



REGIONE SICILIA
PROVINCIA DI CATANIA
COMUNE DI CATANIA

OGGETTO

PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO PER UNA POTENZA NOMINALE DI 45,4 MWp (33 MW IN IMMISSIONE) INTEGRATO DA UN SISTEMA DI ACCUMULO DA 16,5 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI CATANIA (CT) IN LOCALITÀ PASSO MARTINO

PROGETTO DEFINITIVO

PROPONENTE



TITOLO

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

PROGETTISTA

Dott. Ing. Girolamo Gorgone

Geologo

Dott. Geol. Ignazio Giuffrè

CODICE ELABORATO

XP_R_03_A_G

SCALA

n° Rev.	DESCRIZIONE REVISIONE	DATA	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO

Rif. PROGETTO

N. | | | | | | | | | |

NOME FILE DI STAMPA

SCALA DI STAMPA DA FILE

COMUNE DI CATANIA
- CITTÀ METROPOLITANA DI CATANIA -

RELAZIONE IDRAULICA

Progetto Definitivo

Progetto di un impianto agro-fotovoltaico per una potenza nominale di 45,4 MWp (33 MW in immissione) integrato da sistema di accumulo da 16,5 MW e relative opere di connessione da realizzarsi in località PASSO MARTINO

Comm: Ing. Girolamo Gorgone
Data: Marzo 2023



Dott. Geol. Ignazio Giuffrè

Via Mazzini, 9 - 90018 Termini Imerese (PA) Tel. 338.4373063
P. IVA: 04698200823 E Mail – ignazio.giuffre@gmail.com



COMUNE DI CATANIA

- CITTÀ METROPOLITANA DI CATANIA -

RELAZIONE IDRAULICA

“Progetto di un impianto agro-fotovoltaico per una potenza nominale di 45,4 MWp (33 MW in immissione) integrato da sistema di accumulo da 16,5 MW e relative opere di connessione da realizzarsi in località PASSO MARTINO”

Premessa

Il presente lavoro costituisce parte integrante di un progetto di un impianto agro-fotovoltaico per una potenza nominale di 45,4 MWp (33 MW in immissione) integrato da sistema di accumulo da 16,5 MW e relative opere di connessione da realizzarsi in località *Passo Martino* su incarico dell'Ing. Girolamo Gorgone, in nome e per conto di *X-ELIO Energy*.

Per incarico conferitomi dalla sopracitata società, lo scrivente ha redatto, il presente studio idrologico ed idraulico, in applicazione dell'art. 27, comma 1, delle Norme di Attuazione (N d A) del P.A.I. approvate con D.P. n. 09/AdB del 06/05/2021.



Il lotto di terreno, nonché un significativo ambito di studio, oggetto di approfondite verifiche idrologiche ed idrauliche, è ubicato nelle vicinanze del torrente “Gornalunga”, ovvero in adiacenza alla S.P. n. 104 di Catania, nei pressi della cittadella militare di “Sigonella”, in territorio comunale di Catania, che rientra all’interno del Piano per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.), inerente il *“Bacino idrografico del Fiume Simeto (094)”*, redatto dall’Assessorato Regionale Territorio ed Ambiente, ed approvato con D.P.R.S. n. 538 del 20/09/2006, pubblicato sulla G.U.R.S. n° 51 del 03/11/2006.

Il lotto di terreno in questione, ricade, inoltre, in area sottoposta a rispetto del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico della Sicilia, – primo aggiornamento - approvato ai sensi degli articoli 65 e 66 del D. Lgs. 152 del 2006, di cui all’art. 7 della Direttiva 207/60/CE e all’art. 7 del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49, approvato definitivamente con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 1 dicembre 2022.

Il lotto di terreno, oggetto di interventi, ricade prevalentemente in area P2 (pericolosità media), ed in parte nell’area P3 (pericolosità alta) della Carta della Pericolosità Idraulica per fenomeni di esondazione N° 112 (C.T.R. 640040) ed in minima parte N° 102 (C.T.R. 633160). I Committenti, intendono realizzare sull’intero lotto a disposizione un impianto di tipo fotovoltaico con pannelli solari termici.

Pertanto, nella presente relazione specialistica, utilizzando i dati idrologici del vigente P.A.I., è stato eseguito uno studio idraulico mediante l’utilizzo di un software di calcolo bidimensionale, (HEC RAS 2D), al fine di calcolare l’altezza del tirante idrico dell’intero lotto di terreno, e quindi valutare il livello di pericolosità e le eventuali opere di mitigazione da realizzare, ed infine accertare la compatibilità idraulica delle opere in progetto con le programmazioni inerenti il P.A.I..

I dati di input idrologici, utilizzati nella presente verifica idraulica, sono quelli già approvati ed attualmente vigenti nel PAI, ovvero quelli riportati nella relazione generale di bacino, allegata alle cartografie di approvazione del P.A.I..

Sarà compito del progettista, sulla scorta dei dati di seguito riportati e da quelli emersi dalle indagini eseguite, effettuare le verifiche e le scelte progettuali così come previsto dalle norme vigenti (*parere del Consiglio di Stato n°154 del 02.06.1994*).

Il lavoro è stato, quindi, articolato sviluppando il seguente schema:

1. inquadramento territoriale e stato attuale;



2. notizie storiche;
3. obiettivi;
4. studio idrologico;
5. studio idraulico;
 - 5.1. descrizione generale;
 - 5.2. definizione del modello di calcolo;
 - 5.3. definizione del valore del coefficiente di Manning;
 - 5.4. verifica idraulica;
6. conclusioni.

Risultano allegati alla presente relazione i seguenti elaborati:

- stralcio topografico in scala 1:25.000;
- aerofotogrammetria in scala 1:10.000;
- stralcio carta pericolosità idraulica (CTR N. 640040 e 633160);
- stralcio carta rischio idraulico per fenomeni di esondazione (CTR N. 640040 e 633160);
- stralcio modello di calcolo utilizzato;
- carta della pericolosità idraulica per fenomeni da esondazione finale redatta con metodologia completa e modello 2D.



1. Inquadramento territoriale e stato attuale

Il lotto di progetto, ricade nella tavoletta “*Villaggio Delfino*” Foglio n. 270 Quadrante III Orientamento S.O. della Carta d'Italia, edita in scala 1:25.000 dall'Istituto Geografico Militare Italiano, mentre la sottostazione elettrica ricade nella tavoletta “*Catania*” Foglio n. 270 Quadrante III Orientamento N.O. della Carta d'Italia, edita in scala 1:25.000, e nelle due carte tecniche regionali C.T.R. 633160, 640040 e 634130 denominate rispettivamente “*Masseria Calatabiano*” e “*Cuccumella*”.

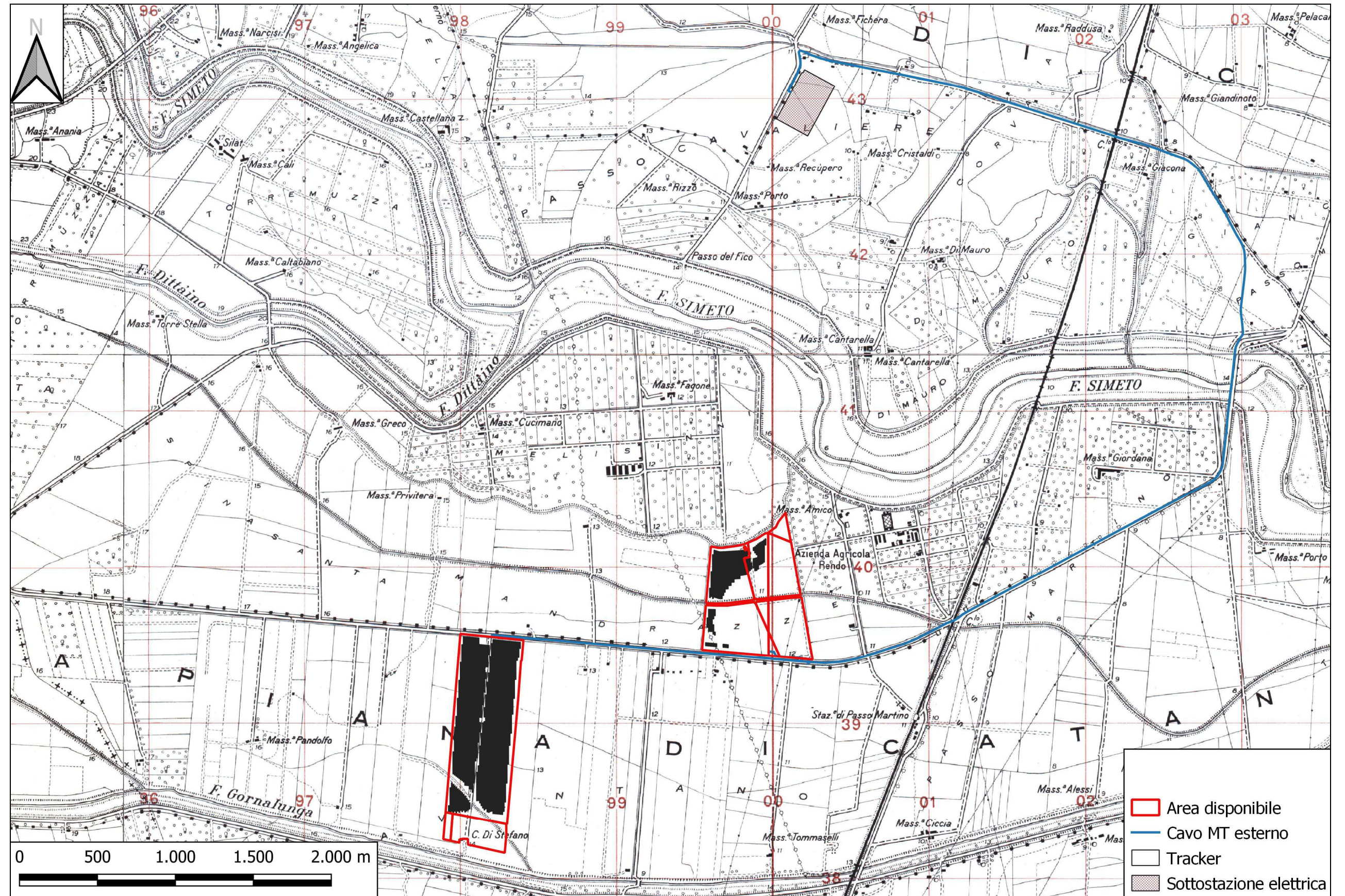
L'area destinata all'impianto agro-fotovoltaico e le opere di connessione ricadono interamente nel comune di Catania. Il tracciato del cavidotto di connessione alla RTN interessa i medesimi territori comunali e dista in linea d'aria circa 4 km dall'impianto.

La superficie complessiva dell'Area disponibile per l'impianto è di poco superiore ai 98 ettari, suddivisa tra circa 53 ettari dell'Area Nord e circa 45 ettari dell'Area Sud.

L'impianto agro-fotovoltaico è facilmente raggiungibile da Catania imboccando in direzione sud la strada statale SS 114 fino allo svincolo sulla SS 194, successivamente imboccando la strada provinciale SP 104 fino all'uscita sulla SC 4 ed in fine percorrendo in direzione ovest la strada provinciale SP 69II.

L'area disponibile Nord (N), è prevalentemente adibita a seminativo con marginale presenza di frutteti minori ed ha una superficie totale di circa 53 ettari. L'altimetria nel complesso varia tra 10 ed i 13 m s.l.m. è quindi prettamente pianeggiante con valori nulli di pendenza. All'interno dell'area si ha la presenza di strade interpoderali ed anche un arco idrico di modestissima entità.

L'area disponibile Sud (S), è interamente adibita a seminativo, presenta una morfologia pianeggiante. L'area ha una superficie complessiva di circa 46 ettari. L'altimetria varia tra 13 ed i 16 m s.l.m. risulta anche in questo caso prettamente pianeggiante con valori nulli di pendenza. Assimilabili a valori inferiori all'1%



Stralcio topografico in scala 1:25.000



Stralcio aerofotogrammetrico area impianto in scala 1:10.000



In particolare, i due appezzamenti di terreno, oggetto di realizzazione degli impianti in questione, ricadono uno nelle immediate vicinanze del torrente “Gornalunga”, e l’altro nelle vicinanze del Fiume “Simeto”, entrambi posizionati nei pressi della cittadella militare di “*Sigonella*”, in territorio comunale di Catania. L’area di progetto, ricade all’interno del Piano per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.), inerente il “*Bacino idrografico del Fiume Simeto (094)*”, redatto dall’Assessorato Regionale Territorio ed Ambiente, ed approvato con D.P.R.S. n.538 del 20/09/2006, pubblicato sulla G.U.R.S. n° 51 del 03/11/2006.

Entrambi i lotti di progetto, come si evince dal precedente stralcio aerofotogrammetrico, ricadono in una zona a bassa densità edilizia (“E1 – “Case sparse”); il primo posto in destra idraulica del torrente “Gornalunga”, in prossimità della S.P. n. 104 di Catania, nel territorio comunale di Catania, il secondo posizionato in sinistra idraulica rispetto al Fiume “Simeto”.



2. Notizie storiche

Al fine di acquisire delle notizie storiche in merito all'area in studio, è stata consultata la Relazione di Bacino del vigente P.A.I. sulla quale sono stati riportati i vari eventi di piena segnalati negli anni da parte di tutti i Comuni interessati, nonché i contenuti del Sistema Informatico sulle Catastrofi Idrogeologiche (SICI), ideato dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalla Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI), del Consiglio Nazionale delle ricerche (CNR), è gestito dall'Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica (IRPI) del CNR, che fornisce dati ed informazioni sul dissesto idrogeologico, ed in particolare su frane e inondazioni avvenute in Italia. Le informazioni provengono da archivi diversi, alcuni prodotti e gestiti direttamente dal CNR-GNDCI e dal CNR-IRPI, altri messi a disposizione da altri Enti di ricerca e da Enti locali.

Di seguito, si riporta una tabella con i diversi eventi alluvionali che hanno interessato nel tempo il torrente "Gornalunga" ed il vicino Fiume "Simeto":

Numero	Località	Data	Ambiente fisiografico	Fiume
9100011	Bronte - Zona nord del territorio comunale	10/10/1996	Collina	F. Simeto
5100079	Piana di Catania	1/1/1973	Pianura	F. Simeto
5100079	Paternò - Zona nei pressi dell'abitato	1/1/1973	Pianura	F. Simeto
5100065	Piana di Catania - Contrada Corvaia	4/12/1964	Pianura	F. Gornalunga
5100054	Piana di Catania	1/23/1957	Pianura	F. Simeto
5100056	Piana di Catania	11/21/1957		F. Simeto
5100048	Piana di Catania	2/3/1955	Pianura	F. Simeto
5100047	Piana di Catania - Primosole	1/23/1955	Pianura	F. Simeto
5100046	Piana di Catania	2/15/1954	Pianura	F. Simeto
5100040	Piana di Catania	3/16/1953		F. Simeto
5100038	Pantano di Lentini	10/15/1951		F. Simeto
5100038	Piana di Catania	10/15/1951		F. Simeto
7100027	Piana di Catania	10/15/1951	Pianura	F. Simeto
7100027	Piana di Catania	10/15/1951	Pianura	F. Gornalunga
5100036	Piana di Catania	1/5/1949	Pianura	F. Simeto
5100034	Piana di Catania	9/15/1948	Pianura	F. Simeto
5100034	Adrano - Centuripe (tratto tra le due località)	9/15/1948	Pianura	F. Simeto
5100034	Adrano - Centuripe (tratto tra le due località)	9/15/1948	Pianura	F. Simeto
5100032	Biancavilla - Presso il ponte stradale sul Fiume Simeto	1/23/1946	Pianura	F. Simeto
5100032	Piana di Catania	1/23/1946	Pianura	F. Simeto



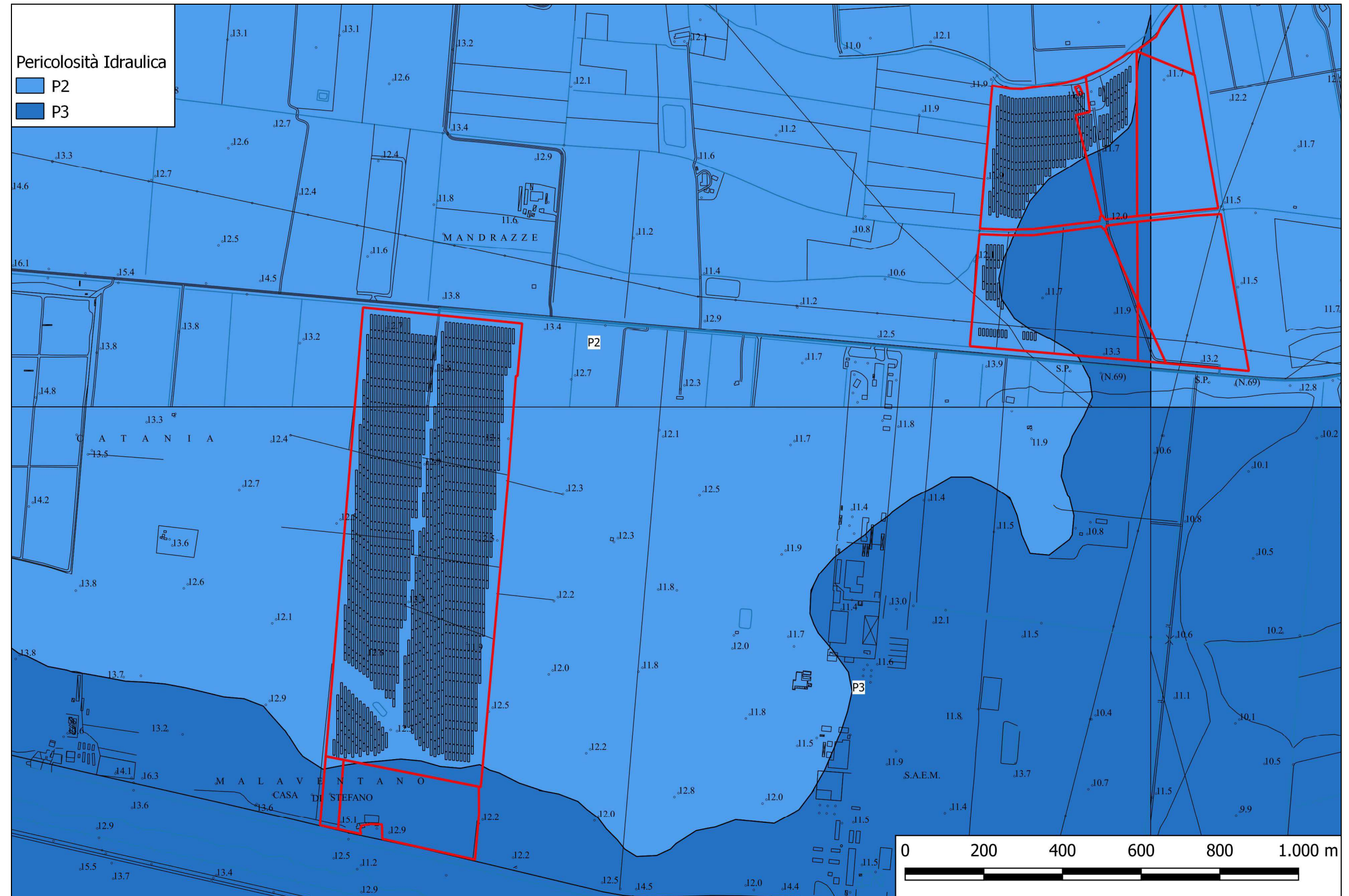
5100025	Motta Sant'Anastasia - Zona della stazione	1/24/1934	Pianura	F. Simeto
5100025	Piana di Catania	1/24/1934	Pianura	F. Simeto
5100025	Bicocca - Zona nei pressi della località	1/24/1934	Pianura	F. Simeto
5100021	Biscari - Ponte sul Fiume Simeto	12/2/1933	Pianura	F. Simeto
5100021	Piana di Catania - Zona compresa tra la stazione di Motta Sant'Anastasia e la campagna ad ovest	12/2/1933	Pianura	F. Simeto
5100021	Piana di Catania - Primosole	12/2/1933	Pianura	F. Simeto
5100021	Contrada Padortello	12/2/1933	Pianura	F. Simeto
1100009	Paternò - Zona nei pressi dell'abitato	2/22/1931	Pianura	F. Simeto
1100009	Piana di Catania	2/22/1931	Pianura	F. Simeto
1100009	Piana di Catania	2/22/1931	Pianura	F. Gornalunga
5100018	Piana di Catania	12/10/1931	Pianura	F. Simeto
3100018	Piana di Catania	1/10/1928	Pianura	F. Simeto
5100016	Aragona - Iutorella (ponte che unisce le due contrade)	12/2/1927	Pianura	F. Simeto
5100016	Contrada Contrasto (all'imbocco del Fiume Simeto con il Fiume Salso)	12/2/1927	Pianura	F. Simeto
5100015	Piana di Catania	11/27/1927	Pianura	F. Simeto
5100015	Gerbini - Simeto (lungo la linea ferroviaria)	11/27/1927	Pianura	F. Simeto
5100012	Piana di Catania	3/21/1925	Pianura	F. Simeto
5100012	Piana di Catania	3/21/1925	Pianura	F. Gornalunga
3100013	Piana di Catania	12/9/1924	Pianura	F. Gornalunga
5100009	Passo Martino	11/24/1920	Collina	F.so Benante
5100009	Passo Martino	11/24/1920	Collina	F. Simeto
3100006	Piana di Catania	11/9/1920	Pianura	F. Simeto
5100009	Passo Martino	11/24/1920	Collina	F. Gornalunga
3100019	Piana di Catania	3/26/1908	Pianura	F. Simeto

Come si evince dalla precedente tabella, la zona della piana di Catania, dove scorre sia il torrente Gornalunga, che il Fiume Simeto, periodicamente è stata soggetta a diverse esondazioni, comunque tutte ascrivibili ai periodi precedenti agli interventi di sistemazione idraulica della piana di Catania, che hanno interessato la regimentazione dei principali corsi d'acqua, e la realizzazione di diversi canali in cls, che oltre a diminuire la portata di colmo dei principali corsi d'acqua, servono diversi terreni ai fini irrigui.

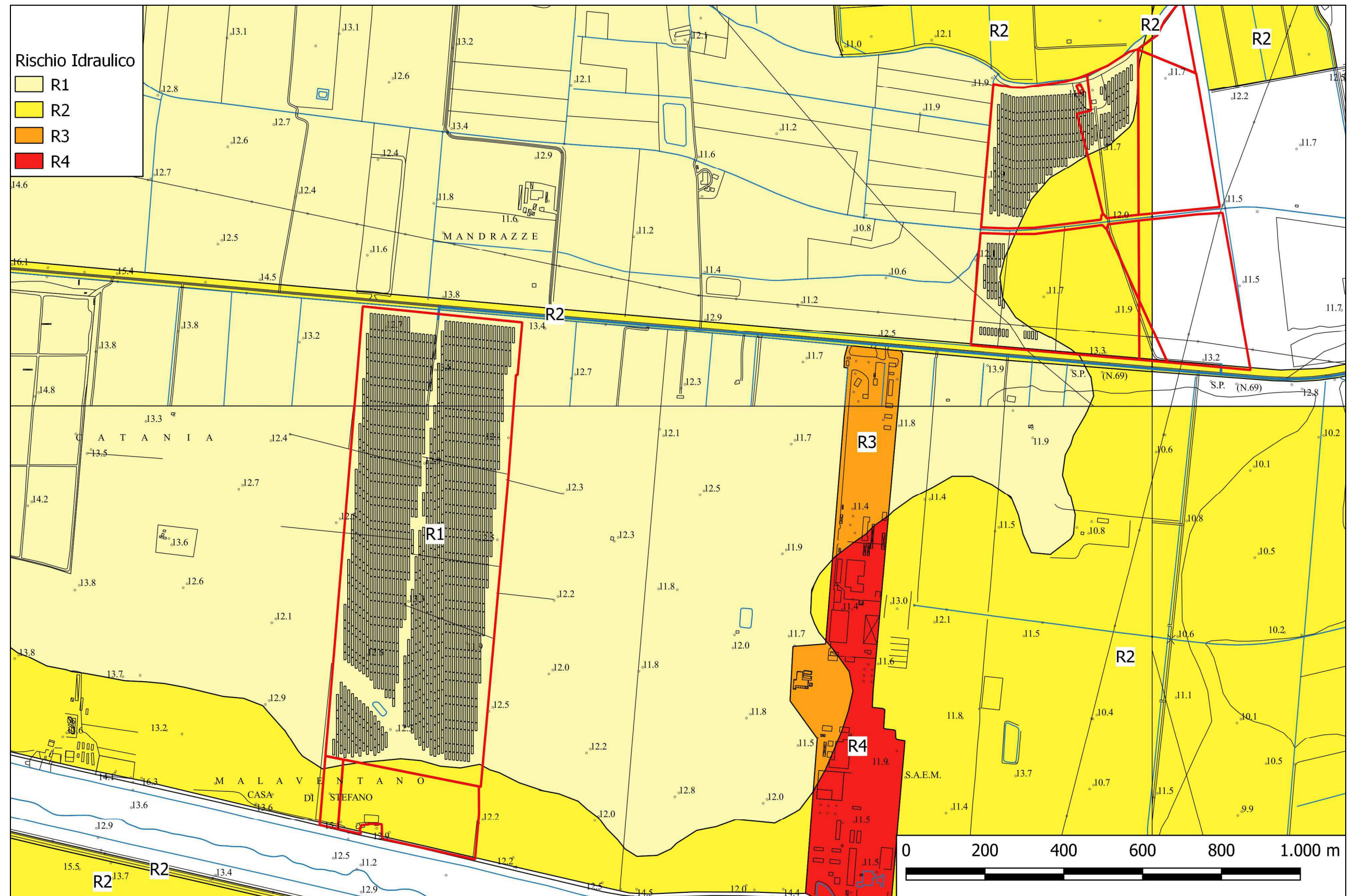


3. Obbiettivi

Come detto in precedenza, i due lotti di terreno oggetto di intervento di realizzazione del parco fotovoltaico, ricadono in zona E1 “Case Sparse”, anche se il parco fotovoltaico, essendo paragonabile ad Reti ed infrastrutture tecnologiche di secondaria importanza viene incluso tra le zone “E2”, e ricadono principalmente in area P2 (pericolosità media), ed in parte in area P3 (Pericolosità alta) della Carta della Pericolosità Idraulica per fenomeni di esondazione N°112 (C.T.R. 640040) ed in minima parte N°102 (C.T.R. 633160), del Piano per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.), inerente il “*Bacino idrografico del Fiume Simeto (094)*”,redatto dall’Assessorato Regionale Territorio ed Ambiente, ed approvato con *D.P.R.S. n. 538 del 20/09/2006*, pubblicato sulla *G.U.R.S. n° 51 del 03/11/2006*, come si evince dal successivo stralcio cartografico:



Stralcio unione carta pericolosità idraulica (CTR N. 640040 e 633160)



Stralcio unione carta rischio idraulico per fenomeni di esondazione (CTR N. 640040 e 633160)



Lo scopo della presente relazione specialistica, è quello di individuare la pericolosità ed il rischio idraulico, dei due lotti di terreno in questione, mediante l'implementazione di un modello idraulico bidimensionale, di propagazione dell'onda di piena.

Per rischio idraulico si intenderà in questo contesto il rischio di alluvionamento dato dal deflusso superficiale non regimato conseguente ad un evento pluviometrico critico di fissato tempo di ritorno.

Per i due lotti di progetto, resta inteso, comunque, che:

- nella porzione del lotto di progetto, ricadente in **zona P3 (pericolosità elevata)** ai sensi dell'art. 26 comma 3 delle NdA del P.A.I., *“..... nelle aree a pericolosità idraulica P4 e P3 sono consentiti, previa verifica di compatibilità idraulica.....”*
- nella porzione del lotto di progetto, ricadente in **zona P2 (pericolosità media)** ai sensi dell'art. 27 comma 1 delle NdA del P.A.I., *“.....nelle aree a pericolosità P2 e P1, oltre agli interventi di cui all'art. 26, è consentita (previa verifica di compatibilità) l'attuazione delle previsioni degli strumenti urbanistici, generali e attuativi, e di settore vigenti, corredati da un adeguato studio di compatibilità esteso ad un ambito significativo.....”*.

Pertanto, per quanto detto sopra, il calcolo della pericolosità idraulica dei due lotti di progetto, nonché la stima del rischio idraulico residuo, è stata valutata mediante l'applicazione di un modello di calcolo matematico bi-dimensionale *HEC-RAS (River Analysis System)* sviluppato dall'*United States Army Corps of Engineering (USACE)*, *Hydrological Engineering Center (HEC)*, in particolare, la versione del codice utilizzata è la 6.3.1, del settembre 2022.

Considerando le caratteristiche topografiche, idrologiche ed idrauliche dell'area in esame, nei seguenti paragrafi saranno quindi descritte le metodologie adottate per:

- la scelta dell'evento pluviometrico critico;
- il metodo per la rappresentazione dell'infiltrazione nel suolo;
- il modello idraulico per la propagazione del deflusso orizzontale.

Di seguito si riporta uno stralcio della carte di pericolosità idraulica ed un stralcio della carta del rischio idraulico per fenomeni da esondazione con ubicazione del lotto in studio, relativo al PAI vigente.



4. Studio idrologico

La scelta dell'evento pluviometrico, è il dato fondamentale dal quale è possibile stimare, data la geomorfologia e la pedologia del territorio, la propagazione dell'onda di piena all'interno del canale.

Per definire l'evento di precipitazione è necessario:

- stabilire la probabilità (ovvero il tempo di ritorno) dell'evento;
- calcolare la durata e l'intensità dell'evento pluviometrico;
- stabilire la forma dell'idrogramma critico.

In riferimento a quanto riportato nella Relazione Generale del P.A.I., lo studio idraulico in questione, è stato eseguito per tempi di ritorno pari a 50, 100 e 300 anni, ritenuti più significativi al raggiungimento dell'obiettivo di progetto.

Per quanto riguarda i dati di input, relativi al modello di calcolo, sono stati considerati i risultati analitici, allegati alla Relazione generale del P.A.I. vigente relativo al *Bacino idrografico del Fiume Simeto (094)*, redatto dall'Assessorato Regionale Territorio ed Ambiente, ed approvato con D.P.R.S. n. 538 del 20/09/2006, pubblicato sulla G.U.R.S. n° 51 del 03/11/2006, che ha portato alla stesura delle attuali cartografie comunali per pericolosità idraulica e rischio esondazione, del vigente P.A.I..

I due lotti di progetto, ricadono sotto l'influenza di tre corsi d'acqua principali, ovvero: del Fiume Simeto, del Fiume Dittaino e del Fiume Gornalunga.

Nel suddetto studio, ai tre corsi d'acqua, oggetto di verifica idraulica, vengono attribuite le seguenti portate:

Fiume Gornalunga:

valori della portate al colmo di piena (Qt) del fiume Gornalunga, per tempi di ritorno pari a 50, 100 e 300 anni			
Tratto	Portate (mc/s)		
	Tr = 50	Tr = 100	Tr = 300
da GO – 1 a Go - 27	1656	2253	3533
da GO – 28 a Go - 47	1320	1796	2816
da GO – 48 a Go - 82	1159	1578	2474

Tabella tratta dallo studio idraulico vigente

I valori delle portate di massima piena utilizzate in questo studio, sono quelle relative al tratto GO-1 a GO-27, dove l'area di progetto ricade territorialmente.



Per quanto riguarda il valore del tempo di corrivazione, sempre da quanto riportato nella relazione del vigente P.A.I. di bacino, si è utilizzato un valore pari a 17 ore.

Fiume Dittaino:

valori della portate al colmo di piena (Qt) del fiume Dittaino, per tempi di ritorno pari a 50, 100 e 300 anni			
Tratto	Portate (mc/s)		
	Tr = 50	Tr = 100	Tr = 300
da DI-1 a DI-41	1642	2234	3503
da DI-42 a DI-76	1610	2192	3436
da DI-77 a DI-129	1570	2137	3351
da DI-130 a DI-138	1502	2044	3206
da DI-139 a DI-163	1437	1956	3067
da DI-164 a DI-263	1332	1812	2842

Tabella tratta dallo studio idraulico vigente

I valori delle portate di massima piena utilizzate in questo studio, sono quelle relative al tratto DI-1 a DI-41, dove l'area di progetto ricade territorialmente.

Per quanto riguarda il valore del tempo di corrivazione, sempre da quanto riportato nella relazione del vigente P.A.I. di bacino, si è utilizzato un valore pari a 21 ore.

Fiume Simeto:

valori della portate al colmo di piena (Qt) del fiume Simeto, per tempi di ritorno pari a 50, 100 e 300 anni			
Tratto	Portate (mc/s)		
	Tr = 50	Tr = 100	Tr = 300
da SI-1 a SI-14	4121	5037	6925
da SI-15 a SI-86	3993	4881	6710
SI-87	3121	4027	6270
da SI-88 a SI-90	3099	3999	6222
da SI-91 a SI-93	3089	3987	6203
da SI-94 a SI-98	3086	3984	6199
da SI-99 a SI-116	3081	3977	6187
da SI-117 a SI-121	3079	3975	6185
da SI-122 a SI-133	3078	3974	6184
da SI-134 a SI-137	3062	3953	6145
da SI-138 a SI-150	3059	3949	6143
SI-151	2994	3868	6010
da SI-152 a SI-165	2974	3843	5969
da SI-166 a SI-176	2963	3830	5948
da SI-177 a SI-183	2934	3792	5886
da SI-184 a SI-190	2924	3780	5866

Tabella tratta dallo studio idraulico vigente



I valori delle portate di massima piena utilizzate in questo studio, sono quelle relative al tratto SI-1 a SI-14, dove l'area di progetto ricade territorialmente.

Per quanto riguarda il valore del tempo di corrivazione, sempre da quanto riportato nella relazione del vigente P.A.I. di bacino, si è utilizzato un valore pari a 15 ore.



5. Studio idraulico

5.1 - Descrizione generale

Stabilito il valore della portata di colmo dei tre fiumi: Simeto, Dittaino e Gornalunga,, per i tre specifici tempi di ritorno (50 – 100 e 300 anni) nonché il valore del tempo di corrivazione relativo ad ogni intero bacino, occorre verificare che le sezioni dei corsi d'acqua siano sufficienti a contenerla, senza dar luogo a fenomeni di esondazione. Considerato che non si dispone di un idrogramma di piena dei tre fiumi in questione, si utilizzerà nel calcolo un idrogramma triangolare, dove il valore della portata di massima piena, sarà fatto coincidere con il rispettivo valore del tempo di corrivazione del bacino.

Per la valutazione delle caratteristiche che la corrente idrica assume in corrispondenza delle singole sezioni analizzate, si è utilizzato il modello matematico bi-dimensionale *HEC-RAS (River Analysis System)* sviluppato dall'*United States Army Corps of Engineering (USACE), Hydrological Engineering Center (HEC)*, in particolare, la versione del codice utilizzata è la 6.3.1, del settembre 2022.

Tale scelta è stata dettata, fondamentalmente, dall'estrema affidabilità e duttilità di questo codice di calcolo, attestata dalle numerosissime applicazioni che ne sono state effettuate in tutto il mondo. A tutt'oggi si può affermare, senza tema di smentite, che il codice HEC-RAS abbia acquisito la valenza di standard di elaborazione del settore e che altri codici debbano ad esso essere raffrontati al fine di operarne la validazione.

Alla scelta di HEC-RAS hanno contribuito, tuttavia, ulteriori considerazioni. Prima fra tutte, la larga disponibilità del codice nell'ambito dei tecnici operanti nel settore dell'Ingegneria Idraulica, essenzialmente dovuta alla sua natura freeware. Ciò garantisce la riproducibilità e, dunque, la verificabilità delle elaborazioni presentate, con evidenti vantaggi in termini non solo di trasparenza, ma anche di confronto e approfondimento dei risultati conseguiti.

In particolare, nel presente lavoro, la modellazione idraulica è stata eseguita secondo lo schema bidimensionale. Il software HEC-RAS ha aggiunto di recente la capacità di eseguire uno schema di modellazione bidimensionale all'interno della simulazione condotta in regime di moto vario. Il codice di calcolo consente di risolvere il problema bidimensionale del moto sia risolvendo le equazioni complete di Saint Venant o di diffusione dell'onda in 2D.

In generale, le equazioni di diffusione dell'onda (scelte ai fini del presente studio) consentono al codice di funzionare più velocemente garantendo inoltre una maggiore stabilità numerica. L'algoritmo di risoluzione è ai volumi finiti.

Il software HEC-RAS 6.3.1 funziona per celle, che però possono essere sia strutturate che non strutturate. Ciò significa che le celle computazionali possono essere triangoli, quadrate, rettangolari o anche elementi a cinque e sei facce (ma non più di 8). La maglia può essere una miscela di forme e dimensioni delle celle. Il contorno esterno della maglia computazionale è definito, invece, con un poligono. Generalmente, come si nota in figura 9, il software crea delle celle di forma quadrata nella zona centrale, mentre in prossimità del contorno esterno la mesh si adatta al profilo dell'area.

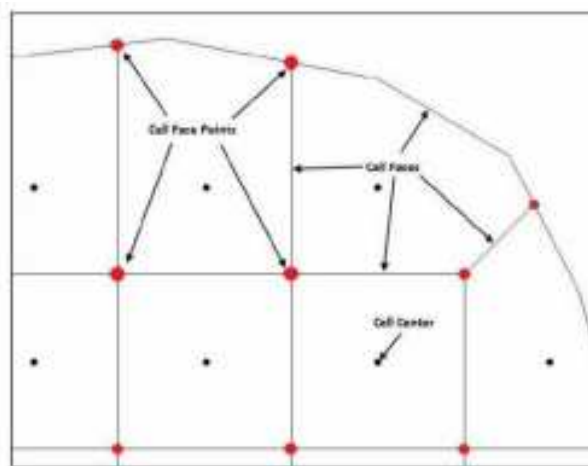


Fig. 9 – Schema mesh di calcolo

Si noti inoltre come ogni cell center, cell face e cell face point è identificato da un numero, in modo da facilitare l'operazione di analisi e visualizzazione dei risultati.

Il più grande vantaggio della modellazione bidimensionale in HEC-RAS riguarda comunque la dimensione della mesh computazionale. Ogni cella viene infatti pre-processata in modo da creare una serie di tabelle idrauliche, che mettono in relazione l'elevazione e il volume e, su ogni lato della cella, l'elevazione con il perimetro bagnato, l'area e la scabrezza. Queste curve permettono di utilizzare celle di dimensioni più grandi rispetto ad altri programmi 2D, con evidente diminuzione dei tempi computazionali.

Ad ogni modo, in una simulazione di moto vario bidimensionale, il parametro più significativo da considerare è l'intervallo computazionale ΔT , che deve essere scelto con



accuratezza in modo da non influenzare negativamente l'esito delle analisi. Generalmente questo valore viene valutato basandosi sul criterio di Courant, esprimibile nella maniera seguente:

$$C = \frac{V\Delta T}{\Delta X} \leq 2$$

essendo C il numero di Courant, V la velocità massima dell'acqua, ΔT il tempo di calcolo e ΔX la dimensione media delle celle.

Infine, occorre sottolineare che il software computa la velocità della corrente nei nodi della griglia, mentre il livello idrico è calcolato nel cell center della griglia stessa.

In questa sede, si preferisce omettere l'illustrazione teorica dei principi di base sui quali si fonda la soluzione numerica delle equazioni di moto e di continuità che regolano il processo di moto permanente e di moto vario, in quanto una esaustiva trattazione degli stessi argomenti è liberamente disponibile in rete all'indirizzo <http://www.hec.usace.army.mil> e si rimanda due pubblicazioni Hydraulic Reference Manual e User's Manual messe a disposizione direttamente dall'US Army Corps of Engineering.

5.2 – Definizione del modello di calcolo

Per quanto concerne il dominio di calcolo, esso è stato creato in ambiente di pre-processamento RAS Mapper, importando lo shape file puntuale ricavato dalla conversione del raster DEM in un elemento vettoriale (shape file Z puntuale); in questa maniera negli elementi puntali sono immagazzinate tutte le informazioni relative alle quote dell'area in esame. Al fine di poter eseguire i calcoli idraulici in questione, si sono adottate le informazioni plano altimetriche disponibili nel DEM della Cartografia ufficiale della Regione Sicilia, prelevati dal sito istituzionale S.I.T.R. disponibili in formato ASCII, integrate con il rilievo topografico di dettaglio della zona in studio, soprattutto per la determinazione delle sezioni idrauliche del torrente, nelle vicinanze del lotto di progetto. Come detto prima, il DEM ricavato è stato processato attraverso il RAS Mapper che consente di elaborare il DEM inserendo tutti gli elementi necessari per la costruzione della geometria di calcolo.



Il passo successivo è quello di sovrapporre agli elementi del DEM la griglia di calcolo. La scelta delle dimensioni della griglia di calcolo è un passo fondamentale che avrà notevole influenza sulla stabilità del modello e sui tempi di calcolo. Relativamente alla scelta di tale dimensione esiste un'espressione empirica utile alla sua stima. Tale espressione vale:

$$0,03 \text{ m/s} < Q_{\text{picco}}/l^2 < 0,3 \text{ m/s}$$

dove Q_{picco} è la portata massima dell'idrogramma in entrata al dominio di calcolo ed "l" la lunghezza del lato della singola cella. Fissato la portata di massima piena da utilizzare nel calcolo idraulico, la presente relazione fornisce un intervallo di valori accettabili per dimensione della cella di calcolo "l"; è stata scelta una griglia di calcolo con elementi aventi lato della dimensione di 10 m. Chiaramente la griglia coprirà un'estensione superiore alla nostra area di calcolo, e proprio per questo motivo sarà necessario definire, attraverso una selezione con un poligono, tutti quegli elementi della griglia che costituiscono l'effettivo dominio di calcolo.

5.3 – Definizione del valore del coefficiente di Manning

Particolare importanza nel calcolo di verifica delle sezioni idrauliche, riveste il coefficiente di scabrezza o di Manning; tale coefficiente rappresenta una delle variabili da cui maggiormente dipende la risposta idraulica del corso d'acqua, e proprio per questo è estremamente importante per la buona riuscita della simulazione numerica. La determinazione del coefficiente di scabrezza è stata eseguita mediante l'applicazione della formula empirica:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) * m_5$$

dove i valori di n_0, n_1, n_2, n_3, n_4 ed m_5 si possono ricavare dalla tabella di seguito rappresentata.

Condizioni del corso d'acqua			Valori
Materiale	Terra	n_0	0,020
	Roccia affiorante		0,025
	Ghiaia fine		0,024
	Ghiaia grossolana		0,028
Grado di irregolarità	Regolare	n_1	0,000
	Minimo		0,005



	Moderato		0,010
	Elevato		0,020
Variazione della sezione di deflusso	Graduali	n ₂	0,000
	Alternanze occasionali		0,005
	Alternanze frequenti		0,010-0,015
Effetti di ostacolo al deflusso	Trascurabili	n ₃	0,000
	Minimi		0,010-0,015
	Apprezzabili		0,020-0,030
	Elevati		0,040-0,060
Grado di ricoprimento vegetale	Basso	n ₄	0,005-0,010
	Medio		0,010-0,025
	Elevato		0,025-0,050
	Molto elevato		0,050-0,100
Grado di meandrizazione	Minimo	n ₅	1,000
	Medio		1,150
	Elevato		1,300

Intervallo dei valori dei coefficienti dell'equazione di Cowan per la determinazione della scabrezza

Nella stesura del presente studio di compatibilità idraulica, in ottemperanza a quanto previsto dalla Legge 180/98, le portate di massima piena, sono state calcolate con tempi di ritorno pari a 50, 100 e 300 anni.

I suddetti valori, sono gli stessi utilizzati dall'A.R.T.A., per la redazione dei Piani Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) di tutta la Sicilia.

5.4. Verifica idraulica

La relazione in oggetto, come detto precedentemente, è stata redatta in applicazione dell'Appendice "C" - *Contenuti tecnici degli studi di compatibilità idraulica, delle Norme di Attuazione (NdA) allegate alla Relazione Generale del PAI*. La verifica idraulica è stata eseguita al fine di accertare la fattibilità dell'intervento in progetto, all'interno dei due lotti in esame, ovvero al fine di calcolare l'altezza del tirante idrico che può formarsi all'interno del lotto di progetto, mediante una verifica con software del tipo bidimensionale, e quindi ridefinire la carta della pericolosità idraulica con la metodologia completa.



I valori delle portate di massima piena utilizzate, sono quelle riportate nella relazione del PAI in vigore. Il valore del tempo di corrivazione di ciascun bacino del corso d'acqua, è stato desunto sempre dalla relazione generale del PAI vigente.

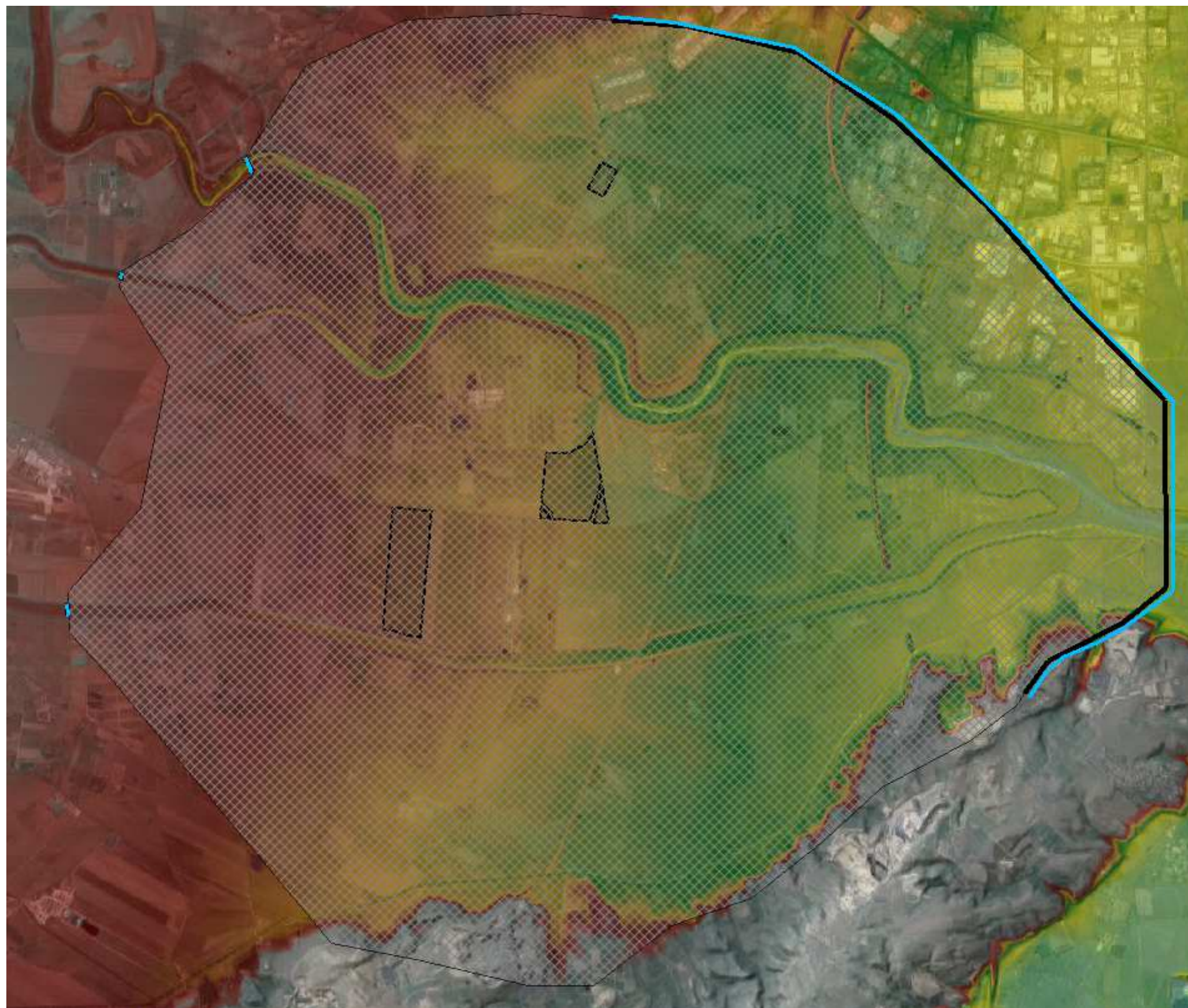
Ancora, non disponendo di uno specifico idrogramma di piena, si è considerato un idrogramma del topo triangolare facendo coincidere il valore della portata di piena con il tempo di corrivazione.

La maglia di calcolo del sistema bidimensionale, è stata assunta pari a 10 metri, con le opportune modifiche eseguite alla mesh di calcolo dal software stesso, nelle aree in cui il modello lo richiede.

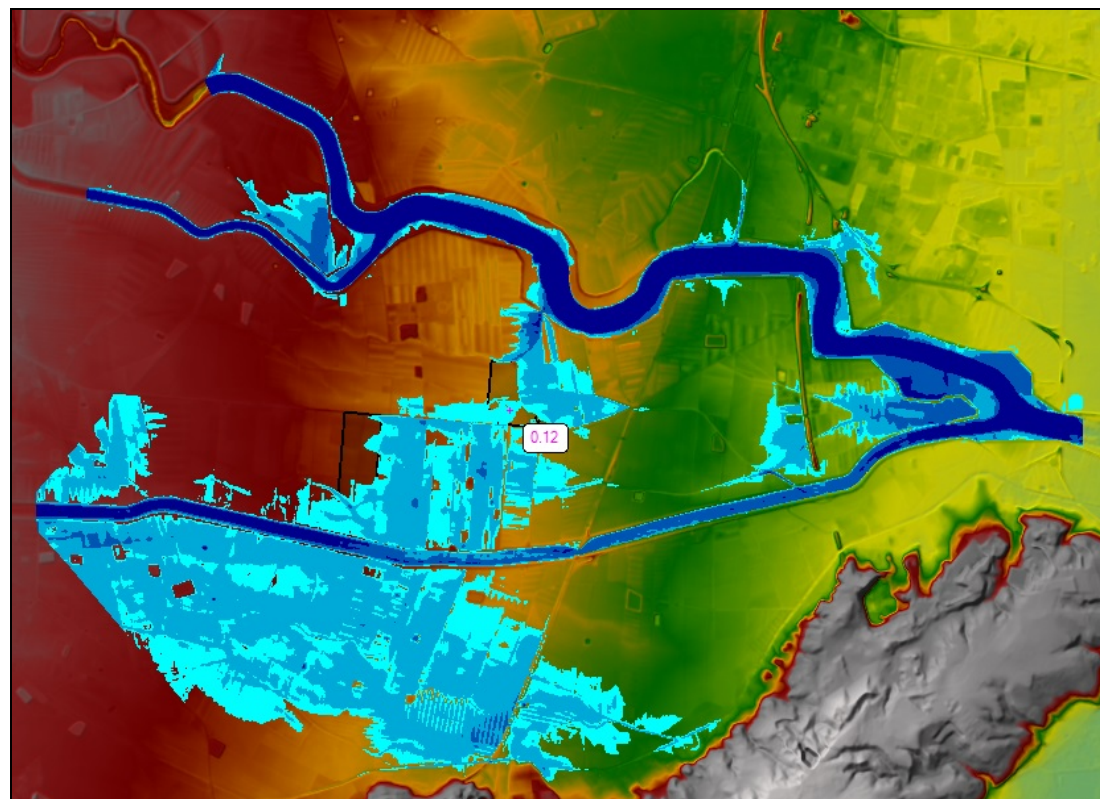
Come già detto in premessa del presente capitolo, le verifiche idrauliche sono state eseguite mediante l'applicazione del modello matematico bi-dimensionale *HEC-RAS (River Analysis System)* sviluppato dall'*United States Army Corps of Engineering (USACE), Hydrological Engineering Center (HEC)*, nell'ipotesi di regime di moto vario e corrente mista (mixed), utilizzando la portata critica per fissati tempi di ritorno.

Ai fini del calcolo del tirante idrico relativo alla zona di ubicazione dei due lotti di progetto, sono state eseguite tre simulazioni, una per ogni portata al colmo di piena. Tale verifiche sono state eseguite per il prefissato tempo di ritorno di 50, 100 e 300 anni. Ottenute le varie altezze del tirante idrico massimo per ogni tempo di ritorno, è stata redatta la carta della pericolosità idraulica finale.

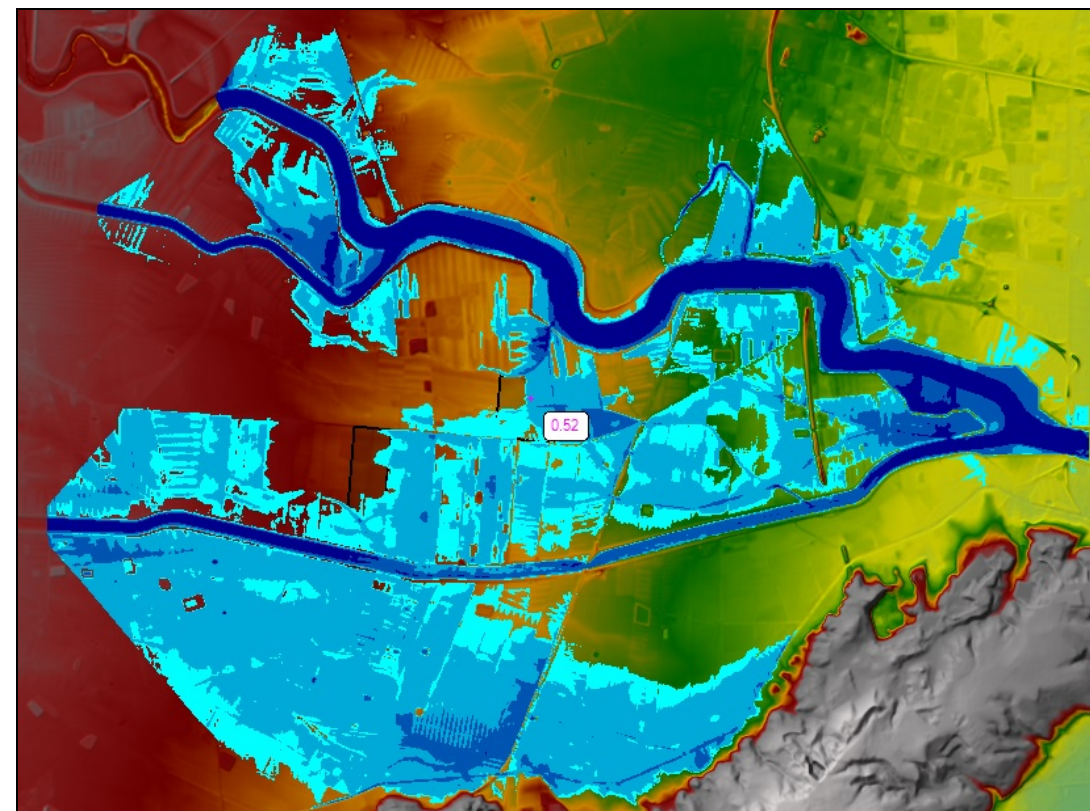
Nella successiva figura, si riporta uno stralcio del modello di calcolo tratto dal Geometric Data di HEC-RAS, in cui si vede la sovrapposizione del DEM maglia 2 x 2 utilizzato per il calcolo, con l'ortofoto, l'area di calcolo e la maglia (10x10 metri). Si nota ancora il percorso dei tre fiumi in questione, l'ubicazione del lotto di progetto nonché le BC Line di monte e valle.



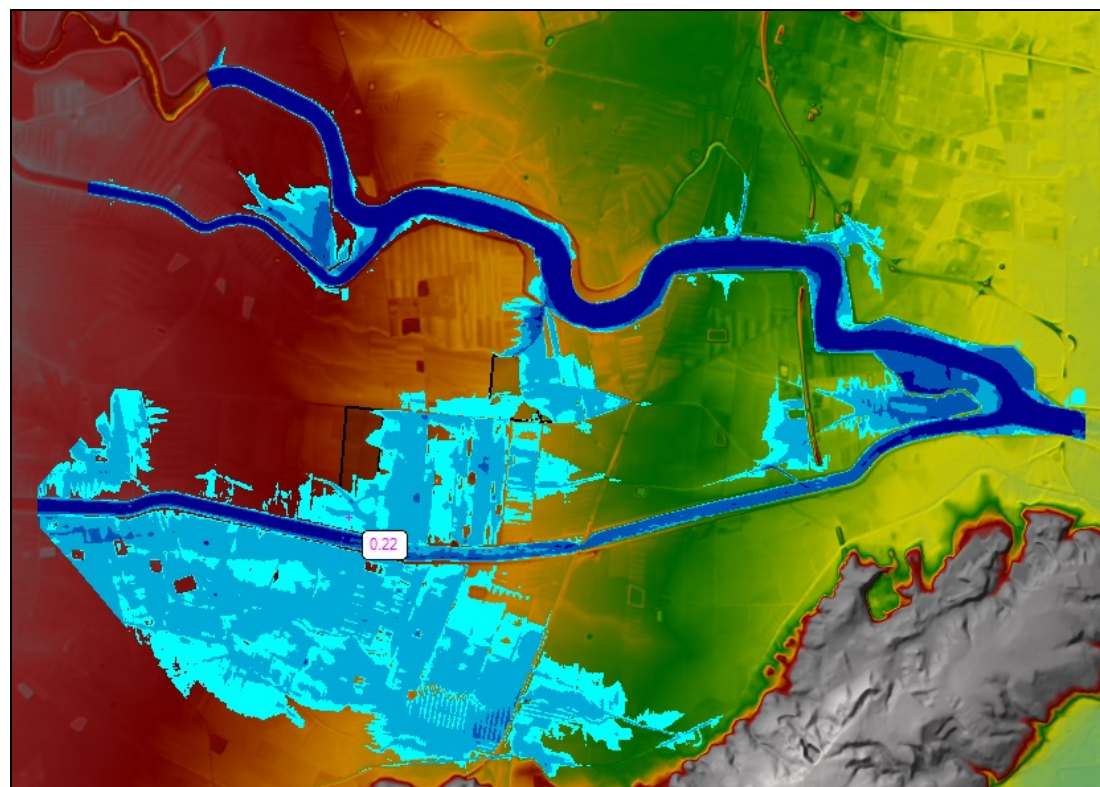
Stralcio modello di calcolo utilizzato



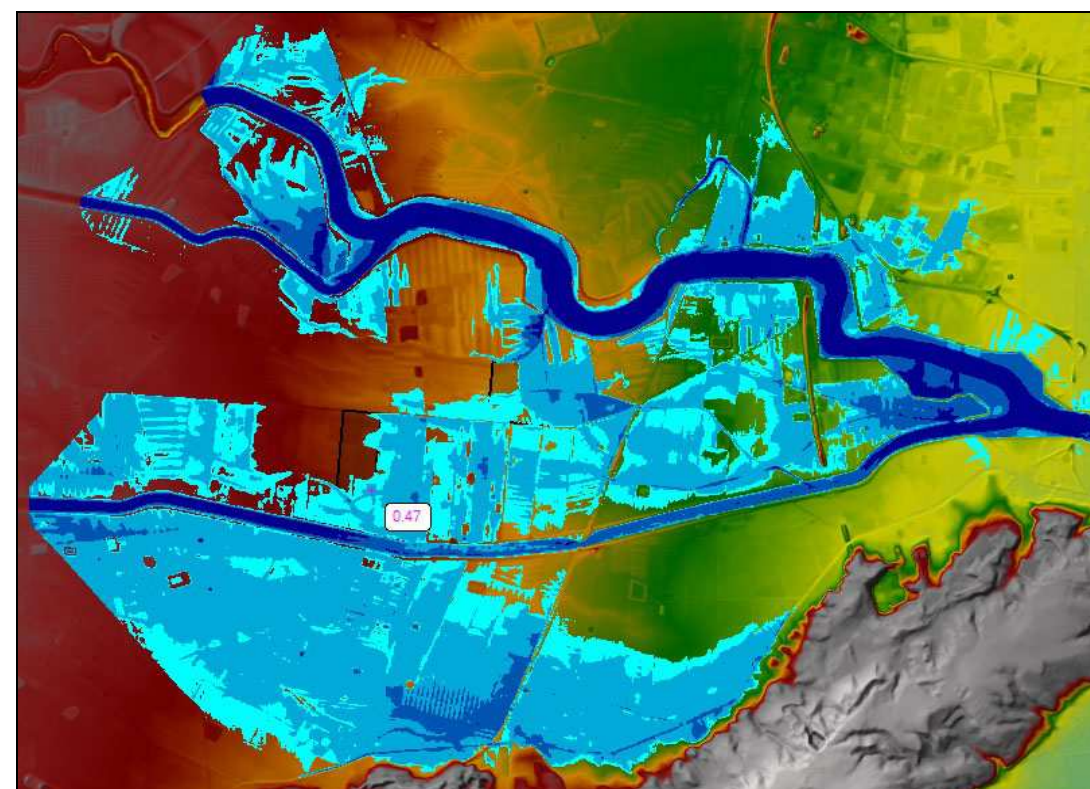
Tirante Max 50 anni



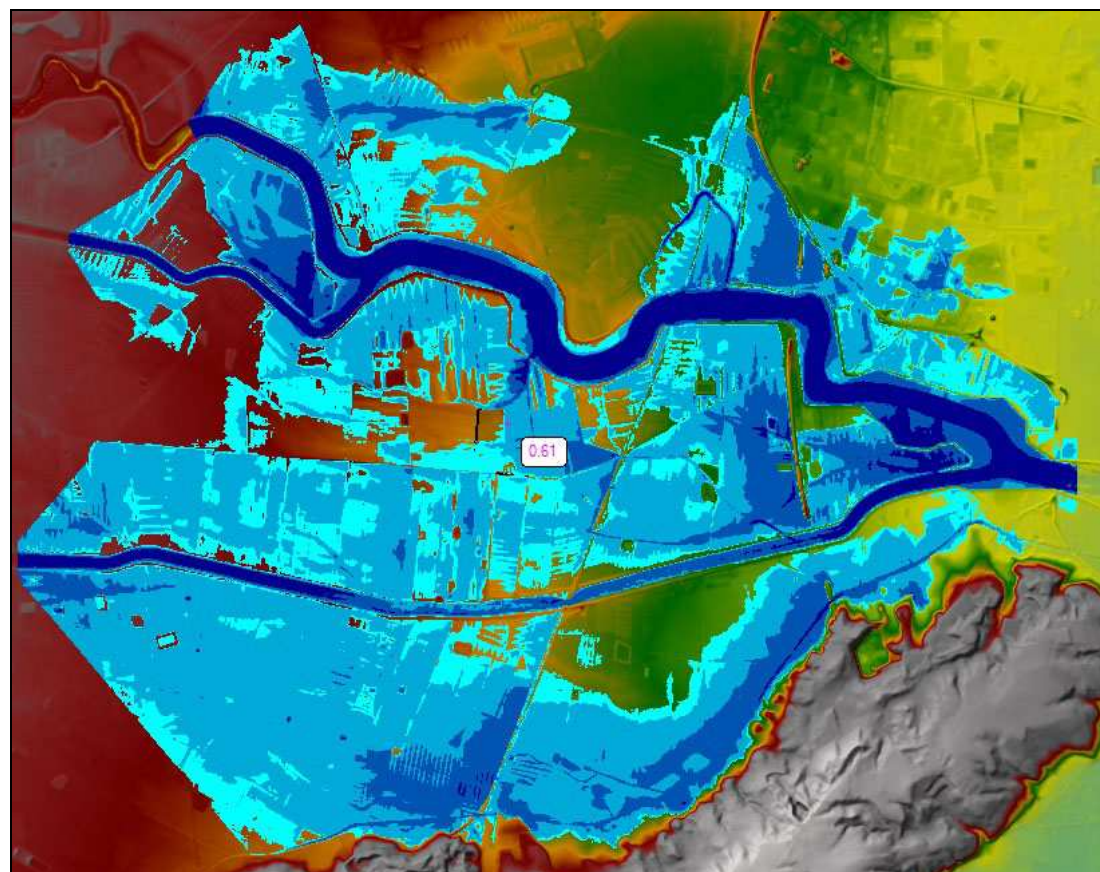
Tirante Max 100 anni



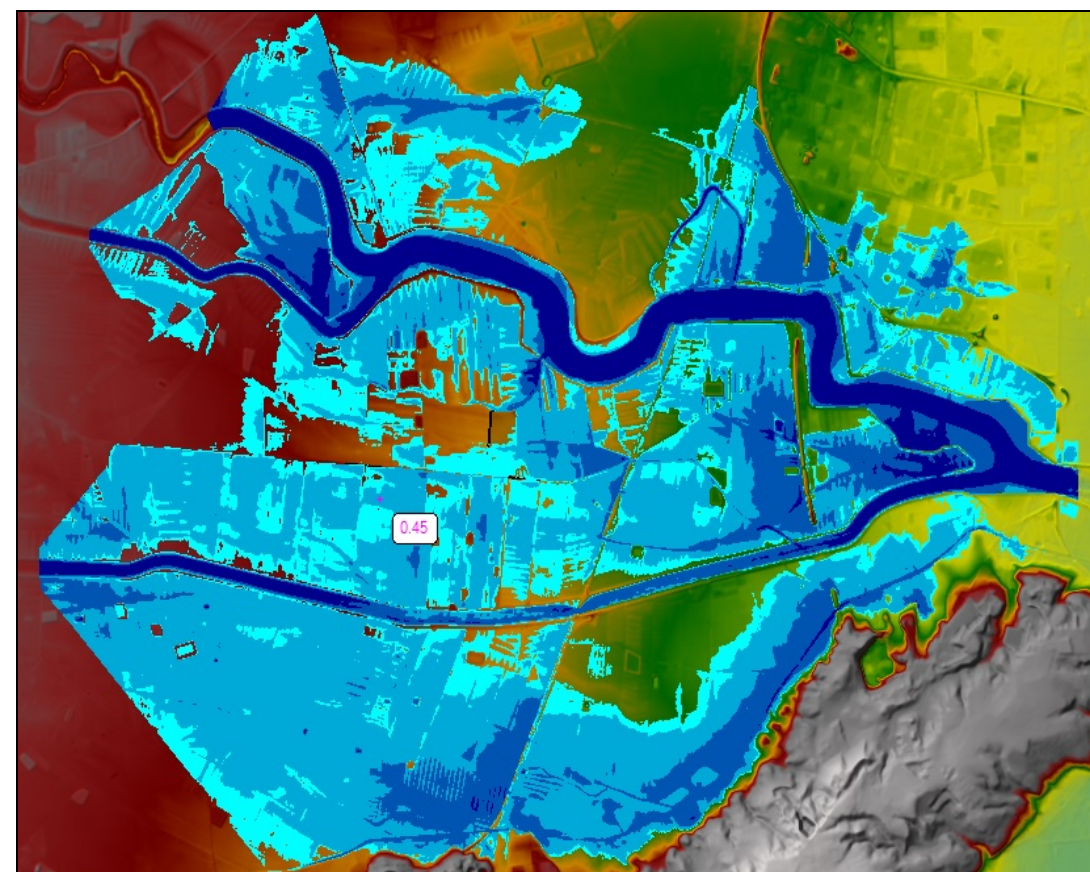
Tirante Max 50 anni



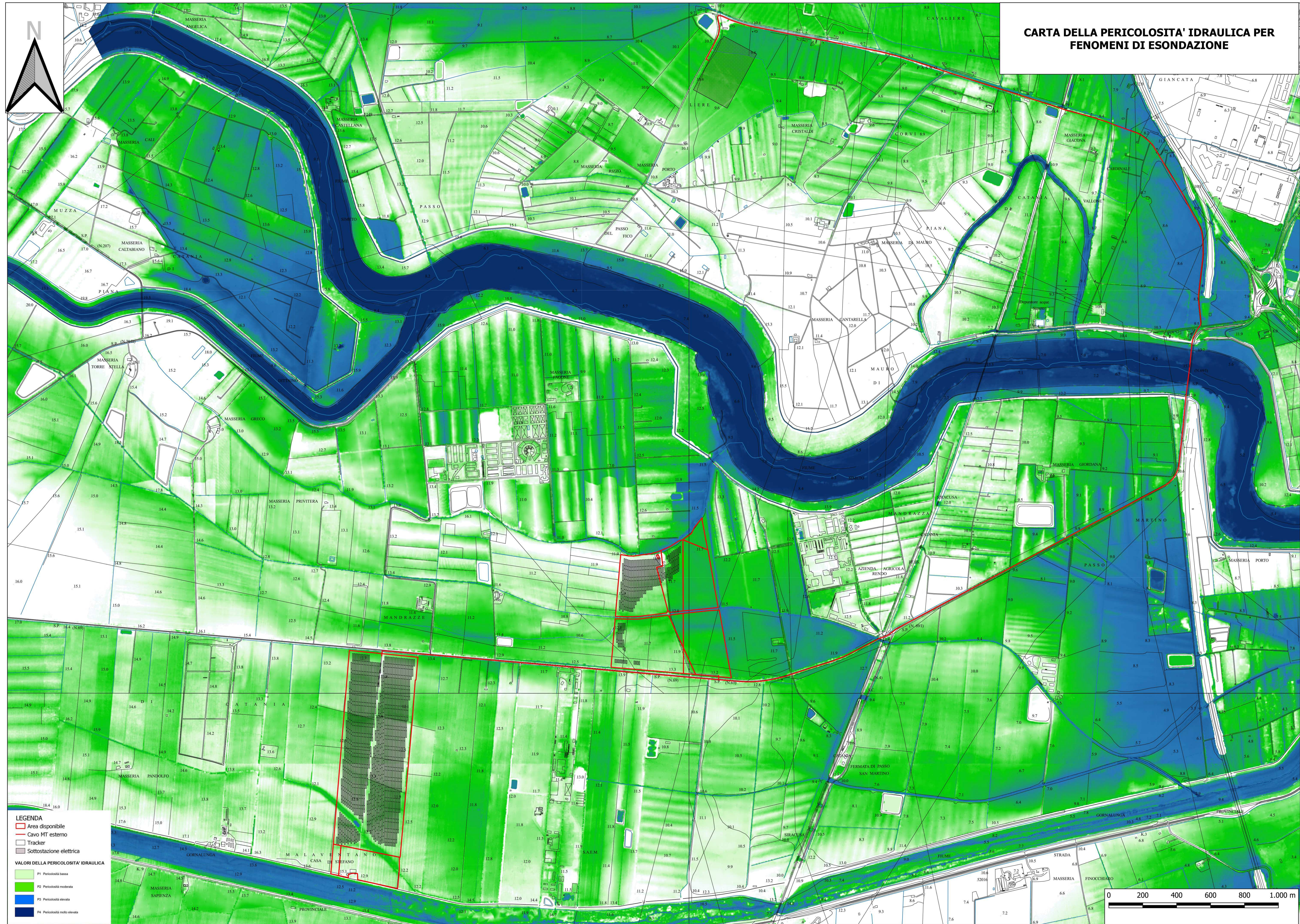
Tirante Max 100 anni



Tirante Max 300 anni



Tirante Max 300 anni





6. Conclusioni

Lo scrivente, su incarico dell'Ing. Girolamo Gorgone, in nome e per conto di *X-ELIO Energy*, che intende realizzare impianti fotovoltaici di potenza pari a 45,4 kWp, di eseguire uno studio idrologico ed idraulico, redatto in applicazione in applicazione dell'art. 27, comma 1, delle *Norme di Attuazione (NdA)* del P.A.I. approvate con D.P. n.09/AdB del 06/05/2021.

Il lotto di terreno, nonché un significativo ambito di studio, oggetto di approfondite verifiche idrologiche ed idrauliche, è ubicato nelle vicinanze del torrente “Gornalunga”, ovvero in adiacenza alla S.P. n. 104 di Catania, nei pressi della cittadella militare di “Sigonella”, in territorio comunale di Catania, che rientra all'interno del Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), inerente il “*Bacino idrografico del Fiume Simeto (094)*”, redatto dall'Assessorato Regionale Territorio ed Ambiente, ed approvato con D.P.R.S. n. 538 del 20/09/2006, pubblicato sulla G.U.R.S. n° 51 del 03/11/2006.

Il lotto di terreno in questione, ricade, inoltre, in area sottoposta a rispetto del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico della Sicilia, – primo aggiornamento - approvato ai sensi degli articoli 65 e 66 del D. Lgs. 152 del 2006, di cui all'art. 7 della Direttiva 207/60/CE e all'art. 7 del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49, approvato definitivamente con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 1° dicembre 2022.

Le finalità del presente studio idrologico ed idraulico, è quella di determinare mediante la metodologia completa di cui alle norme PAI, la pericolosità del lotto di progetto, a seguito di opportuna verifica idraulica, eseguita mediante l'applicazione di software bidimensionale, per la determinazione del valore del tirante idrico massimo, per opportuni tempi di ritorno, così come richiesto dalla normativa tecnica vigente in materia.

Come detto nei paragrafi precedenti, il lotto di terreno oggetto di intervento di realizzazione del parco fotovoltaico, ricade in zona E1 “Case Sparse”, anche se il parco fotovoltaico, essendo paragonabile ad Reti ed infrastrutture tecnologiche di secondaria importanza viene incluso tra le zone “E2”, e ricade principalmente in area P2 (pericolosità media), ed in parte in area P3 (Pericolosità alta) della Carta della Pericolosità Idraulica per fenomeni di esondazione N°112 (C.T.R. 640040) ed in minima parte N°102 (C.T.R. 633160), del Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), inerente il “*Bacino idrografico del Fiume Simeto (094)*”.



Per i due lotti di progetto, resta inteso, comunque, che:

- nella porzione del lotto di progetto, ricadente in **zona P3 (pericolosità elevata)** ai sensi dell'art. 26 comma 3 delle NdA del P.A.I., *“..... nelle aree a pericolosità idraulica P4 e P3 sono consentiti, previa verifica di compatibilità idraulica.....”*
- nella porzione del lotto di progetto, ricadente in **zona P2 (pericolosità media)** ai sensi dell'art. 27 comma 1 delle NdA del P.A.I., *“.....nelle aree a pericolosità P2 e P1, oltre agli interventi di cui all'art. 26, è consentita (previa verifica di compatibilità) l'attuazione delle previsioni degli strumenti urbanistici, generali e attuativi, e di settore vigenti, corredati da un adeguato studio di compatibilità esteso ad un ambito significativo.....”*.

Tutto ciò premesso, secondo quanto disposto dalla suddetta normativa vigente, ai fini della realizzazione del parco fotovoltaico in progetto, è stato eseguito il presente studio specialistico di dettaglio.

Per quanto riguarda i dati di input, relativi al modello di calcolo, sono stati considerati i risultati analitici, allegati alla Relazione generale del P.A.I. vigente relativo al *“Bacino idrografico del Fiume Simeto (094)”*, redatto dall'Assessorato Regionale Territorio ed Ambiente, ed approvato con D.P.R.S. n. 538 del 20/09/2006, pubblicato sulla G.U.R.S. n° 51 del 03/11/2006, che ha portato alla stesura delle attuali cartografie comunali per pericolosità idraulica e rischio esondazione, del vigente P.A.I..

I due lotti di progetto, ricadono sotto l'influenza di tre corsi d'acqua principali, ovvero: del Fiume Simeto, del Fiume Dittaino e del Fiume Gornalunga.

Nel suddetto studio, ai tre corsi d'acqua ,oggetto di verifica idraulica, vengono attribuite le portate del P.A.I. e rappresentate in dettaglio nei paragrafi precedenti.

Per la valutazione delle caratteristiche che la corrente idrica assume in corrispondenza del lotto di progetto, si è utilizzato il modello matematico bi-dimensionale *HEC-RAS (River Analysis System)* sviluppato dall'*United States Army Corps of Engineering (USACE)*, *Hydrological Engineering Center (HEC)*, in particolare, la versione del codice utilizzata è la 6.3.1, del settembre 2022.

Tale scelta è stata dettata, fondamentalmente, dall'estrema affidabilità e duttilità di questo codice di calcolo, attestata dalle numerosissime applicazioni che ne sono state effettuate in tutto il mondo. A tutt'oggi si può affermare, senza tema di smentite, che il codice



HEC-RAS abbia acquisito la valenza di standard di elaborazione del settore e che altri codici debbano ad esso essere raffrontati al fine di operarne la validazione.

Alla scelta di HEC-RAS hanno contribuito, tuttavia, ulteriori considerazioni. Prima fra tutte, la larga disponibilità del codice nell'ambito dei tecnici operanti nel settore dell'Ingegneria Idraulica, essenzialmente dovuta alla sua natura freeware. Ciò garantisce la riproducibilità e, dunque, la verificabilità delle elaborazioni presentate, con evidenti vantaggi in termini non solo di trasparenza, ma anche di confronto e approfondimento dei risultati conseguiti.

In particolare, nel presente lavoro, la modellazione idraulica è stata eseguita secondo lo schema bidimensionale. Il software HEC-RAS ha aggiunto di recente la capacità di eseguire uno schema di modellazione bidimensionale all'interno della simulazione condotta in regime di moto vario. Il codice di calcolo consente di risolvere il problema bidimensionale del moto sia risolvendo le equazioni complete di Saint Venant o di diffusione dell'onda in 2D. In generale, le equazioni di diffusione dell'onda (scelte ai fini del presente studio) consentono al codice di funzionare più velocemente garantendo inoltre una maggiore stabilità numerica. L'algoritmo di risoluzione è ai volumi finiti.

Essendo la modellazione idraulica, supportata da una buona informazione cartografica (DTM ufficiali della Regione Sicilia), integrata con appositi rilievi morfologici dei luoghi, ha fornito dei valori precisi sulla distribuzione delle altezze idrauliche. La suddetta verifica, è stata eseguita applicando la "Metodologia Completa" per tempi di ritorno pari a 100 e 300 anni, ritenuti quelli più significativi ai fini del presente studio, e soprattutto più idonei al dimensionamento di eventuali opere di mitigazione del rischio idraulico dell'area di progetto.

Come si evince dalle cartografie di output, i due lotti di progetto, ed una vasta area della piana di Catania, vicina ai tre principali corsi d'acqua, Gornalunga, Dittaino e Simeto, è interessata da fenomeni di esondazione.

Come si evince dalla carta della pericolosità idraulica finale, ottenuta mediante l'applicazione della successiva matrice

Battente Idraulico	Tempo di ritorno		
	50	100	300
H < 0.3	P1	P1	P1
0.3 < H < 1 m	P2	P2	P2
1 < H < 2m	P4	P3	P2
H > 2m	P4	P4	P3



Nella aree ove si precede di installare i tracker, le altezze del tirante idrico finale, sono sempre inferiori ad 1,00 metri

In definitiva, con riferimento alle tabelle di pericolosità, relative alla “Metodologia Completa”, essendo in battente idraulico sempre inferiore ad 1,00 metri, il livello di pericolosità atteso nei due lotti di progetto è: P2 (pericolosità media).

Essendo l’impianto da realizzare all’interno del lotto di progetto, attribuibile alla classe E2 (Reti ed infrastrutture tecnologiche di secondaria importanza), il livello di rischio atteso è: R2 (Rischio Medio):

Rischio	E1	E2	E3	E4
P1	R1	R1	R2	R2
P2	R1	R2	R3	R3
P3	R2	R2	R3	R4
P4	R2	R3	R4	R4

In definitiva, il presente studio idrologico ed idraulico ha evidenziato come l’intero lotto di terreno su cui realizzare i due impianti fotovoltaici, a seguito di accurata verifica idraulica bidimensionale, è interessato da tiranti idrici sempre inferiori al 1,00 metri, e pertanto l’intero lotto di progetto, ricade in aree P2 (Pericolosità media) ed il livello di rischio atteso, per l’impianto in progetto è R2 (Rischio medio), e pertanto totalmente compatibile con quanto in progetto.

In ogni caso tutte le opere da realizzare dovranno essere poste ad una quota superiore al metro, rispetto all’attuale piano di campagna.

Termini Imerese, Marzo 2023

