



REGIONE CAMPANIA
PROVINCIA DI CASERTA
COMUNE DI CANCELLO ED ARNONE



AUTORIZZAZIONE UNICA EX D.Lgs 387/2003
VALUTAZIONE IMPATTO AMBIENTALE EX. ART. 23
D.Lgs 152/2006

INSTALLAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE SOLARE DENOMINATO "CANCELLO ARNONE" DI POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 20.000,00 kW E POTENZA DI PICCO PARI A 19.818,54 kW

Codice pratica: 202100623



Codice identificativo

Commessa	Liv. prog.	Tip.	Codice Elaborato
SE225	PD	R	IDR

DATA	SCALA
Marzo 2022	-

Titolo elaborato

Relazione idrologica e idraulica

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO

Progettazione:



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

Tecnici:



Il Proponente:



SMARTENERGYIT2104 S.R.L.
 Piazza Cavour, 1 - 20121 Milano (MI)
 C.F./P.IVA 11625050965

LEGALE RAPPRESENTANTE

INDICE

1	FINALITA'	2
2	DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO.....	3
3	AREE OGGETTO DI INDAGINE.....	8
4	ANALISI IDROLOGICA.....	12
4.1	RETICOLO DI STUDIO	12
4.2	CARATTERI GEOLOGICI DEI BACINI	12
4.3	CARATTERI MORFOLOGICI DEI BACINI	14
4.4	TEMPI DI CORRIVAZIONE.....	20
4.5	DETERMINAZIONE C.P.P.....	21
4.6	CALCOLO PORTATA DI MASSIMA PIENA	25
4.6.1	METODO VAPI	25
5	APPORTO SOLIDO	27
6	ANALISI IDRAULICA – DELLO STATO DI FATTO.....	29
6.1	TEORIA DEL MODELLO IDRAULICO	29
6.2	APPLICAZIONE DEL MODELLO IDRAULICO	33
6.2.1	GEOMETRIA DEL MODELLO	33
6.3	RISULTATI.....	34
7	APPENDICE (SCHEDE DI RILEVAMENTO PONTI-TOMBINI)	41
8	CONCLUSIONI STUDIO	44

1 FINALITA'

Nella presente relazione sono illustrati i risultati di uno studio idrologico-idraulico di un'area sita nel comune di Cannello ed Arnone (CE).

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 19.818,54 kWp, unitamente a tutte le opere di connessione alla Rete di Distribuzione

2 DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO

Il progetto prevede la realizzazione di un parco fotovoltaico denominato "Cancello Arnone" per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile (solare), avente potenza in immissione pari a 20.000,00 kW e una potenza installata pari a 19.818,54 kWp, unitamente a tutte le opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale, ossia cavidotto MT interrato della lunghezza di circa 4 km dal campo fotovoltaico fino alla stazione d'utenza, nonché delle opere accessorie (strade, recinzioni, cabine elettriche) all'interno delle aree in cui è realizzato l'impianto.

L'impianto fotovoltaico è ubicato a Sud-Ovest del comune di Cancello Arnone (CE), in località La Tronara e in linea d'aria dista circa 3,0 km dal centro del medesimo comune. Il sito su cui sorgerà l'impianto è individuato alle coordinate geografiche: 41°02'46.1"N 14°01'07.4"E ed ha un'altitudine media di circa 5 m s.l.m. (Figura 5).

Esso è raggiungibile percorrendo la strada comunale ex SP 296 "Roveto-Seponi" su cui sarà ubicato uno dei tre accessi all'impianto; l'accesso all'altra porzione di impianto avverrà da altri n. 2 cancelli posti su stradina interpodereale esistente che si raccorda alla suddetta ex SP.

Il parco fotovoltaico, in base a quanto indicato nella STMG, verrà connesso in antenna a 150 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) 380/150 kV di Smistamento della RTN a 150 kV da collegare in entra-esce alla linea RTN a 380 kV "Garigliano ST- Patria". La connessione avverrà mediante costruzione di una linea a 30 kV in cavo MT interrato della lunghezza di circa 4 km dal campo fotovoltaico fino alla stazione d'utenza e di cavo AT dal sistema di sbarre condivise a 150 kV alla futura SE di Terna. Il nuovo elettrodotto in antenna a 150 kV costituirà impianto di utenza per la connessione e arriverà allo stallo produttore che si trova sulla suddetta stazione.

L'impianto FV sarà realizzato su terreni identificati catastalmente al foglio 36 p.lle 5019, 91, 28, 29, 88, 90, 92, 30, 31, 5018, dalla forma pressoché regolare,

per un totale di circa 32 ha; l'area di occupazione effettiva dell'impianto è pari a circa 30 ha.

Il cavidotto di connessione MT a 30 kV, in uscita dalla cabina di raccolta, percorrerà la ex SP 296 "Roveto-Seponi" per circa 85 m, a seguire poi la strada comunale ex SP 258 per circa 1 km, la strada comunale via Armando Diaz per 1,8 km e da qui verso una strada interpoderale che si diparte dalla comunale per circa 300 m. Da questo punto il cavo interesserà terreno agricolo per arrivare all'interno dell'edificio quadri presente nello stallo della Sottostazione di Trasformazione dedicato a ciascun produttore, in cui avviene l'innalzamento della tensione da 30 kV a 150 kV.

Dal sistema di sbarre a 150 kV condiviso con altri produttori, partirà un cavo in alluminio che trasferirà l'intera potenza dei produttori, che condividono la sottostazione di trasformazione, allo stallo della nuova Stazione Elettrica 380kV "Cancello" assegnato da Terna.

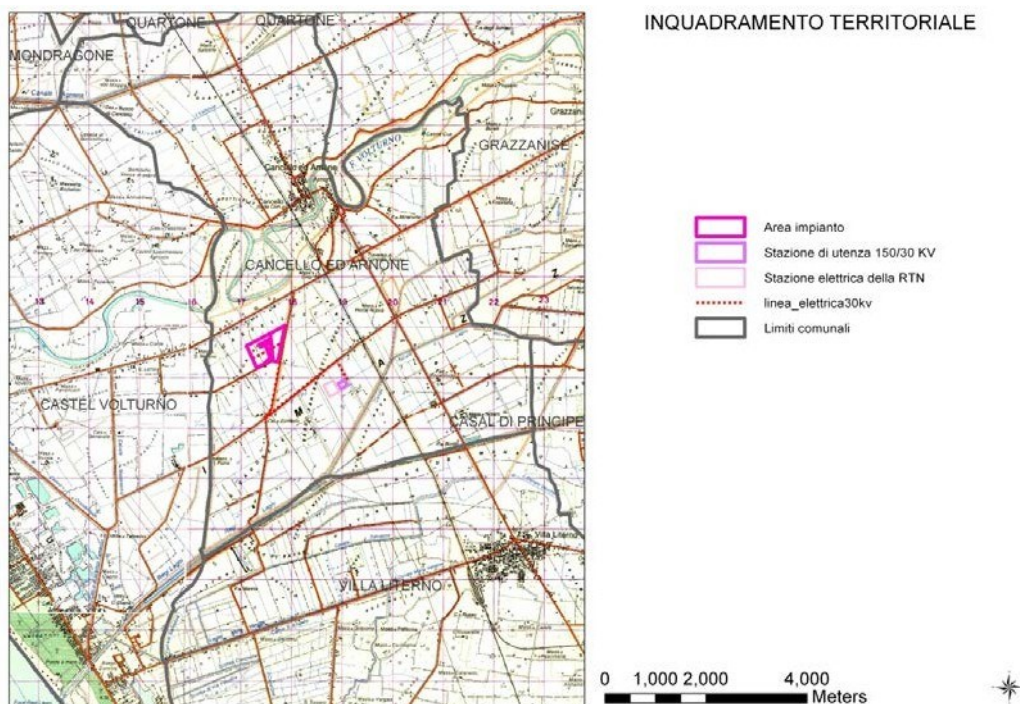


Figura 1 inquadramento territoriale su IGM 50K

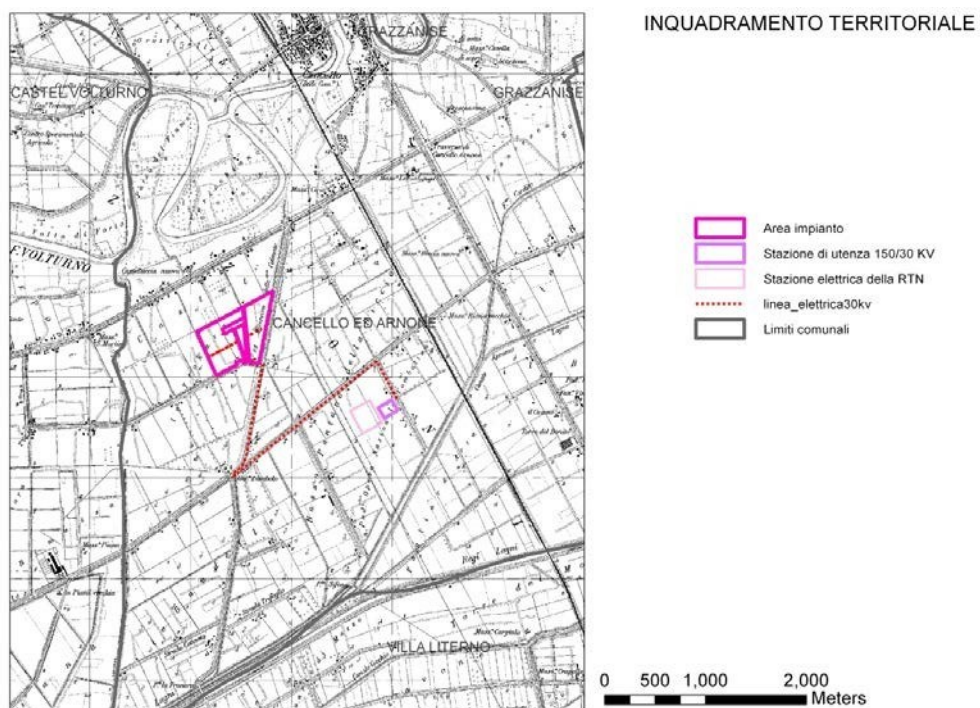


Figura 2 inquadramento territoriale linea elettrica su IGM 25K

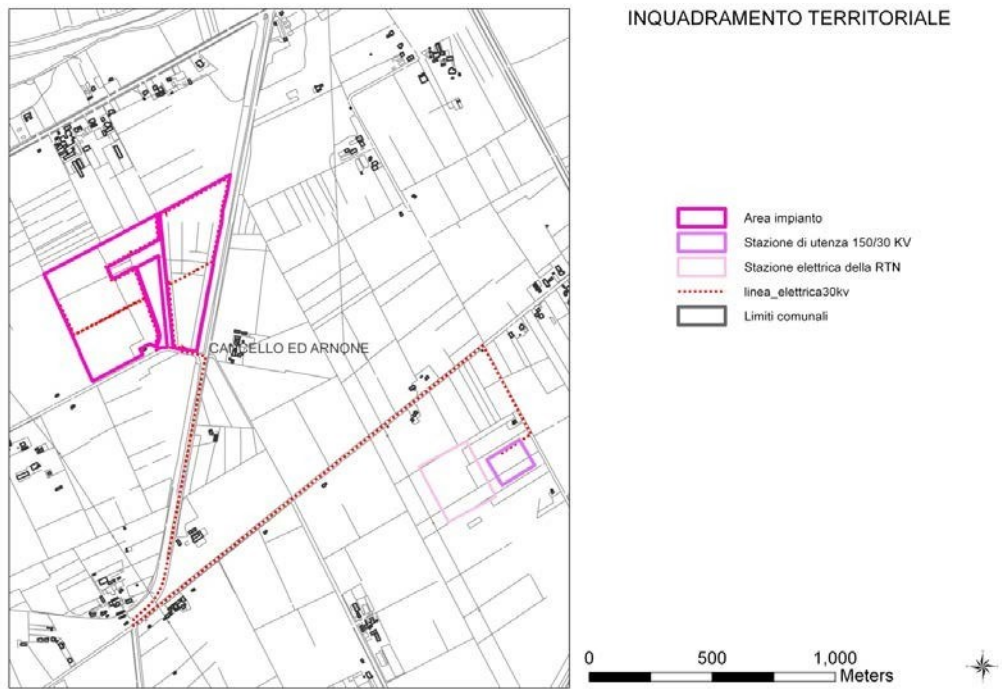


Figura 3 inquadramento territoriale area di interesse su CTR

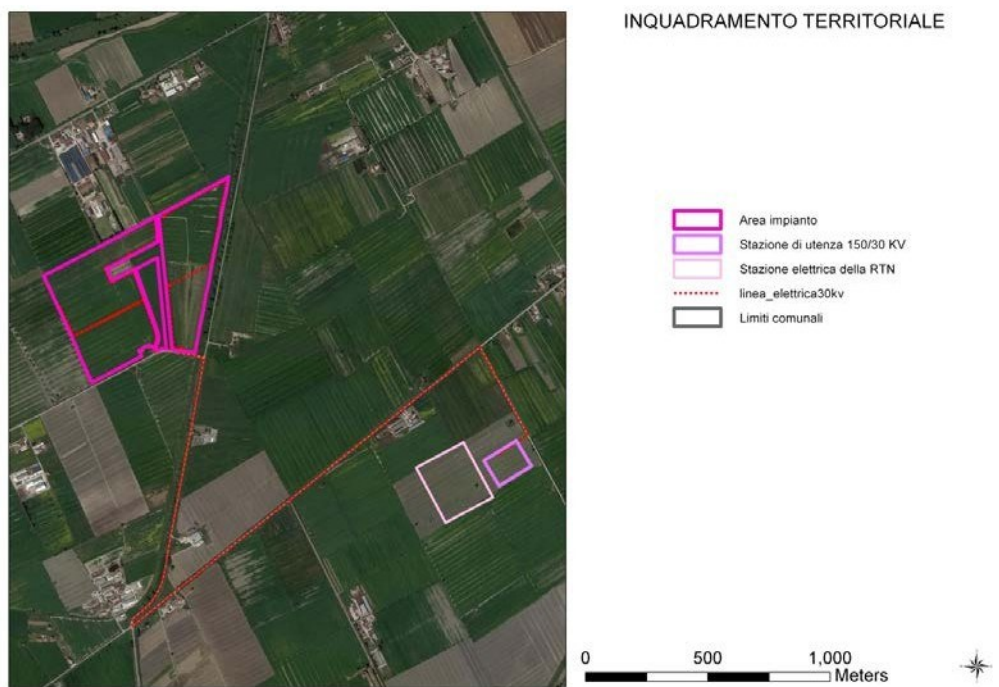


Figura 4 inquadramento territoriale su ortofoto

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, 100 e 300 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 30,100 e 300 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 30,100 e 300 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 Cancellò Arnone (CE).

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

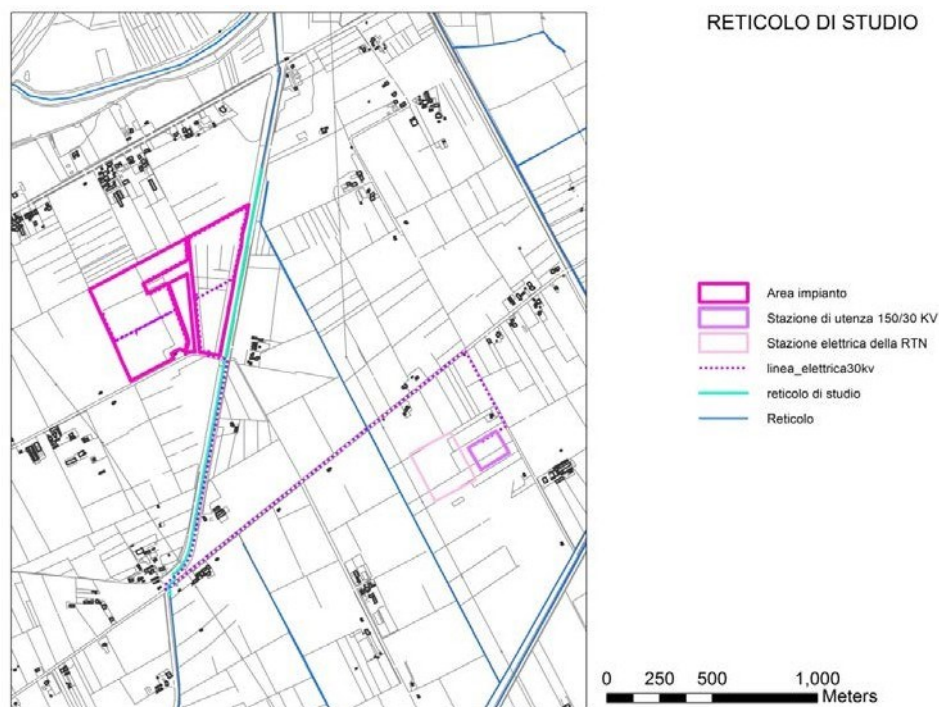


Figura 5 Reticolo di studio

L'Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno individua, all'interno del Piano Stralcio di Difesa dalle Alluvioni (PSDA), bacino Volturno, i tratti d'alveo per i quali è stata effettuata la mappatura delle aree inondabili e l'individuazione delle fasce fluviali.

Il PSDA, adottato dalla Autorità di Bacino con Delibera del Comitato Istituzionale n.1 del 7/09/99 ed approvato con la D.P.C.M. del 21/11/2001 (Pubblicazione: Gazzetta Ufficiale del 19/02/02, n. 42), individua l'area di intervento nelle area retroarginali (aree R).

Art.7 – Area R

1. Nelle aree R il Piano persegue gli obiettivi di mitigazione del rischio idraulico attraverso la definizione e la predisposizione degli strumenti di Protezione Civile e l'individuazione e la realizzazione degli interventi strutturali. Contestualmente vengono regolamentate le attività compatibili sul territorio, in rapporto all'uso consolidato ed al contenimento del rischio.

2. Nelle aree R, salvo quanto ulteriormente riportato all'articolo 14, sono esclusivamente consentiti:

a) Gli interventi consentiti nella fascia A e riportati al precedente articolo 6;

b) La realizzazione di impianti sportivi, per attività all'aperto, e nel rispetto di quanto contenuto nella normativa tecnica riportate all'art. 16. L'utilizzo di tali impianti, in caso di eventi atmosferici di particolare intensità, deve essere espressamente regolamentato dall'Amministrazione Comunale competente o da Commissione istituzionalmente preposta.

c) ogni opera a servizio di infrastrutture di trasporto e/o di servizio (caselli autostradali, stazioni ferroviarie, intersezioni, svincoli ecc.), con le prescrizioni contenute nell'allegato C delle Norme di Attuazione del PSDA.

d) Per i Comuni dotati di strumento urbanistico vigente:

le nuove edificazioni, realizzate in attuazione degli strumenti urbanistici per le porzioni di territorio interessate da agglomerati urbani che rivestono carattere storico-artistico di particolare pregio, per quelle totalmente o parzialmente edificate (zone A, B così come indicate dal D.M. 1444/68) e per quelle da destinare a nuovi complessi insediativi (zone C così come indicate dal D.M. 1444/68) limitatamente a quelle indicate come edilizia economica abitativa;

? le nuove edificazioni in attuazione degli strumenti urbanistici, diverse da quelle indicate al punto precedente, ad esclusione di quelle ad uso residenziale e produttivo;

e) Per i Comuni non dotati di strumento urbanistico:

le nuove edificazioni al di fuori del perimetro dei centri abitati con le limitazioni di cui all'articolo 41 quinquies della legge 1150/42 così come modificato dall'art. 4 della legge 10/77; in particolare: l'edificazione a scopo residenziale non può superare l'indice di mc 0.03 per metro quadrato di area edificabile; le superfici coperte degli edifici non possono superare un decimo dell'area di proprietà; gli edifici non possono comprendere più di tre piani;

l'altezza di ogni edificio non può essere superiore alla larghezza degli spazi pubblici o privati su cui esso prospetta e la distanza dagli edifici vicini non può essere inferiore all'altezza di ciascun fronte dell'edificio da costruire;

f) tutte le opere previste in Piani integrati e sovracomunali nonché le opere pubbliche non delocalizzabili, previo studio di compatibilità idraulica e parere dell'Autorità di Bacino che si esprimerà, in relazione a quanto definito dalla variante al piano, sulla compatibilità medesima;

g) gli impianti di depurazione e di disinquinamento tesi al miglioramento della qualità delle acque e del suolo, di cui sia dimostrata l'idoneità della localizzazione in rapporto alle condizioni geomorfologiche e al rischio idraulico, l'adeguatezza del dimensionamento, la sicurezza ai fini del rischio tecnologico, nonché gli interventi diretti ad adeguare impianti esistenti alla normativa di sicurezza;

3. Tutti gli interventi previsti nel precedente comma sono sottoposti alle prescrizioni contenute nella normativa tecnica di cui all'articolo 16, salvo maggiori prescrizioni imposte dai Piani di Protezione Civile

a) In aggiunta a quanto riportato al comma precedente, la realizzazione degli interventi di cui ai punti f e g del comma 2 è ulteriormente subordinata alla presentazione di un studio geomorfologico che dimostri la presenza di una condizione morfologica compatibile con il rischio idraulico. In tal caso non è obbligatorio il rispetto delle condizioni di cui alle lettere a) e b) dell'articolo 16 comma 1.

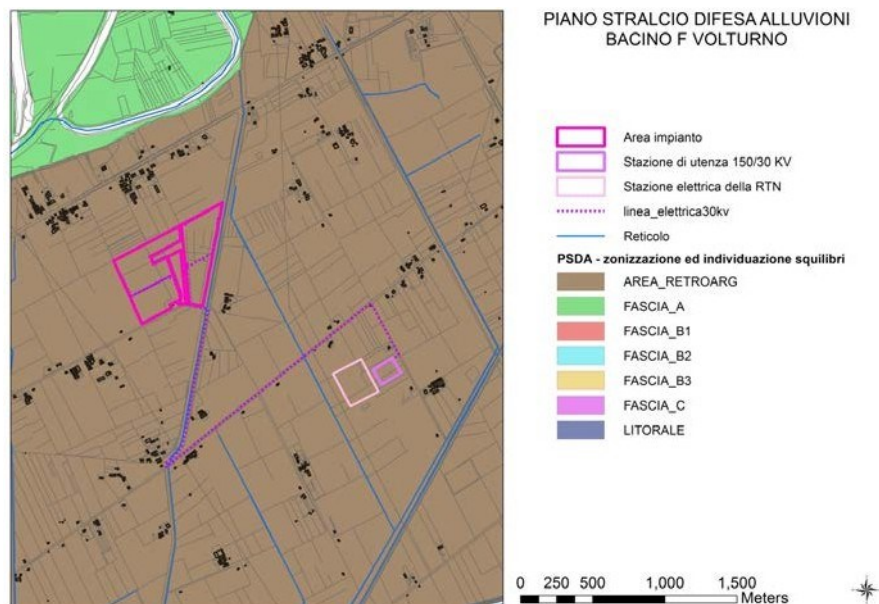


Figura 6 Piano Stralcio Difesa alluvioni

4 ANALISI IDROLOGICA

4.1 RETICOLO DI STUDIO

Il reticolo oggetto di studio è il seguente

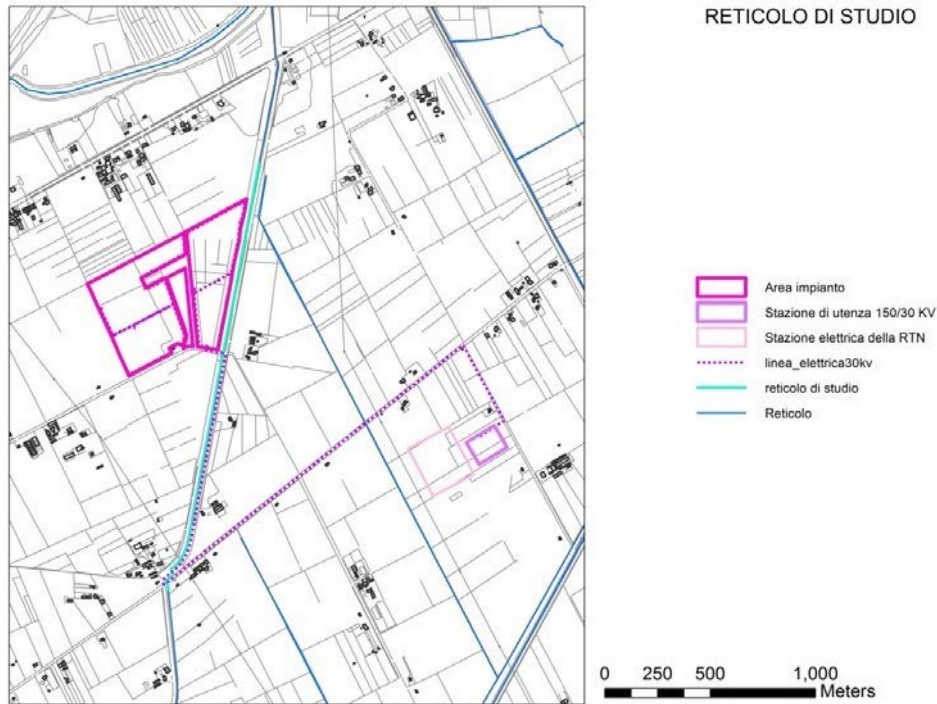


Figura 7 reticolo di studio

4.2 CARATTERI GEOLOGICI DEI BACINI

L'area oggetto di studio è ubicata nel comune di Cannello Arnone (CE).

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

DESCRIZIONE

Alluvioni da sabbiose ad argillose

Argille sabbiose limi sabbie scure

Suoli limosi ed argillo-limosi

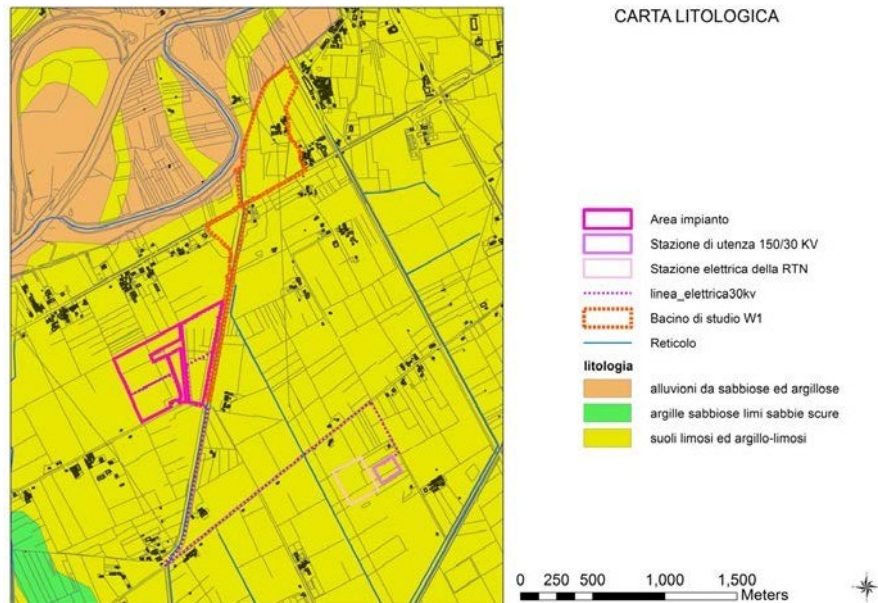


Figura 8 carta litologica

Le classi di permeabilità dei litotipi sono di seguito rappresentate

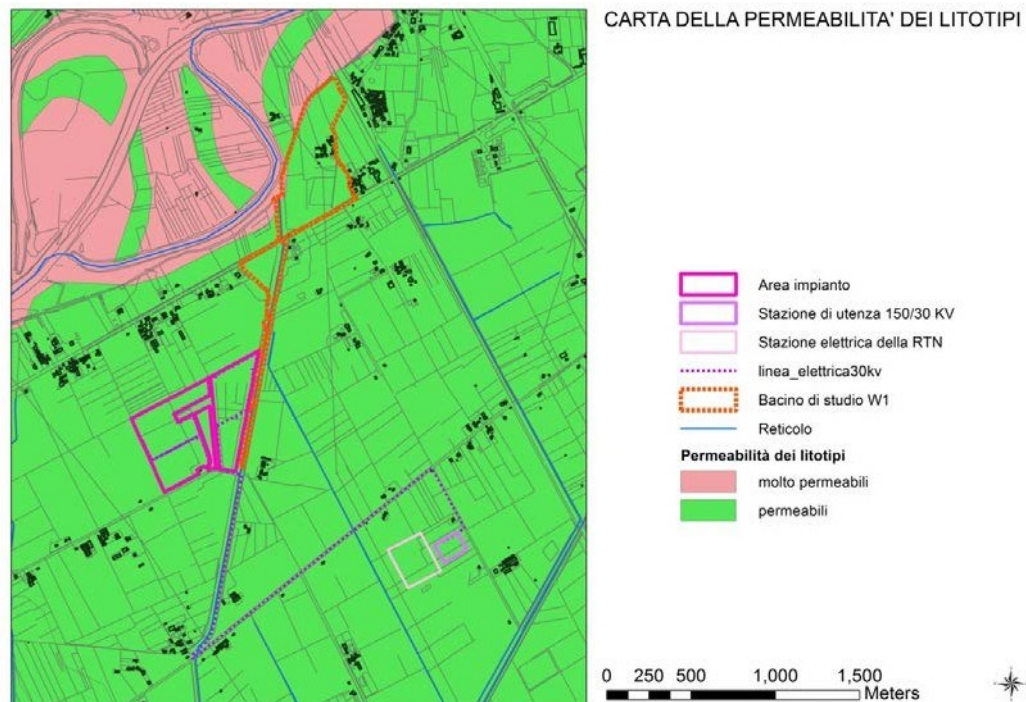


Figura 9 permeabilità dei litotipi

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 (LIDAR) che ricostruisce in 3d georeferenziato la zona oggetto di studio in forma raster, ha una maglia di 1m.

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.

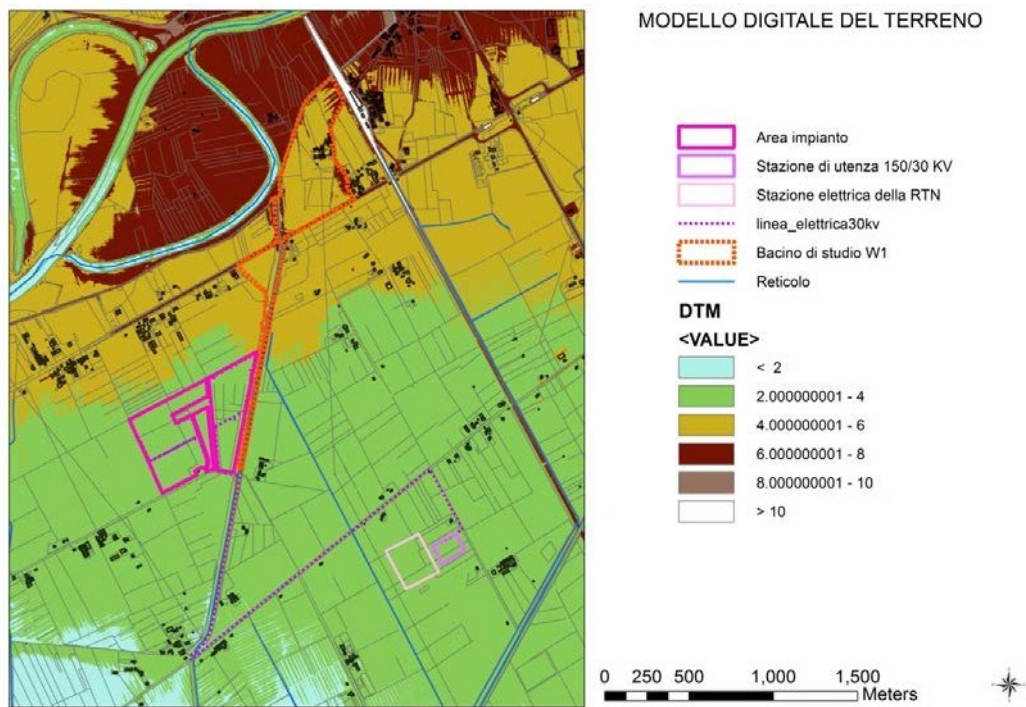


Figura 10 modello digitale del terreno

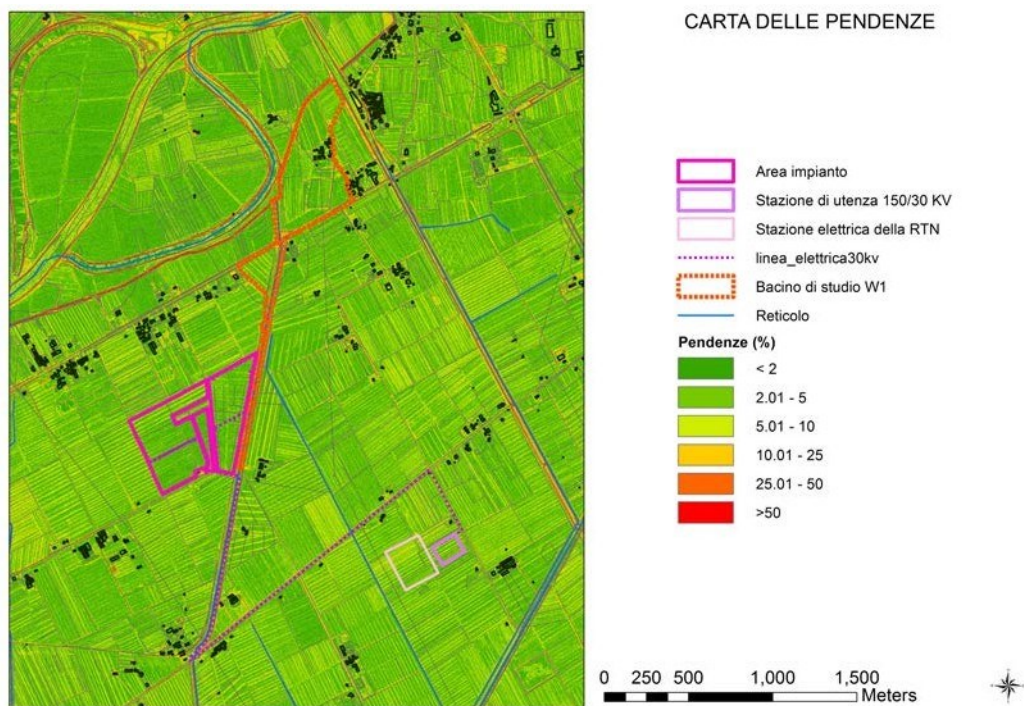


Figura 11 carta delle pendenze

I bacini di studio sono di seguito rappresentati.

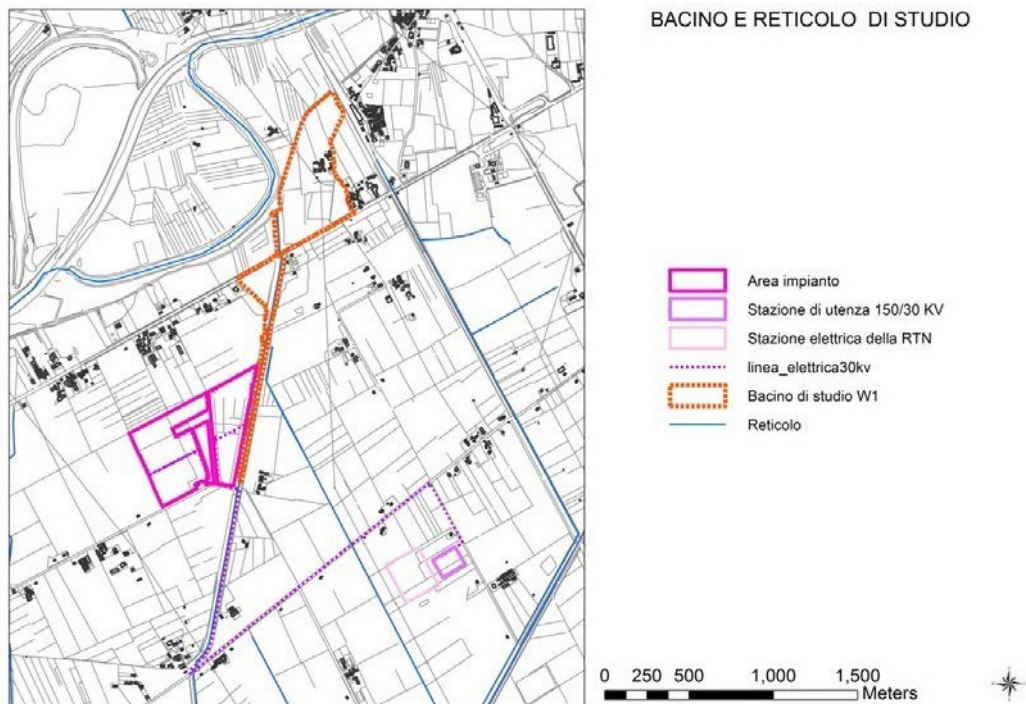


Figura 12 Bacini e reticoli di studio 2 su CTR

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(-)
W1	0.33	11	5	1	2.3	0.434783	10	0.37

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 40Km^q, 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)
W1	1.11	1.92	1.49	1.51

4.5 DETERMINAZIONE C.P.P.

Per la stima della legge di probabilità pluviometrica, che definisce appunto la variazione della media del massimo annuale dell'altezza di pioggia con la durata, il Rapporto VAPI Campania fa sostanzialmente riferimento a leggi a quattro parametri del tipo:

$$m[h(d)] = \frac{m[I_0]}{\left(1 + \frac{d}{d_c}\right)^{C-D-z}}$$

in cui:

- $m[I_0]$ rappresenta il limite dell'intensità di pioggia per d che tende a 0;
- z rappresenta la quota media del bacino, espressa in m.

Nel Rapporto VAPI Campania i parametri della suddetta legge sono stati determinati, per aree ritenute omogenee dal punto di vista pluviometrico, attraverso una procedura di stima regionale utilizzando i dati di 44 stazioni pluviografiche con più di 10 anni di osservazioni, ed in particolare:

- i massimi annuali delle altezze di pioggia in intervalli di 1, 3, 6, 12 e 24 ore;
- le altezze di pioggia relative ad eventi di notevole intensità e breve durata, che il SIMN non certifica come massimi annuali.

Localmente, ove si disponga di un sufficiente numero di stazioni pluviografiche ricadenti all'interno del bacino o ad esso limitrofe, la legge di probabilità pluviometrica può essere determinata con una ancora maggiore attendibilità effettuando una stima dei parametri in base ai dati di pioggia disponibili.

In tal caso, laddove dovessero mancare dati di pioggia relativi ad eventi di notevole intensità e breve durata, si può fare riferimento ad una legge di probabilità pluviometrica di tipo monomio

$$M[h(d)] = ad^n$$

che consente di interpolare bene i dati per durate maggiori o uguali ad 1 ora, ed i cui parametri a ed n possono essere stimati più semplicemente con una regressione di tipo logaritmica.

Nella figura seguente sono riportate le aree ritenute omogenee dal punto di vista pluviometrico nell'ambito del Rapporto VAPI Campania.

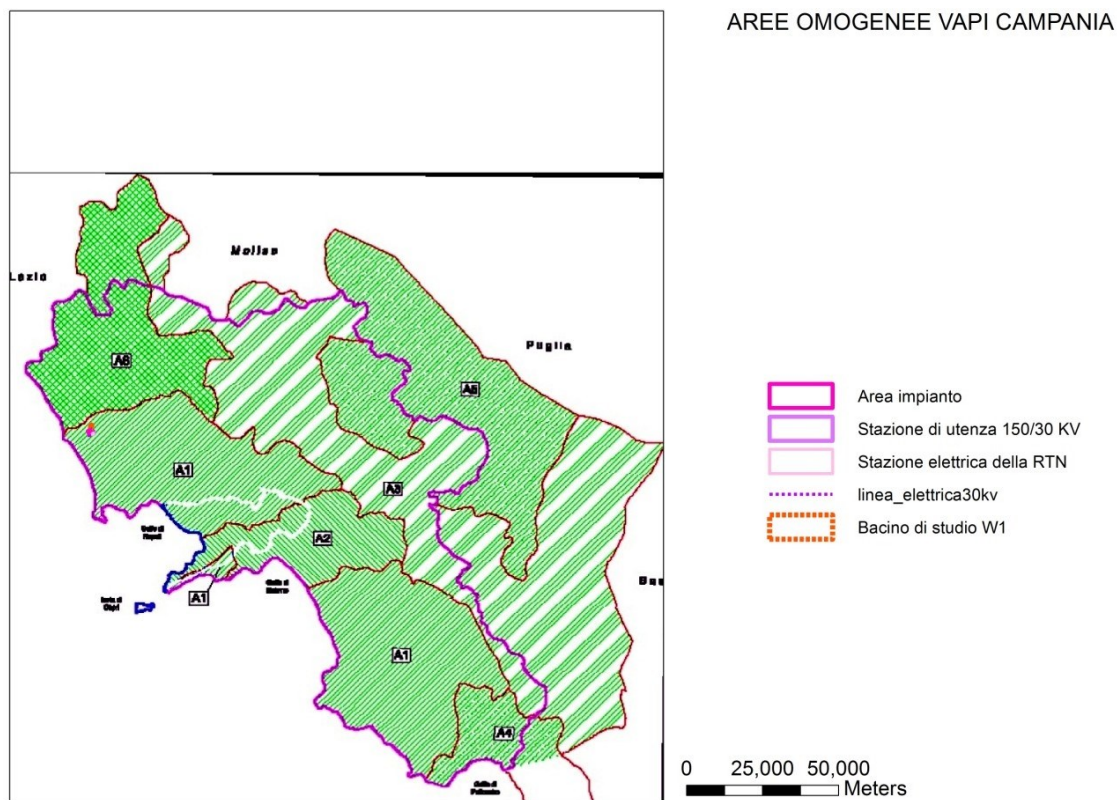


Figura 13 zone omogenee VAPI

Nella tabella che segue sono riportati i parametri statistici delle leggi di probabilità pluviometriche regionali per ognuna delle aree pluviometriche omogenee.

Area omogenea	n. stazioni	$\mu(I_0)$ (mm/ora)	d_c (ore)	C	$D \cdot 10^5$	ρ^2
1	14	77,1	0,3661	0,7995	3,6077	0,9994
2	12	83,8	0,3312	0,7031	7,7381	0,9991
3	5	117,0	0,0976	0,7360	8,7300	0,9980
4	3	78,6	0,3846	0,8100	24,8740	0,9930
5	6	232,0	0,0508	0,8351	10,8000	0,9993
6	4	87,9	0,2205	0,7265	8,8476	0,9969

In base ai dati di precipitazione della zona omogenea A1 in cui ricade il bacino di studio si è calcolata la curva di probabilità pluviometrica per tempi di pioggia inferiori l'ora per lo studio idraulico.

Il legame tra l'altezza h della precipitazione e la sua durata t per un determinato tempo di ritorno T è espressa da:

$$h = at^n$$

dove:

a = altezza di precipitazione oraria in mm.

t = tempo di pioggia in ore.

Nelle tabelle si indicano i dati di precipitazione ricavati dalle curve di intensità pluviometrica della zona omogenea A1 (derivata dal VAPI Campania).

Va detto che le curve di intensità pluviometrica si riferiscono alle altitudini massime del bacino di studio.

Va considerata la legge regionale di crescita delle portate per la regione Campania:

$$K_T = -0,0545 + 0,680 \cdot \ln T$$

tempo di ritorno	K_T
30	2.26
intensità A1 VAPI	
quota slm	3
tempo ore	I (mm/h)
0.1	143.6558
0.2	122.9825
0.4	96.56267
0.5	87.54183
1	60.81412

tempo di ritorno	K_T
100	3.07
intensità A1 VAPI	
quota slm	3
tempo ore	I (mm/h)
0.1	195.143
0.2	167.0603
0.4	131.1714
0.5	118.9174
1	82.61033

tempo di ritorno	K_T
300	3.82
intensità A1 VAPI	
quota slm	3
tempo ore	I (mm/h)
0.1	242.8164
0.2	207.873
0.4	163.2166
0.5	147.9689
1	102.792

Di seguito sono indicate le equazioni monomie di probabilità pluviometrica espresse dall'equazione $h=atn$ da utilizzare per determinare le portate.

TR=30 anni

$$y = 65.27x^{0.6311}$$

TR=100 anni

$$y = 88.66x^{0.6311}$$

TR=300 anni

$$y = 110.33x^{0.6311}$$

ALTEZZE DI PRECIPITAZIONE								
bacino	K30	K100	K300	a	n	h30(mm)	h100(mm)	h300(mm)
W1	2.25	3.07	3.82	28.88	0.631	84.14833	114.8157	142.8652

4.6 CALCOLO PORTATA DI MASSIMA PIENA

4.6.1 METODO VAPI

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)	K100(mc/s)	Q300(mc/s)
W1	1.894704	2.58521857	3.2167866

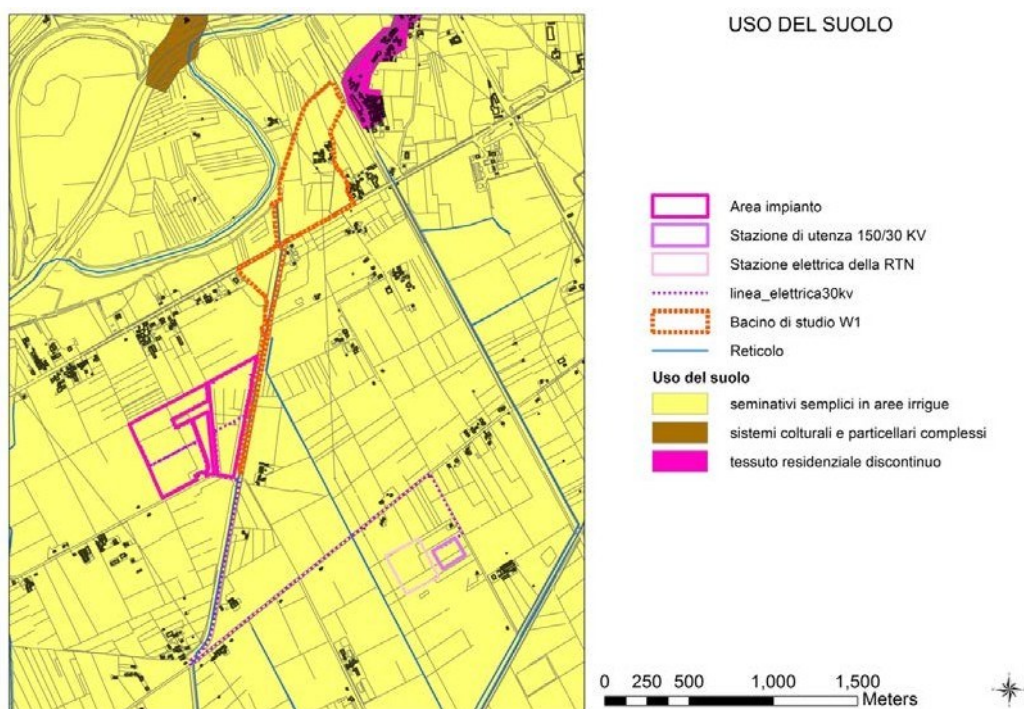


Figura 14 uso suolo

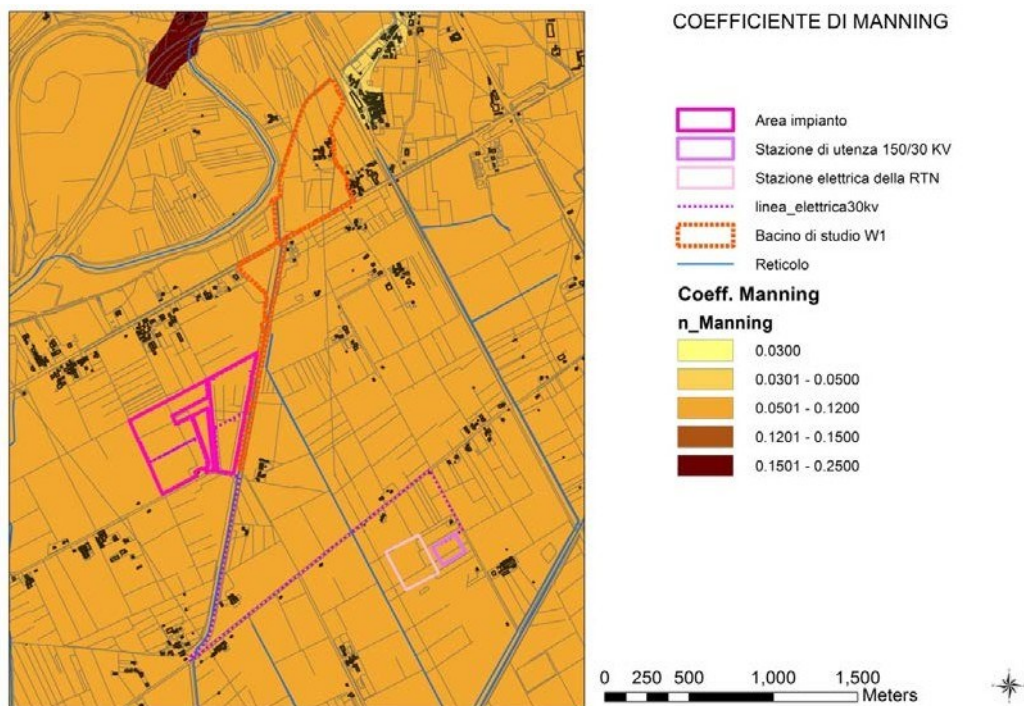


Figura 15 coefficiente di Manning

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 Hec-Ras versione 6 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, 100 e 300 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 è cioè HEC-RAS 6 ed 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 strutturate o non strutturate 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-elaborata 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 dell'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 1 m x 1 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.

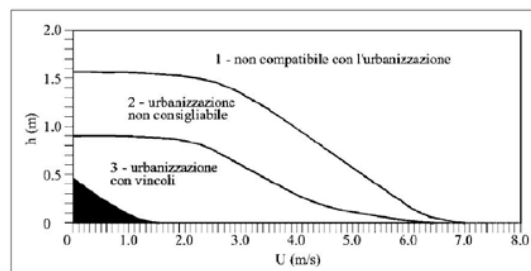
6.3 RISULTATI

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, 100 anni e 300anni.

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:



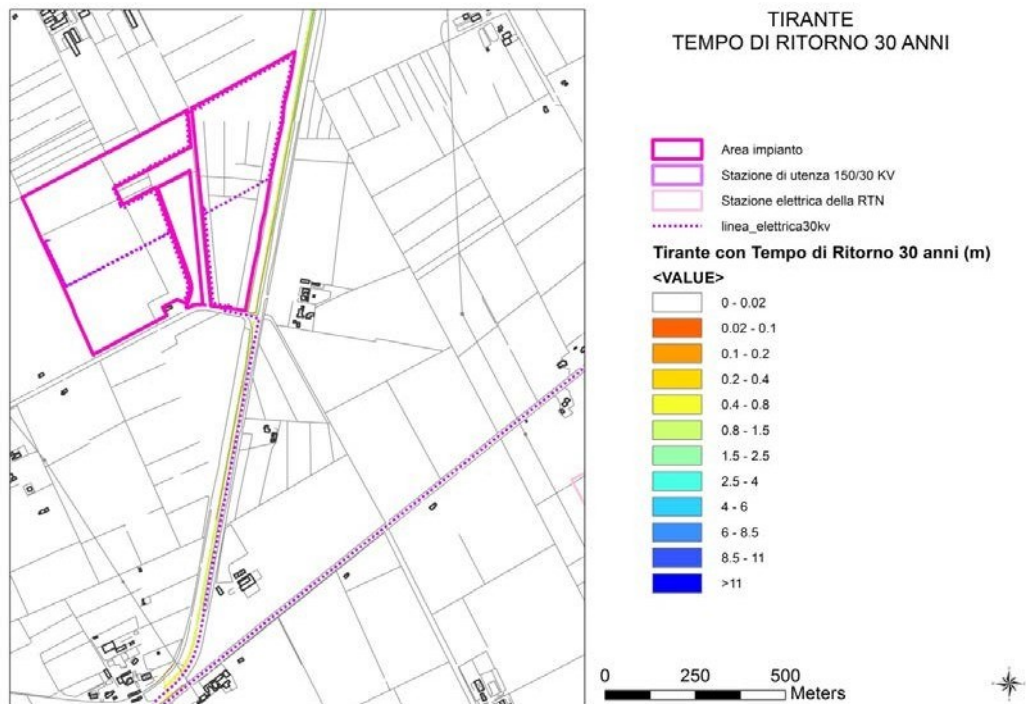


Figura 16 Planimetria tirante $Tr=30$ anni

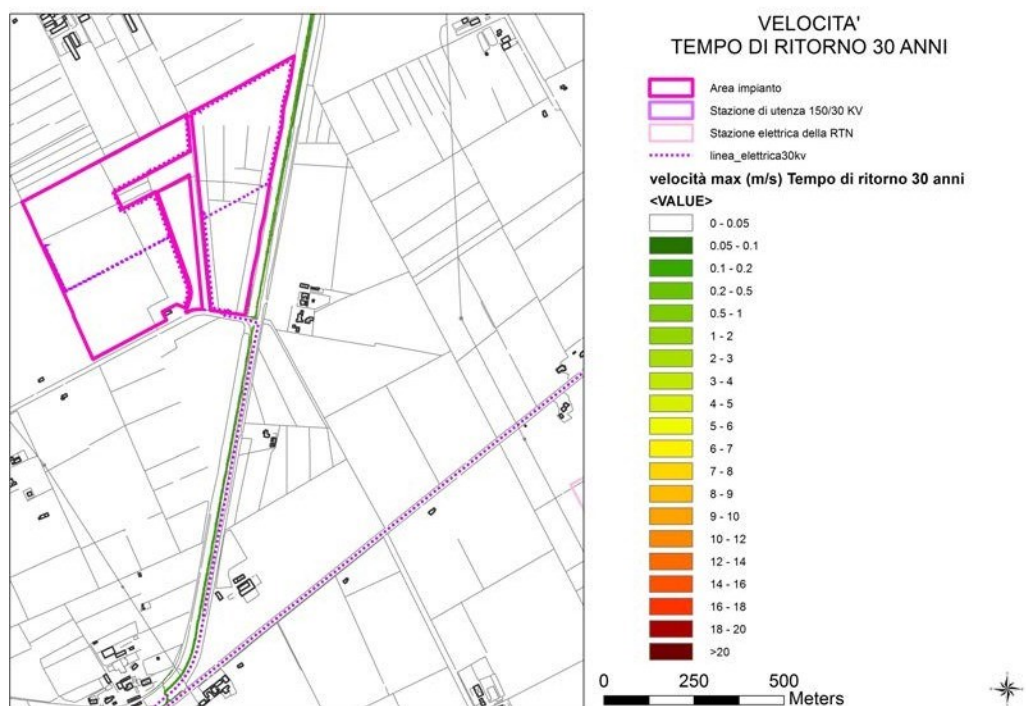


Figura 17: Planimetria velocità $Tr=30$ anni

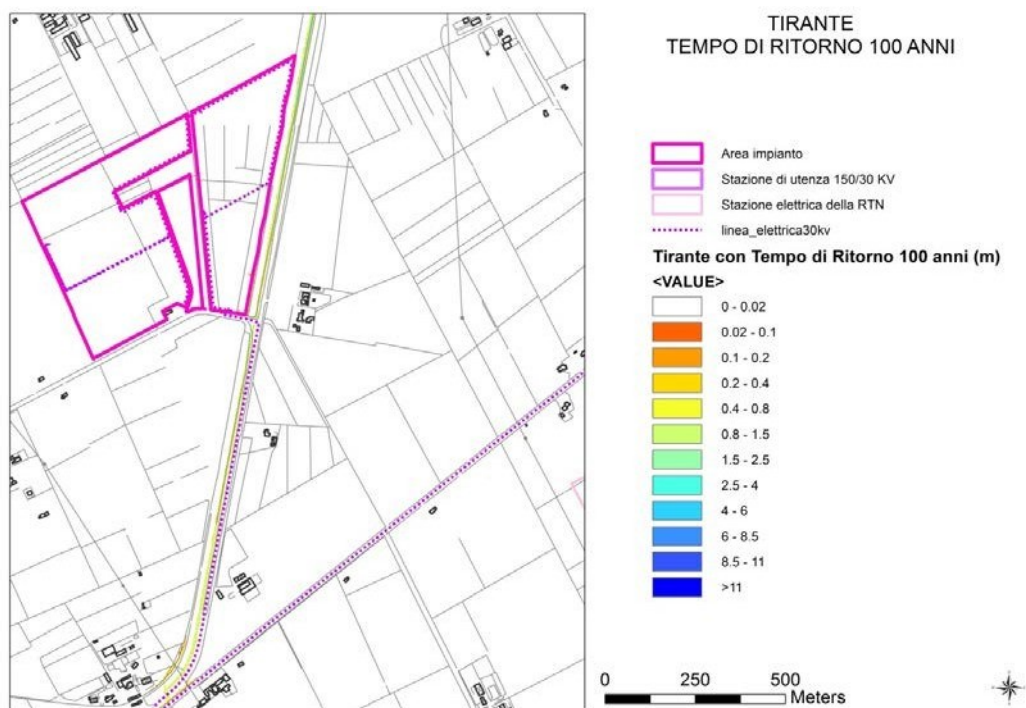


Figura 18 Planimetria tirante $tr=100$ anni

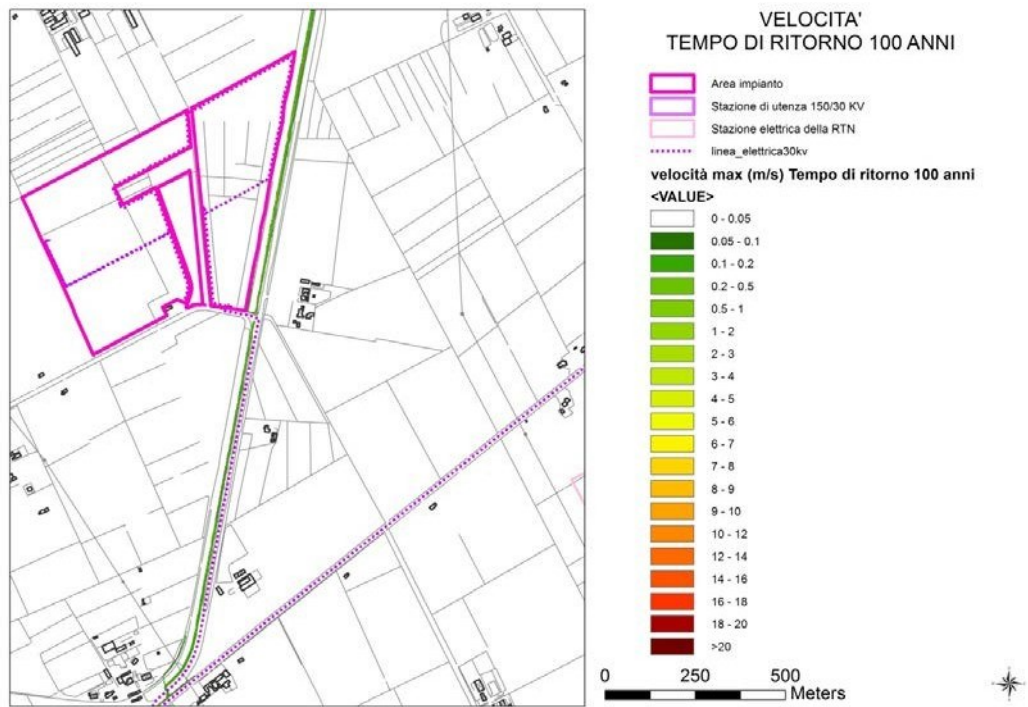


Figura 139 Planimetria velocità $T_r=100$ anni

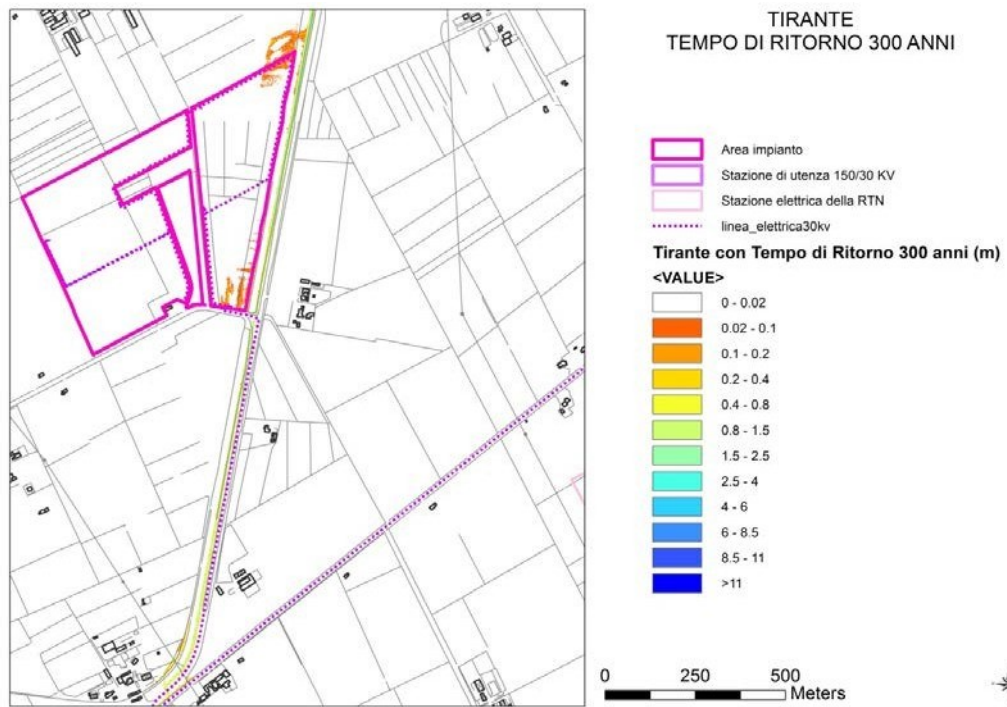


Figura 20 Planimetria tiranti $T_r=300$ anni

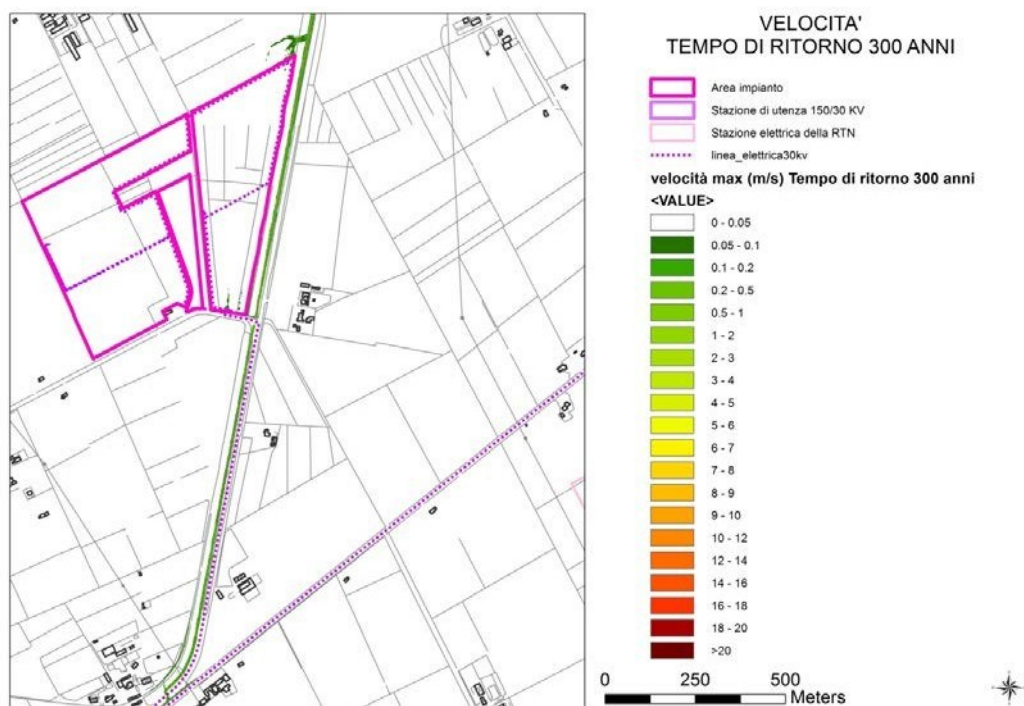


Figura 21 Planimetria velocità Tr=300 anni

Le elaborazioni eseguite mostrano l'assenza di esondazioni.

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.

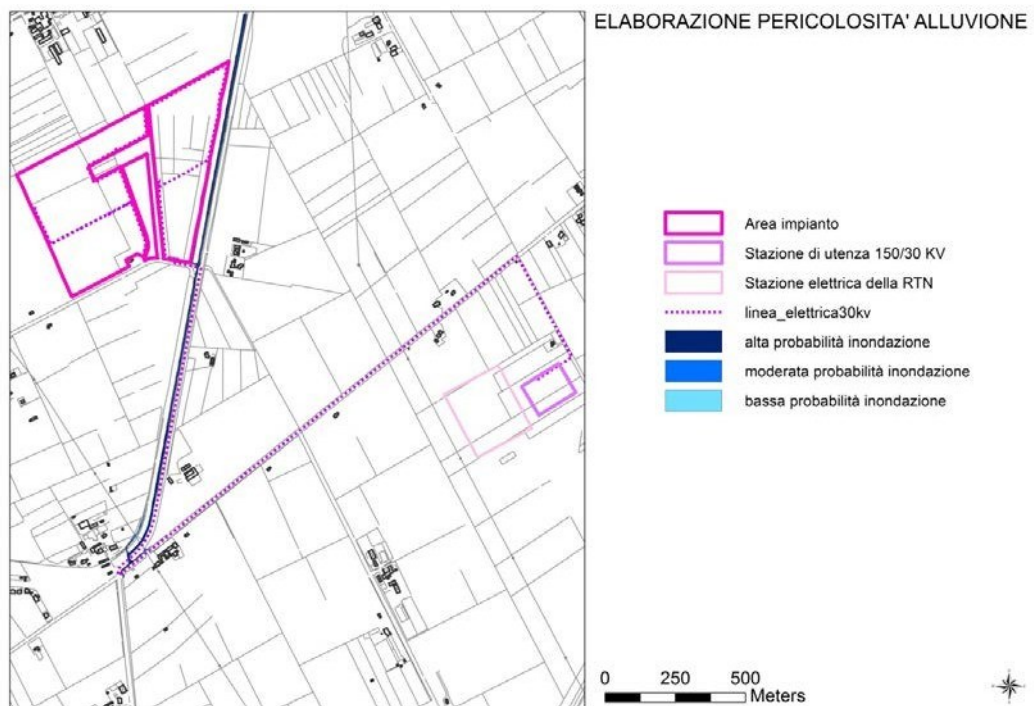


Figura 22 elaborazione pericolosità idraulica area di interesse

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.

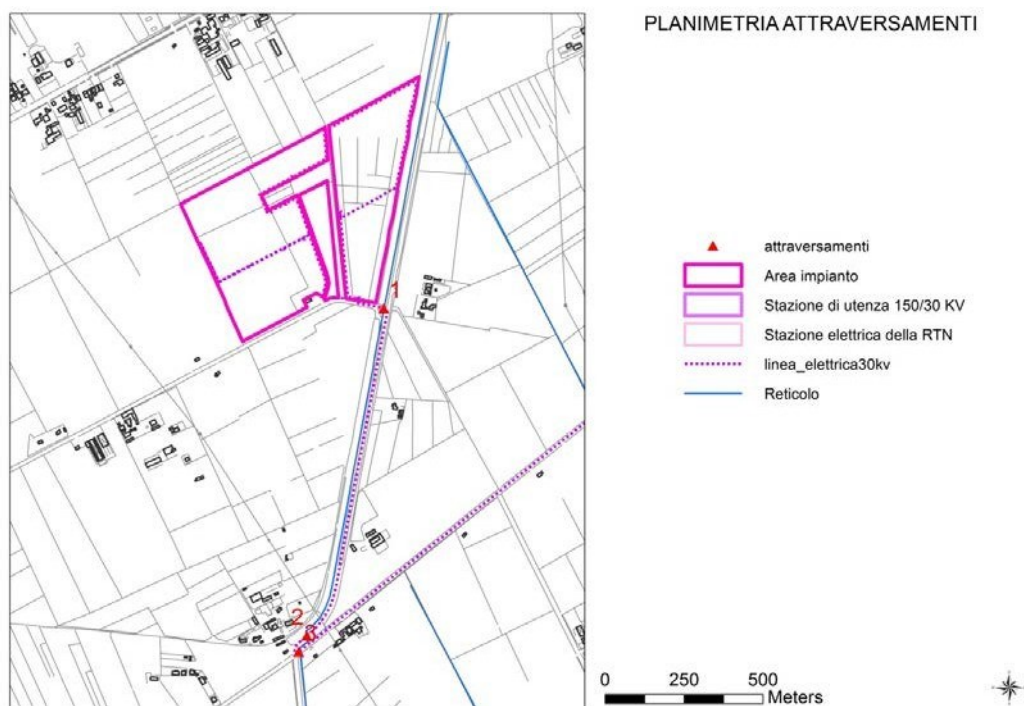


Figura 23 planimetria attraversamenti

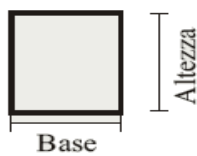
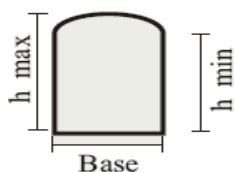
SCHEDA RILIEVO TOMBINI-PONTI

TRONCO	CODICE SU CARTOGRAFIA 42	
GESTORE	<input type="checkbox"/> Consorzio	COORDINATE EST UTM33 WGS84 417693
	<input checked="" type="checkbox"/> Comune	COORDINATE NORD UTM33 WGS84 4544110
	<input type="checkbox"/> Provincia	DATA RILIEVO MAR 2022
	<input type="checkbox"/> ANAS	
	<input type="checkbox"/> Ferrovia	<input type="checkbox"/> Tratto tombato
	<input type="checkbox"/> Altro vialetto privato	

CANALE

<input type="checkbox"/> > Sezione tombino	<input type="checkbox"/> < Sezione tombino	<input type="checkbox"/> Rivestito (pietrame c.a.)
<input type="checkbox"/> Buone condizioni	<input type="checkbox"/> Interrato >50%	<input type="checkbox"/> Ostruito
<input type="checkbox"/> Presenza folta vegetazione		

TOMBINO



Base(m)	Base(m)	D min(m) 3	lunghezza(m) 15m
h min(m)	Altezza(m)	D max(m) 3	pendenza 2 %
h max(m)			

buone condizioni parzialmente ostruito praticamente ostruito



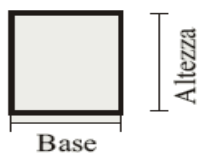
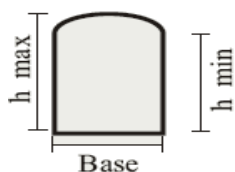
SCHEDA RILIEVO TOMBINI-PONTI

TRONCO		CODICE SU CARTOGRAFIA 43
GESTORE	<input type="checkbox"/> Consorzio	COORDINATE EST UTM33 WGS84 417447
	<input checked="" type="checkbox"/> Comune	COORDINATE NORD UTM33 WGS84 4543074
	<input type="checkbox"/> Provincia	DATA RILIEVO MAR 2022
	<input type="checkbox"/> ANAS	
	<input type="checkbox"/> Ferrovia	<input type="checkbox"/> Tratto tombato
	<input type="checkbox"/> Altro vialetto privato	

CANALE

<input type="checkbox"/> > Sezione tombino	<input type="checkbox"/> < Sezione tombino	<input type="checkbox"/> Rivestito (pietrame c.a.)
<input type="checkbox"/> Buone condizioni	<input type="checkbox"/> Interrato >50%	<input type="checkbox"/> Ostruito
<input type="checkbox"/> Presenza folta vegetazione		

TOMBINO



Base(m)	Base(m)	D min(m) 3	lunghezza(m) 6m
h min(m)	Altezza(m)	D max(m) 3	pendenza 2 %
h max(m)			

buone condizioni parzialmente ostruito praticamente ostruito



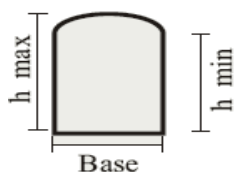
SCHEDA RILIEVO TOMBINI-PONTI

TRONCO		CODICE SU CARTOGRAFIA 44
GESTORE	<input type="checkbox"/> Consorzio	COORDINATE EST UTM33 WGS84 417422
	<input checked="" type="checkbox"/> Comune	COORDINATE NORD UTM33 WGS84 4543022
	<input type="checkbox"/> Provincia	DATA RILIEVO MAR 2022
	<input type="checkbox"/> ANAS	
	<input type="checkbox"/> Ferrovia	<input type="checkbox"/> Tratto tombato
	<input type="checkbox"/> Altro vialetto privato	

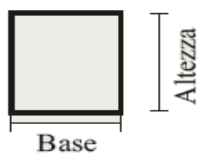
CANALE

<input type="checkbox"/> > Sezione tombino	<input type="checkbox"/> < Sezione tombino	<input type="checkbox"/> Rivestito (pietrame c.a.)
<input type="checkbox"/> Buone condizioni	<input type="checkbox"/> Interrato >50%	<input type="checkbox"/> Ostruito
<input type="checkbox"/> Presenza folta vegetazione		

TOMBINO



Base(m)
h min(m)
h max(m)



Base(m)
Altezza(m)



D min(m) 3
D max(m) 3



lunghezza(m) 6m
pendenza 2 %

<input type="checkbox"/> buone condizioni	<input checked="" type="checkbox"/> parzialmente ostruito	<input type="checkbox"/> praticamente ostruito
---	---	--



8. CONCLUSIONI STUDIO

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 30 100 e 300 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 pianeggiante 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 30 100 e 300 anni. L'area allagabile relativa al reticolo di studio non interessa l'impianto fotovoltaico in progetto; l'area allagabile intercetta la linea elettrica ma non c'è interferenza in quanto il cavidotto interrato in MT nella strada ne tiene conto.

L'area allagabile non interessa l'impianto fotovoltaico in progetto; intercetta la linea elettrica ma non c'è interferenza in quanto il cavidotto interrato in MT nella strada ne tiene conto.

Castellaneta, aprile 2022

il Tecnico
Geol. Donato Perniola

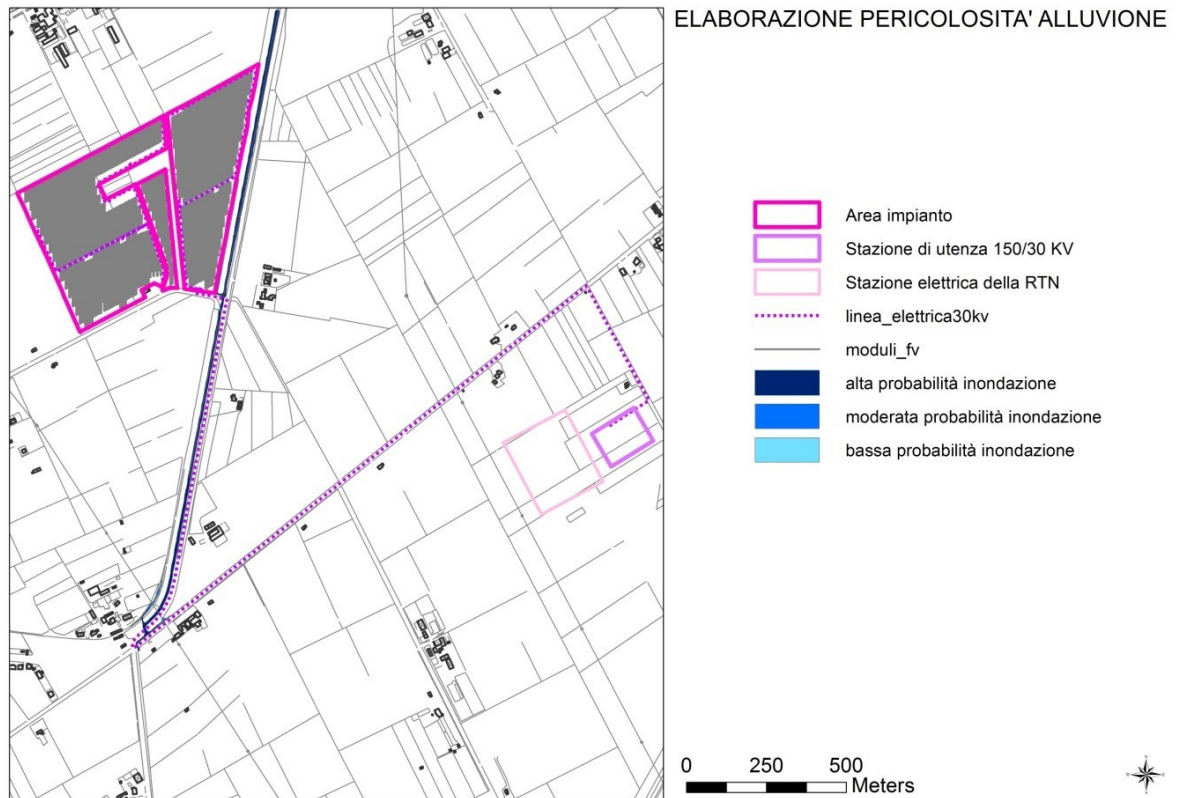


Figura 24 elab. pericolosità idraulica