

9.1 PREDIMENSIONAMENTO DELLE OPERE DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO

Per eliminare le condizioni di pericolosità suddetta sono state progettate opere di canalizzazione che garantiscano il passaggio della piena con tempo di ritorno 200 anni senza esondazioni.

Queste opere di mitigazione sono in condizione di intercettare le acque del bacino di studio.

La soluzione progettuale considerata presuppone, per gli impluvi considerati nella simulazione, canali con sezione adeguata al passaggio della portata di piena con tempo di ritorno di 200 anni, con un tracciato abbastanza regolare.

Prima di procedere alla determinazione dei profili di rigurgito in condizioni di moto permanente si è effettuato un pre-dimensionamento delle opere in condizioni di moto uniforme.

Il predimensionamento è stato effettuato utilizzando la formula di Chèzy e applicando per il coefficiente di attrito l'espressione di Gauckler Strickler. Pertanto la formula ha assunto l'espressione:

$$Q = \omega c R^{2/3} i^{1/2}$$

ove

- ω è la sezione liquida in m^2 ;
- c è il coefficiente di resistenza al moto, $m^{1/3}/s$;
- R il raggio idraulico in m ;
- i è la pendenza del fondo.

Il coefficiente di resistenza al moto di Gauckler Strickler è stato assunto in funzione del rivestimento del canale.

9.2 ANALISI IDRAULICA IN MOTO PERMANENTE

Calcolate le sezioni trasversali dell'opera di mitigazione si è proceduto a ricostruire il nuovo modello idraulico secondo il tracciato e le sezioni di progetto individuate.

E' stato impiegato il software freeware HEC RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System), software prodotto dallo USARMY engineering corps le cui caratteristiche sono documentate sul sito ufficiale www.hec.usace.army.mil.

HEC-RAS è un applicativo che esegue calcoli idraulici monodimensionali per reticoli idrografici (indifferentemente naturali ed artificiali); il software può lavorare in regime di moto permanente o vario.

Le simulazioni sono state svolte, per il caso di studio, in regime di moto permanente.

9.2.1 TEORIA DEL MODELLO IDRAULICO

Nel caso di moto permanente, l'applicativo è in grado di elaborare profili sia di correnti lente che veloci, ed inoltre è possibile valutare profili misti, con passaggio attraverso lo stato critico.

Il profilo idraulico è calcolato normalmente (standar step method) con iterazioni della equazione dell'energia, tra due sezioni consecutive. Le perdite relative al termine cinetico dell'equazione, sono elaborate sommando alle perdite continue per attrito, "J", un coefficiente di contrazione/espansione, che viene moltiplicato per la differenza delle altezze cinetiche medie tra due sezioni successive.

L'equazione che rappresenta la perdita di energia è:

$$h_s = Lj' + C \left(\frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right)$$

in cui:

L = lunghezza del tratto di alveo tra le due sezioni successive, "pesata" in funzione della portata defluente all'interno della sezione trasversale su zone con differente coefficiente di attrito (basato sulla equazione di Manning)

J' = pendenza di attrito "rappresentativa" (media) delle due sezioni successive (in caso di moto uniforme sarebbe parallela al fondo e costante).

C = coefficiente di contrazione o di espansione

Occorre ribadire che l'applicativo calcola i profili nell'ipotesi monodimensionale, e quindi da, per ciascuna sezione trasversale, un'unica altezza del pelo libero e un'unica altezza della linea dell'energia. L'altezza della linea dell'energia, è ottenuta dall'elaborazione del valore "pesato" dalla portata di ciascuna delle sottosezioni in cui si può ripartire la sezione trasversale.

Per elaborare quindi il valore dell'energia per l'intera sezione, bisogna calcolare la parte relativa alla altezza cinetica media, passando attraverso la valutazione del coefficiente di velocità α (a sua volta "pesato"):

$$\alpha \frac{\bar{V}^2}{2g} = \frac{Q_1 \frac{V_1^2}{2g} + Q_2 \frac{V_2^2}{2g}}{Q_1 + Q_2}$$

In generale si ottiene, per $Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_N$:

$$\alpha = \frac{[Q_1 V_1^2 + Q_2 V_2^2 + \dots + Q_N V_N^2]}{Q \bar{V}^2}$$

le perdite continue per attrito sono calcolate come il prodotto di

$$J'_f \times L$$

dove J'_f è la pendenza media della linee dell'energia tra due sezioni consecutive distanti tra loro L (pesate in funzione delle "portate trasversali").

La pendenza della linea dell'energia è calcolata, per ciascuna sezione, tramite l'equazione di Manning, nel modo seguente:

$$J_f = \left(\frac{Q}{K} \right)^2$$

dove K rappresenta il termine di "trascinamento" e quindi influenza le perdite continue; il modello contiene espressioni alternative che possono essere scelte dall'utente.

In particolare l'espressione

$$J_f = \left(\frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2$$

è quella di default nel programma.

Le perdite per contrazione ed espansione, rappresentative in un certo senso delle perdite localizzate, sono calcolate in HEC-RAS tramite la seguente equazione:

$$h_{ce} = C \left[\frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} - \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} \right]$$

dove:

C = coefficiente di contrazione o espansione.

Il programma assume che vi sia una contrazione, ogni volta che l'altezza cinetica (velocity head) a valle è maggiore di quella immediatamente a monte. Al contrario si assume una espansione, quando la altezza cinetica a valle è minore di quella di monte.

In definitiva l'equazione della energia, per calcolare il tirante idrico nella singola sezione, viene applicata in modo iterativo, secondo il seguente schema, assegnate che siano le condizioni al contorno:

1. viene assunta una altezza del pelo libero nella sezione a monte di quella ritenuta nota (o a valle a seconda se siamo in corrente lenta o veloce);
2. su questo valore ipotetico, si valutano i valori di K e della altezza cinetica;
3. ora viene calcolato il termine J_f e quindi è possibile valutare h_e ;
4. con i valori ricavati, si calcola la altezza del pelo libero nella sezione di monte;
5. si raffrontano il valore appena ricavato, con quello assunto al punto 1 e si reitera il calcolo, sino ad una tolleranza di 0.003 m (valore predefinito, modificabile dall'utente).

Il criterio impiegato per l'assunzione di una altezza iniziale del tirante, varia nell'ambito della procedura, man mano che si sviluppano passaggi successivi. Nel primo passaggio, relativo ai 5 punti descritti, il tirante si basa sulla proiezione di quello della sezione precedente nella sezione in studio. Nel secondo passaggio, invece, è utilizzato il tirante del primo passaggio, incrementata del 70% dell'errore risultante al primo passaggio (altezza calcolata - altezza assunta). Il terzo passaggio e i successivi, sono invece basati su un metodo di proiezione "secante", tendente a limitare la discrepanza evidenziata.

In tutte le situazioni in cui non si ha un profilo di corrente gradualmente variato, ma che prevedono risalti idraulici, passaggio attraverso lo stato critico (per bruschi cambi di pendenza, restringimenti, attraversamenti, ponti) e quindi si generano profili di corrente rapidamente variati, il programma utilizza in luogo della equazione dell'energia, l'equazione del momento, o dell'equilibrio dinamico.

L'equazione deriva dalla seconda legge di Newton ($F = m \cdot a$, ovvero Forza = massa * accelerazione), applicata ad una massa d'acqua compresa tra due sezioni; l'espressione della differenza dei momenti nell'unità temporale tra le sezioni 1 e 2, si esprime con la seguente equazione:

$$P_2 - P_1 + W_x - F_f = Q\rho\Delta V_x$$

dove:

$P =$ spinta sulle sezioni 1 e 2

$W_x =$ forza peso nella direzione del moto

$F_f =$ forza dovuta alle perdite per l'attrito esterno tra 2 e 1

$Q =$ portata

$\rho =$ densità dell'acqua

$\Delta V_x =$ cambio di velocità tra 2 e 1 nella direzione del moto.

Dalla elaborazione delle varie componenti dell'equazione base, si giunge alla formulazione usata dal modello che la soluzione dell'equazione dei momenti, che risulta essere la seguente:

$$\frac{Q_2\beta_2}{gA_2} + A_2\bar{Y}_2 + \left(\frac{A_1 + A_2}{2}\right)LS_0 - \left(\frac{A_1 + A_2}{2}\right)L\bar{S}_f = \frac{Q_1\beta_1}{gA_1} + A_1\bar{Y}_1$$

Per concludere questa panoramica sul modello, si rammenta la possibilità di inserire nella geometria del sistema aree di accumulo e rilascio, di esondazione al di fuori del canale principale, e di deposito temporaneo o definitivo (ovvero zone in cui la componente cinetica si annulla).

9.2.2 APPLICAZIONE DEL MODELLO IDRAULICO

L'applicazione del modello ha visto, quale primo step, la definizione della geometria del canale.

Una ulteriore analisi ha riguardato le condizioni al contorno. In particolare, quando si conduce una verifica idraulica in moto permanente o vario occorre che, agli estremi del tronco oggetto di studio, le condizioni al contorno siano univocamente determinabili".

Nel caso in oggetto si è considerato che le condizioni al contorno di monte e valle fossero quelle di deflusso in condizioni di stato critico.

Il canale a sezione trapezia in terra con sponde a 45° sarà rivestito con il prodotto TRENCHMAT S che risulta un Geocomposito (GCO) costituito da una geostuoia antierosiva (GMA), un geotessile nontessuto (GTX-N) e una pellicola impermeabile (PL).

TRENCHMAT S dato che svolge la funzione di antierosione nella regimazione delle acque superficiali, viene utilizzata per una corretta regimazione ed un rapido allontanamento delle acque superficiali dalle zone in erosione, contribuisce sensibilmente a garantire la stabilità dei versanti, favorendo un controllo efficace dell'erosione superficiale.

Alle sezioni trasversali dell'impluvio si è assegnato un coefficiente di scabrezza, valutato secondo le tabelle di Manning correlate al suddetto rivestimento.

Si riporta la schematizzazione planimetrica del tratto in analisi.

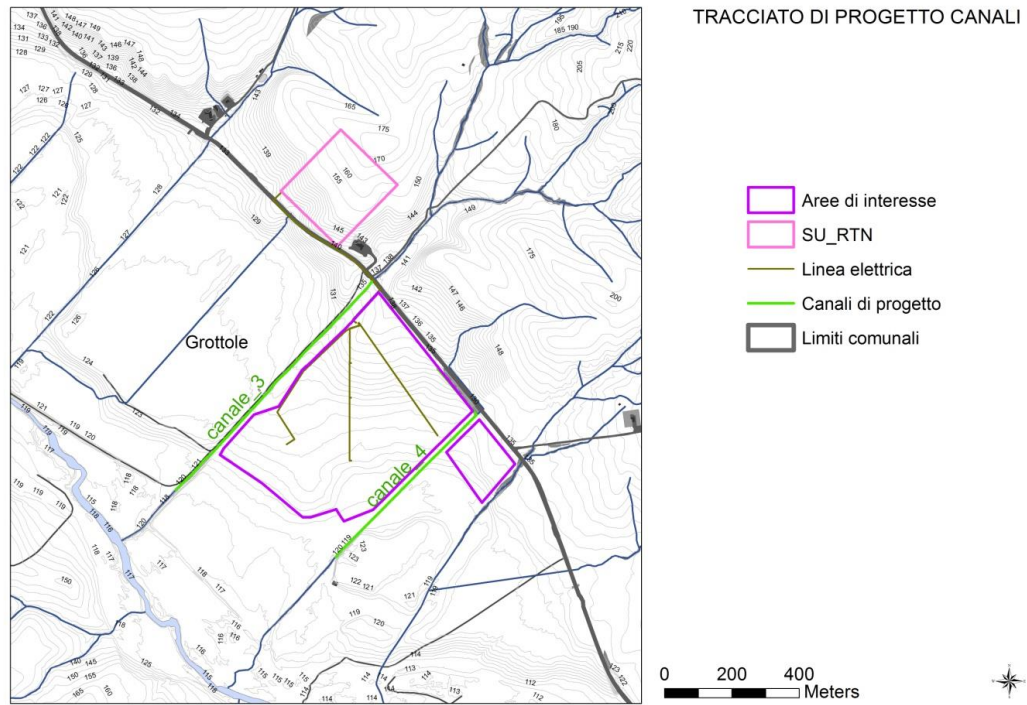


Figura 24 tracciato di progetto del canale su CTR

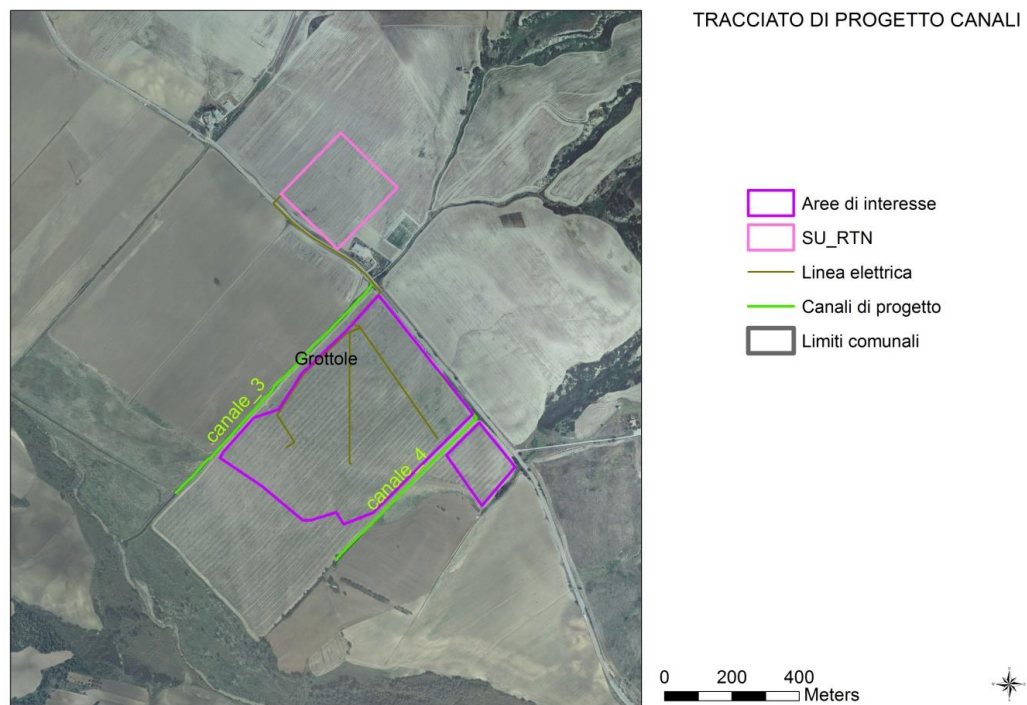


Figura 25 tracciato di progetto del canale su ortofoto

9.3 RISULTATI

Definita la geometria dell'opera proposta si è proceduto alla modellazione idraulica. I risultati della elaborazione evidenziano come le dimensioni assegnate all'opera in progetto sia tali da garantire che in essa possa essere contenuta la portata con tempo di 200 anni per tutto il tratto oggetto di intervento.

In appendice sono riportati tutti i risultati delle modellazioni.

Analizzando i risultati si evince come non sono presenti attraversamenti del canale.

Nelle figure seguenti si riportano le planimetrie ed i profili del canale relativamente alla modellazione condotta con riferimento ad eventi con tempo di ritorno 30, 200 e 500 anni.

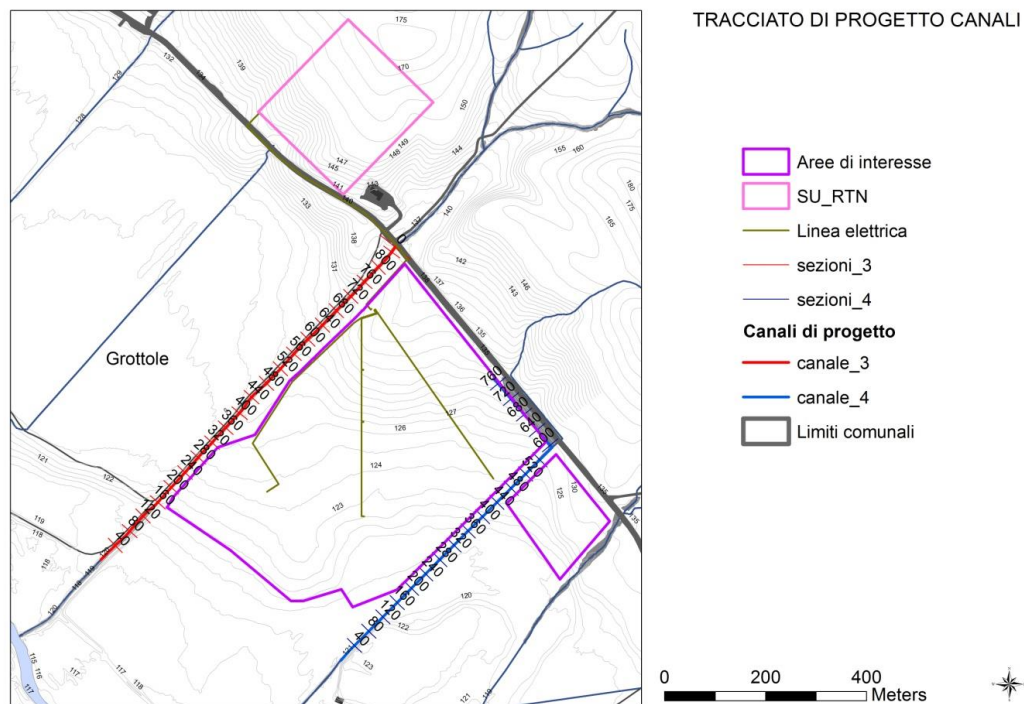


Figura 26 planimetria tratti del canale

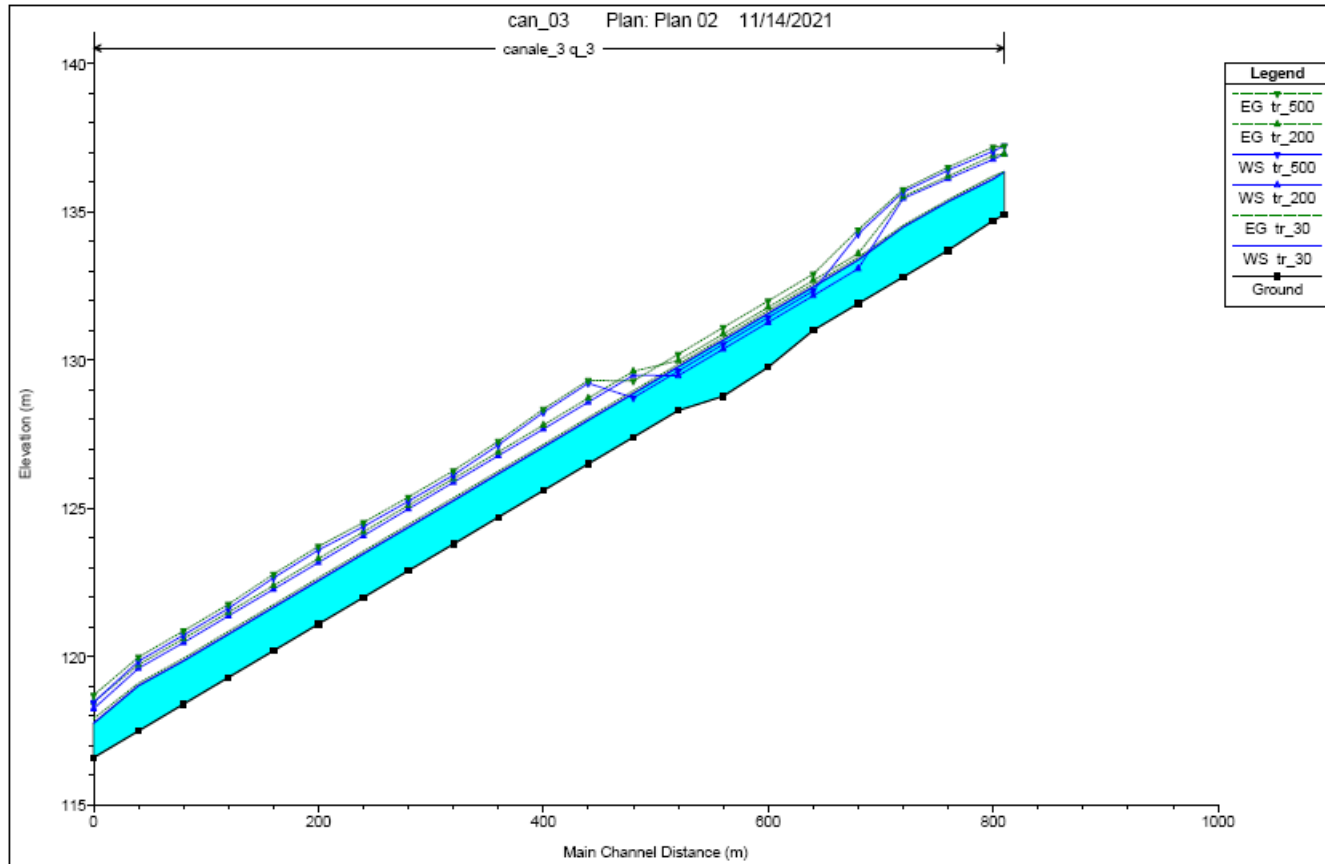


Figura 27 profilo longitudinale canale q3

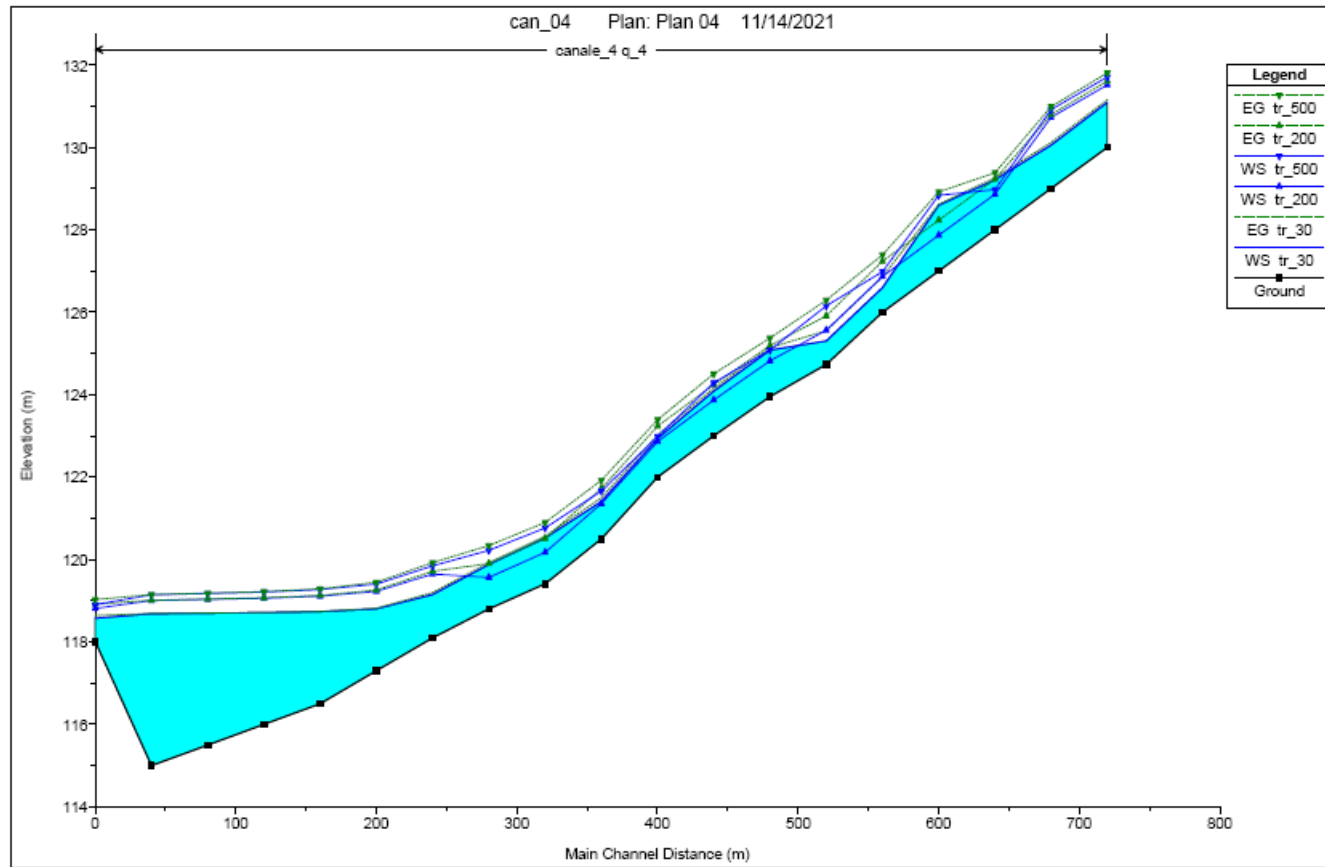


Figura 28 profilo longitudinale canale q4

L'elaborazione di tirante e velocità a 30,200 e 500 anni nelle situazioni ex-post operam nelle figure successive è stata effettuata con HEC-RAS versione 6 "bi-dimensionale" al fine di avere più precisione del dato.

Dalle seguenti immagini si nota che la pericolosità idraulica derivante dalla realizzazione del canale, dovuta al tirante ed alla velocità, a valle del canale risulta lievemente diversa a fronte di quella in assenza dell'opera di mitigazione.

Castellaneta, novembre 2021

il Tecnico
Geol. Donato Perniola

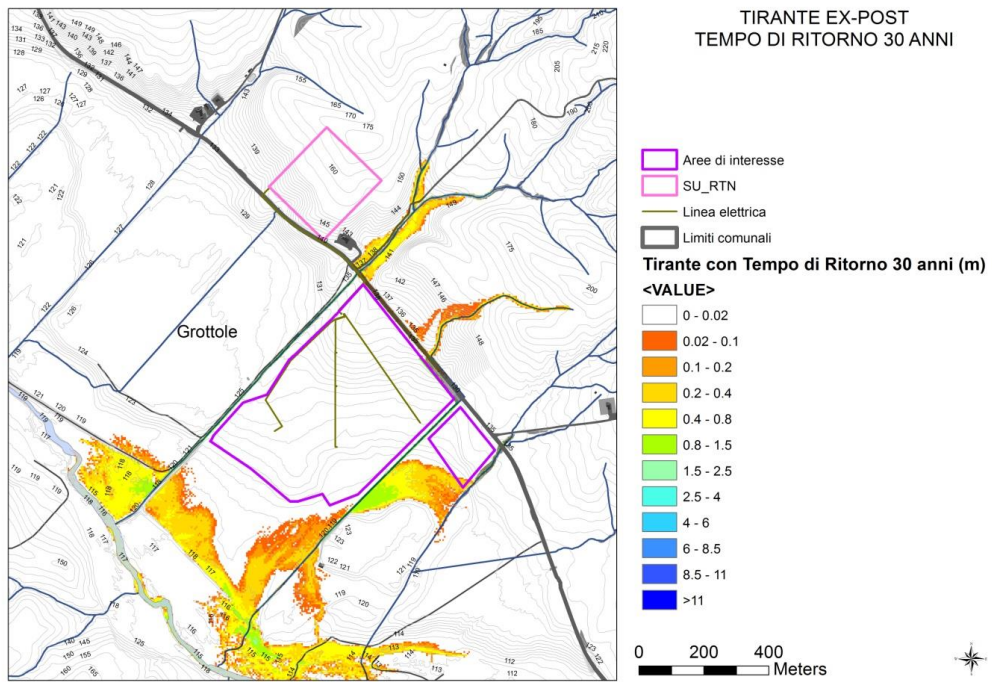


Figura 29 Tirante ex-post tempo di ritorno 30 anni

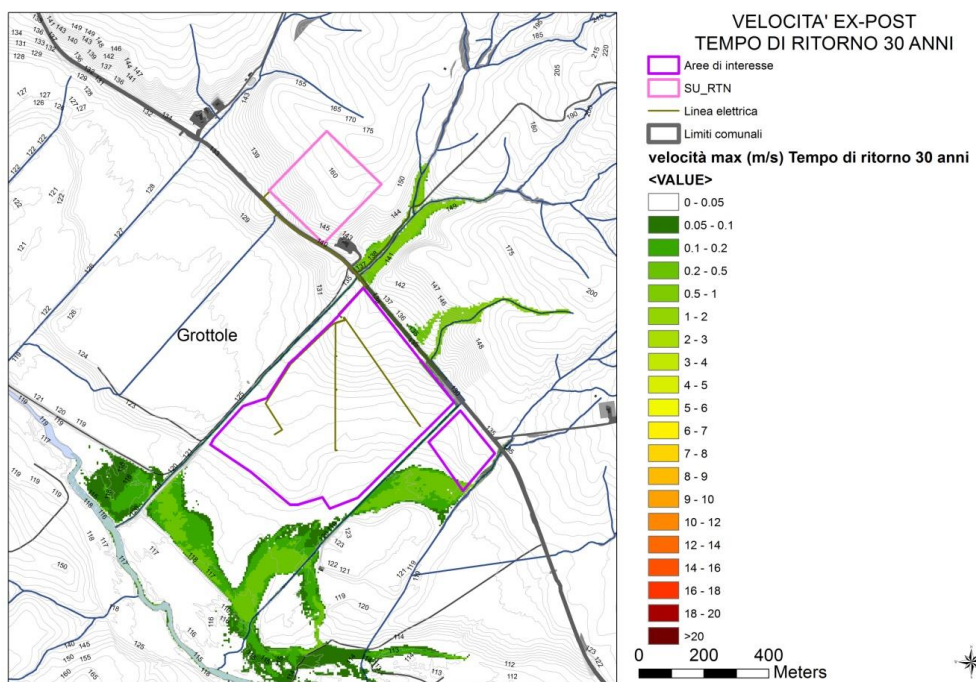


Figura 30 Velocità ex-post tempo di ritorno 30 anni

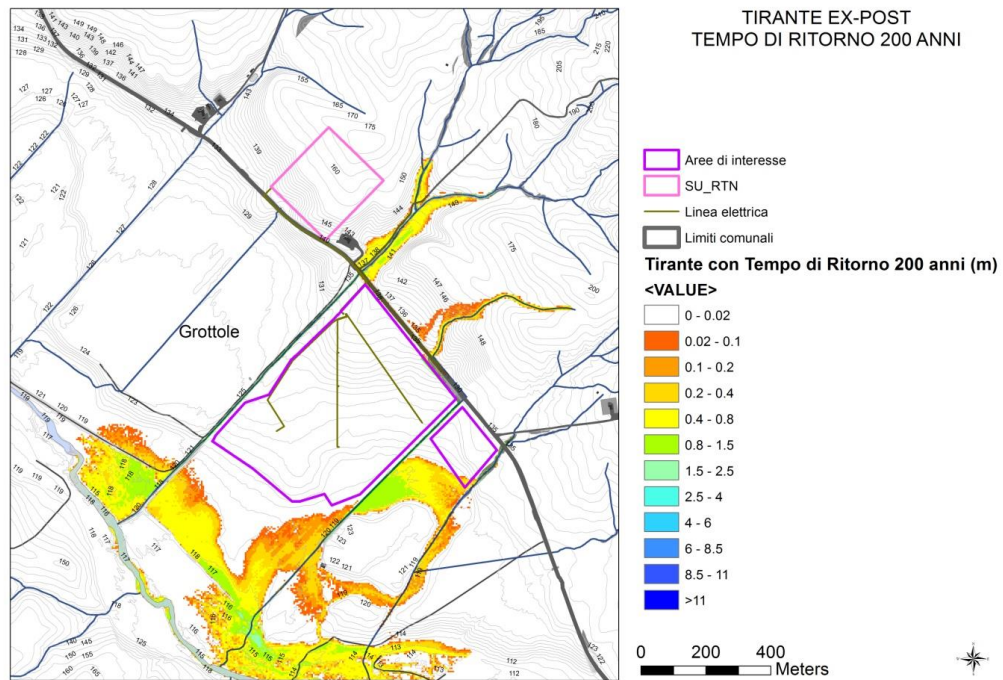


Figura 31 Tirante ex-post tempo di ritorno 200 anni

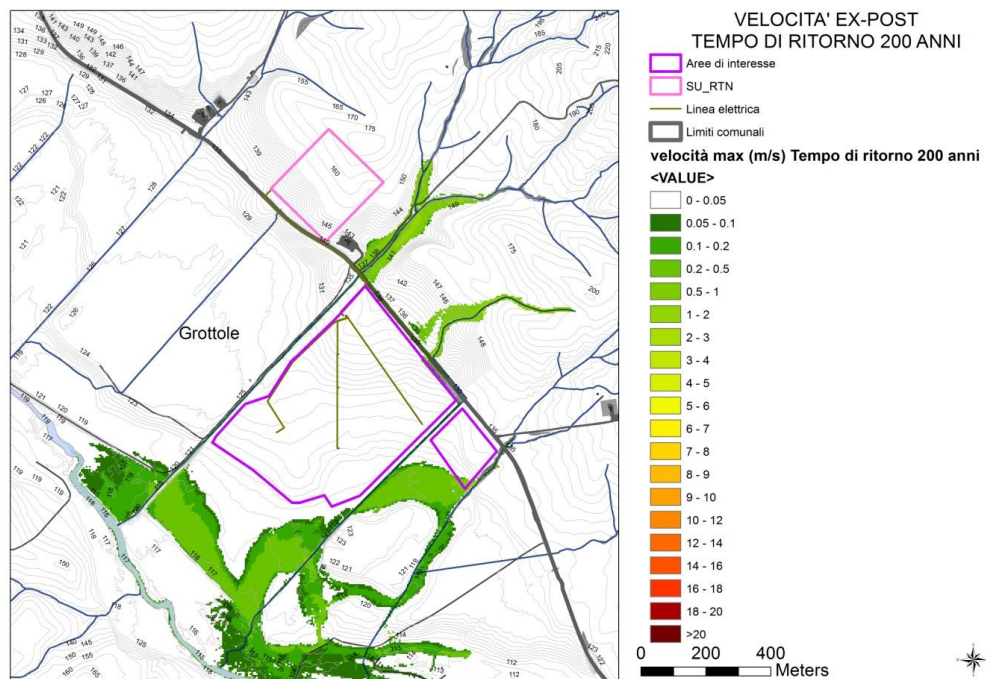


Figura 32 Velocità ex-post tempo di ritorno 200 anni

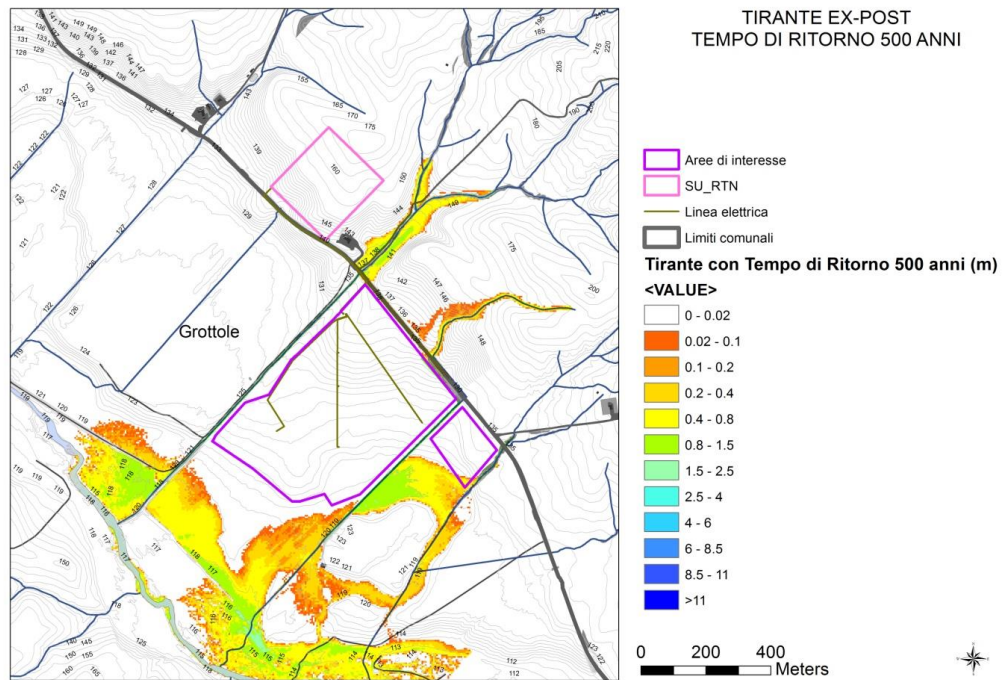


Figura 33 Tirante ex-post tempo di ritorno 500 anni

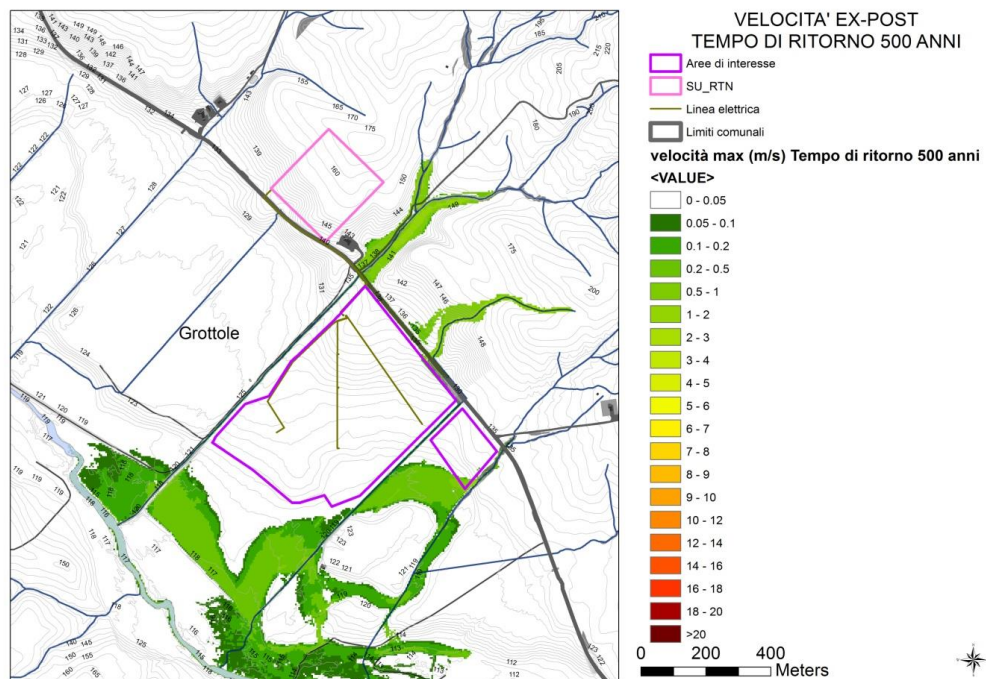


Figura 34 Velocità ex-post tempo di ritorno 500 anni

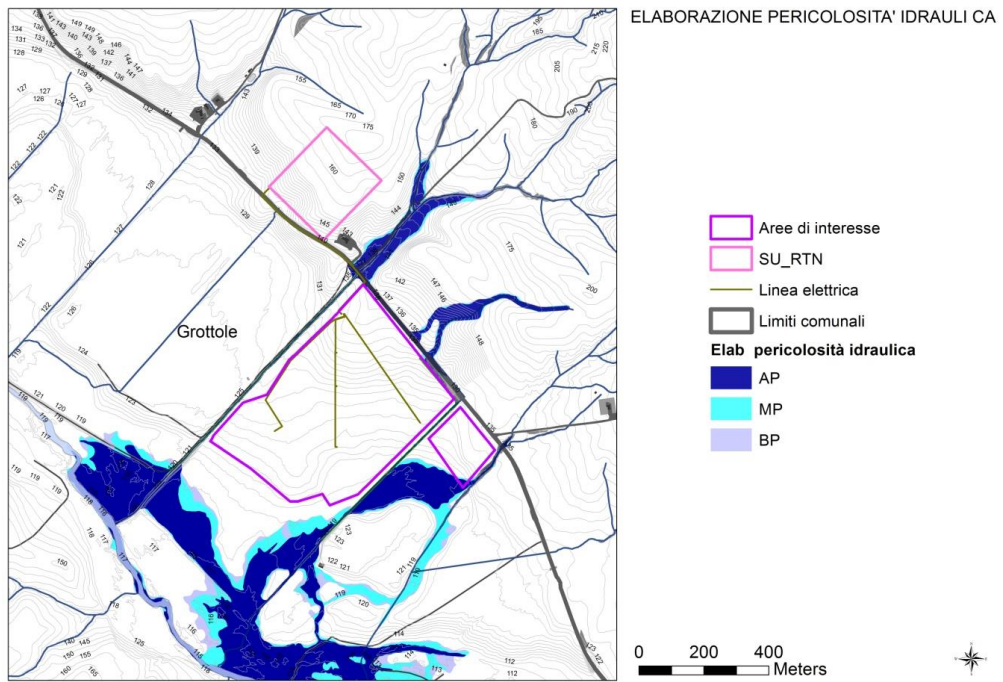


Figura 35 pericolosità idraulica ex-post

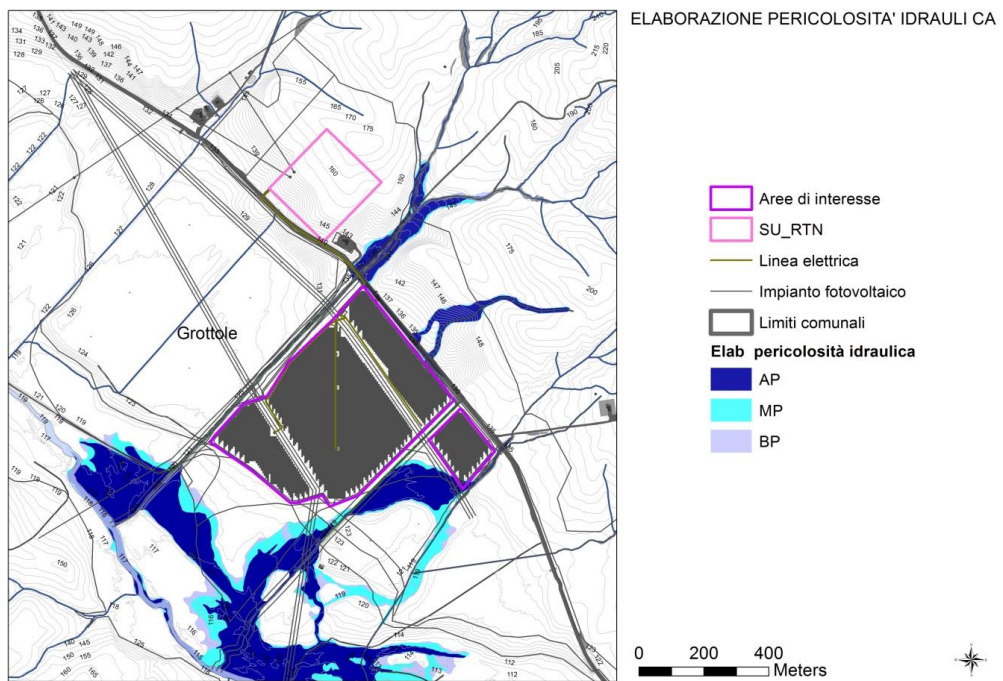


Figura 36 pericolosità idraulica ex-post con impianto.

ALLEGATO SEZIONI HEC-RAS

