



# REGIONE BASILICATA

## Provincia di MATERA

### CRACO E STIGLIANO



OGGETTO

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO, DI POTENZA PARI A 43,2 MW, NEI COMUNI DI CRACO E STIGLIANO NELLE LOCALITA' PANTANO E MANCA FIORENTINA

COMMITTENTE



## wpd Calanchi s.r.l.

Viale Luca Gaurico, 9-11 - 00143 Roma (RM)  
P.IVA: 16919481008

Codice Commessa PHEEDRA: 23\_26\_EO\_CRC

PROGETTAZIONE



PHEEDRA S.r.l. Via Lago di Nemi, 90  
74121 - Taranto  
Tel. 099.772302 - Fax 099.9870285  
e-mail: info@pheedra.it - web: www.pheedra.it



Via San Francesco - Parco  
Valentino C/3 - 74011  
Castellaneta (TA)  
P.IVA 03031400736  
Tel. 3203372247

Direttore Tecnico : Dott. Ing. Angelo Micolucci



Dott. Geologo Donato Perniola



REV.	DATA	ATTIVITA'	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
1	1 luglio 2024	PRIMA EMISSIONE	DP	AM	VS

OGGETTO DELL'ELABORATO

## STUDIO DI COMPATIBILIA' IDROLOGICA ED IDRAULICA

FORMATO	SCALA	CODICE DOCUMENTO					NOME FILE	FOGLI
		SOC.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.		
A4	-	CRC	CIV	REL	025	01	CRC-CIV-REL-025_01	

## INDICE

INDICE.....	1
1. FINALITA' .....	2
2. UBICAZIONE DELL'AREA DI IMPIANTO .....	3
3. AREE OGGETTO DI INDAGINE .....	6
4. ANALISI IDROLOGICA .....	8
4.1. RETICOLO DI STUDIO.....	8
4.2. CARATTERI GEOLOGICI DEI BACINI .....	8
4.3. CARATTERI MORFOLOGICI DEI BACINI .....	10
4.4. TEMPI DI CORRIVAZIONE.....	15
4.5. DETERMINAZIONE C.P.P.....	15
4.6. CALCOLO PORTATA DI MASSIMA PIENA .....	18
4.6.1. METODO VAPI.....	18
5. APPORTO SOLIDO.....	21
6. ANALISI IDRAULICA – DELLO STATO DI FATTO .....	23
6.1. TEORIA DEL MODELLO IDRAULICO.....	23
6.2. APPLICAZIONE DEL MODELLO IDRAULICO .....	26
6.2.1. GEOMETRIA DEL MODELLO.....	26
6.3. RISULTATI.....	27
7. CONCLUSIONI.....	33

## **1. FINALITA'**

Nella presente relazione sono illustrati i risultati di uno studio idrologico-idraulico di parco eolico con linea elettrica nei comuni di Craco(MT) e Stigliano(MT).

Il presente studio è parte integrante di un progetto che prevede la realizzazione di un impianto eolico di potenza pari a 43.2 MW unitamente a tutte le opere di connessione alla Rete di Distribuzione.

L'impianto prevede la realizzazione di nr. 6 aerogeneratori V172 da 7,2 MW.

Al fine della presente relazione è stata condotta un'analisi idrologica dei corsi d'acqua presenti che ha condotto al calcolo della portata di massima piena per i tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni. Successivamente, sono state determinate le aree di allagamento, utilizzando un modello bidimensionale di calcolo.

## 2. UBICAZIONE DELL'AREA DI IMPIANTO

Le aree di interesse sono nei comuni di Craco (MT) e Stigliano (MT) e intercettano reticoli fluviali.

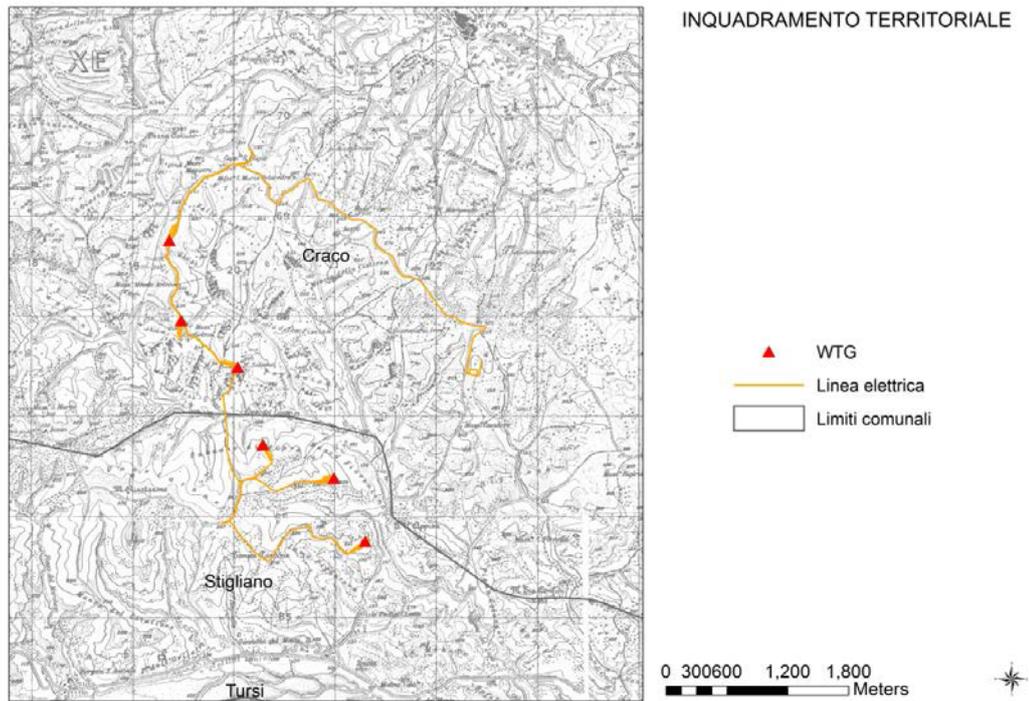


Figura 1 inquadramento territoriale su IGM

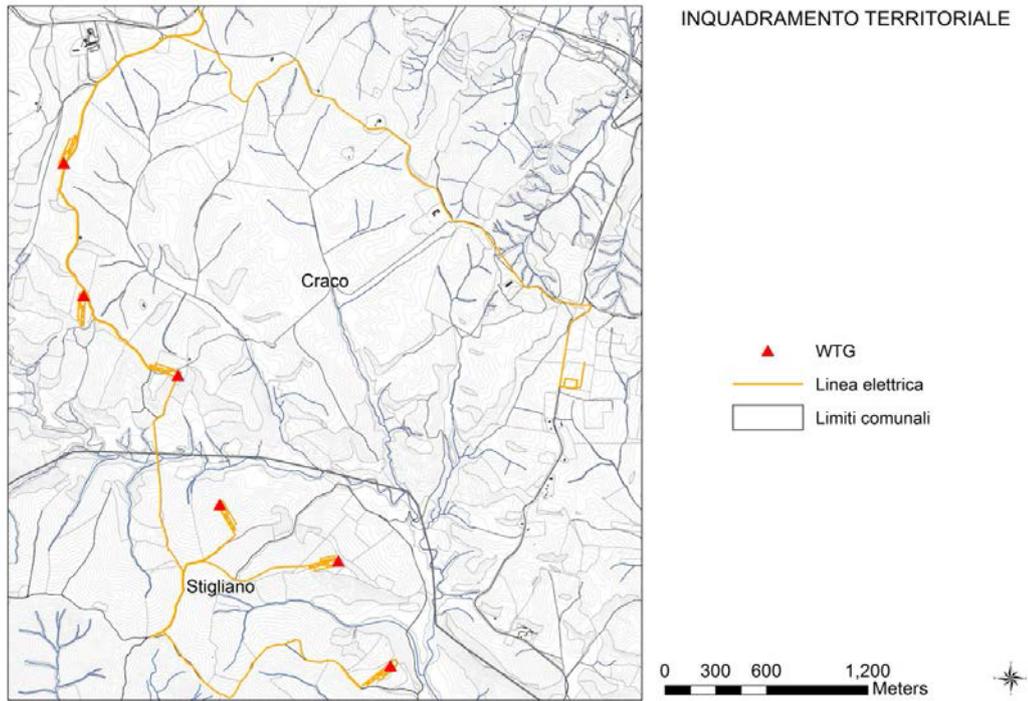


Figura 2 inquadramento territoriale area di interesse su CTR

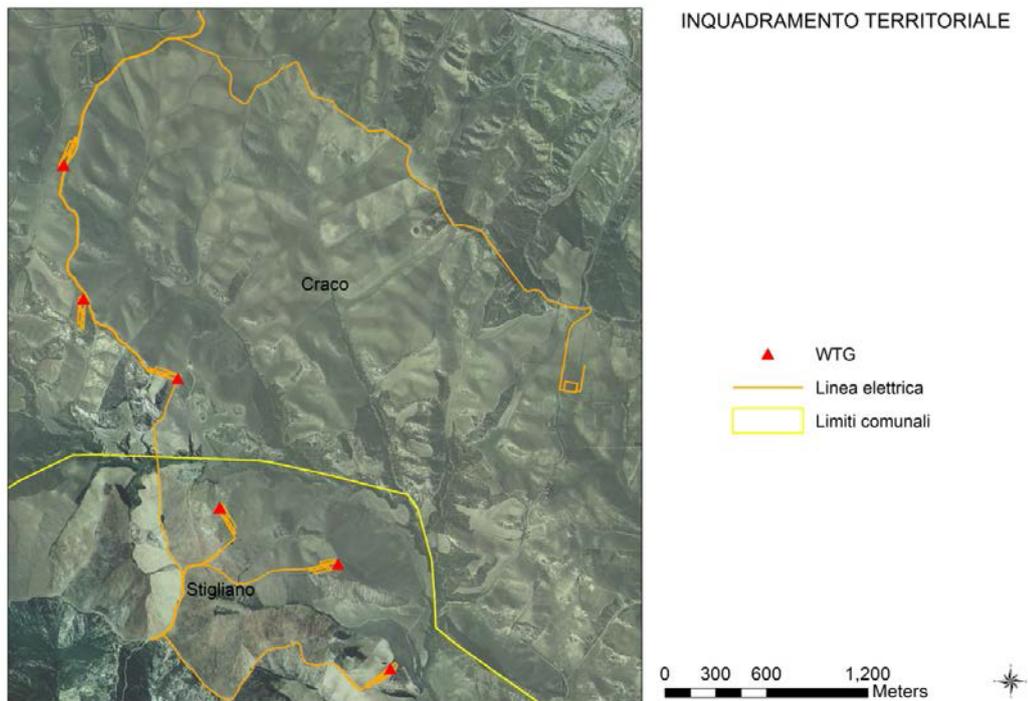


Figura 3 inquadramento territoriale su ortofoto

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 stato approfondito il carattere idrologico che concerne la parte dei territori comunali di Craco e Stigliano.

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

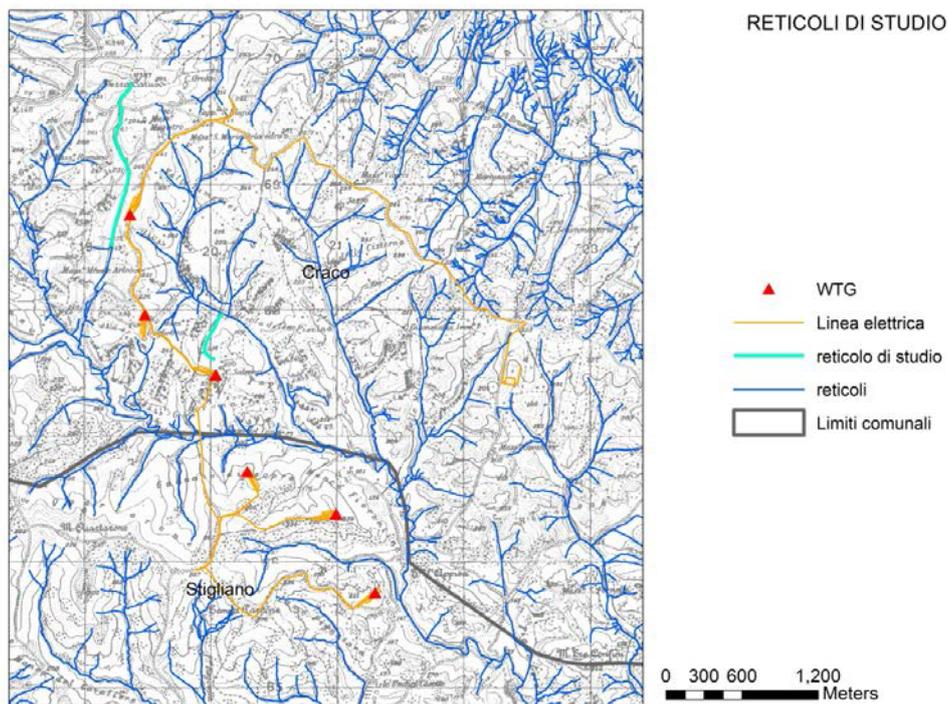


Figura 4 Reticoli di studio

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

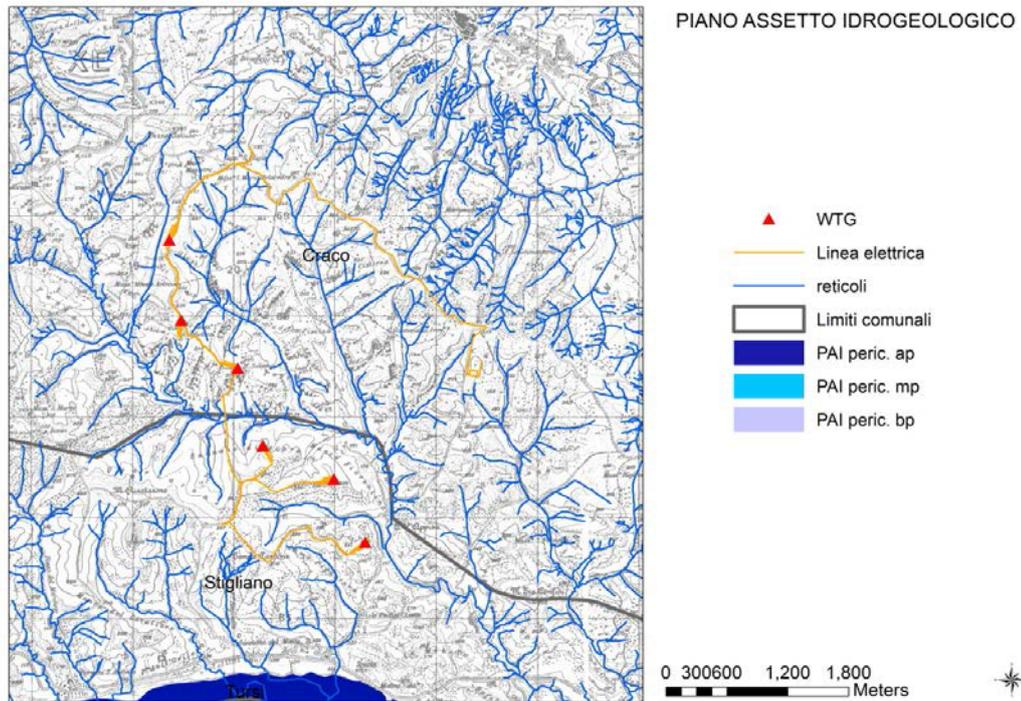


Figura 5 PAI Pericolosità idraulica

## 4. ANALISI IDROLOGICA

### 4.1. RETICOLO DI STUDIO

Il reticolo oggetto di studio è riportato nella successiva figura.

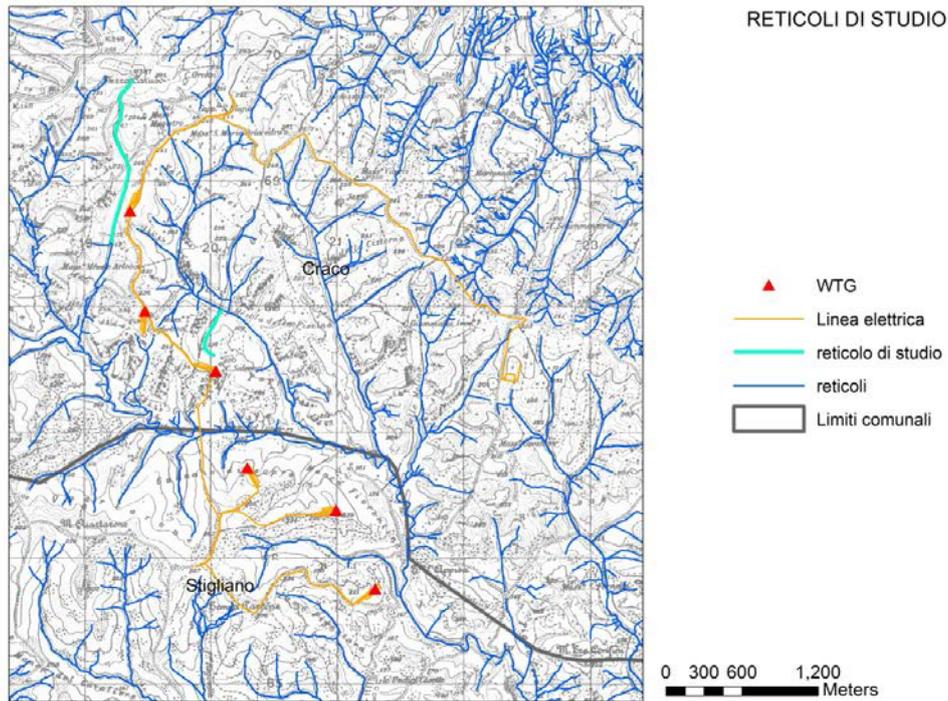


Figura 6 reticolo di studio

### 4.2. CARATTERI GEOLOGICI DEI BACINI

L'area oggetto di studio caratterizzata dalla presenza di aerogeneratori e linea elettrica è ubicata nei comuni di Craco e Stigliano.

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

CLASSI
Argille e marne talvolta con olistostromi

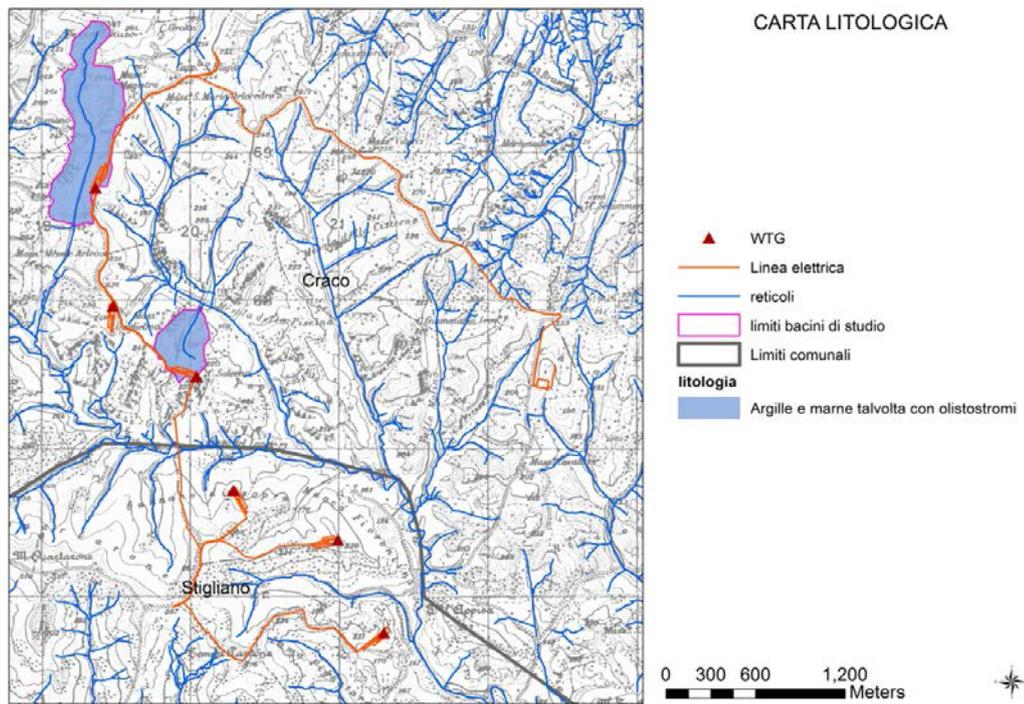


Figura 7 carta litologica

Le classi di permeabilità dei litotipi sono di seguito rappresentate

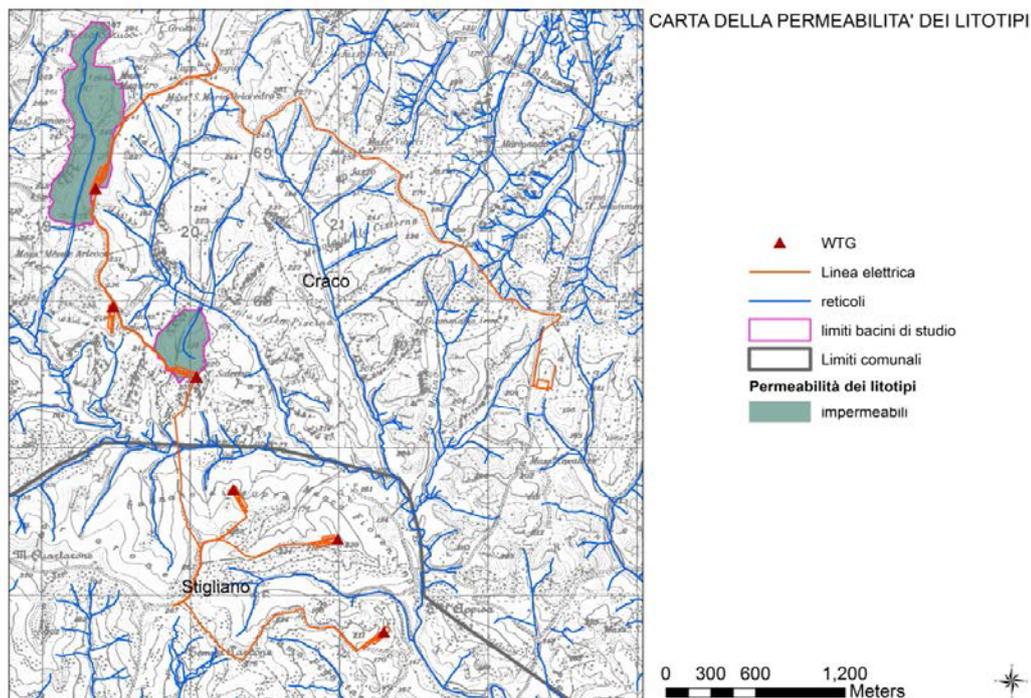


Figura 8 permeabilità dei litotipi

### 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.

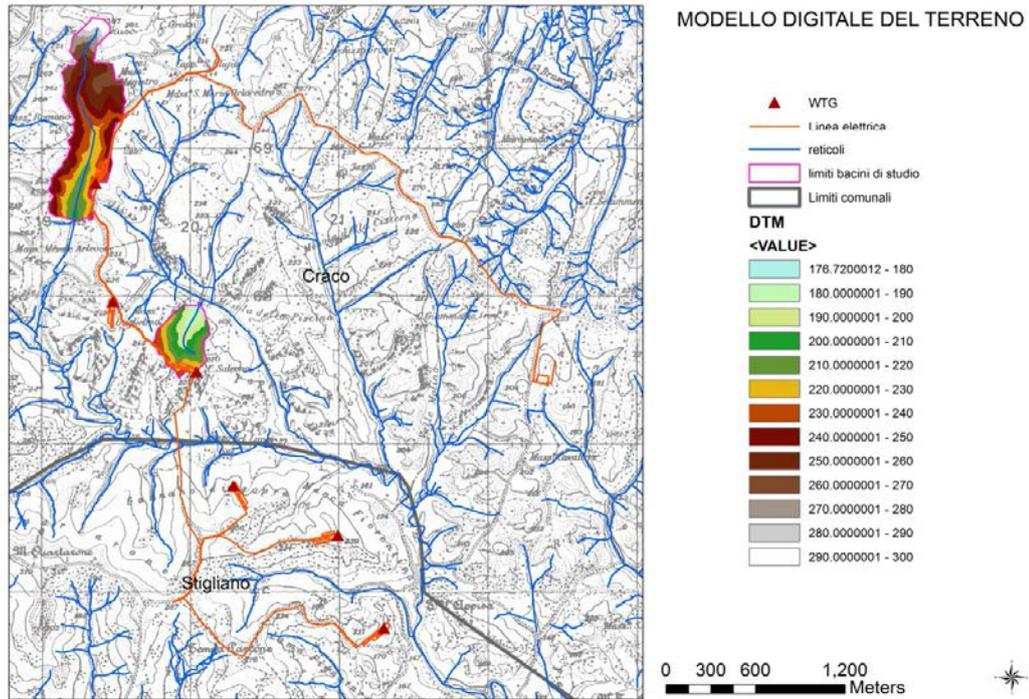


Figura 9 modello digitale del terreno

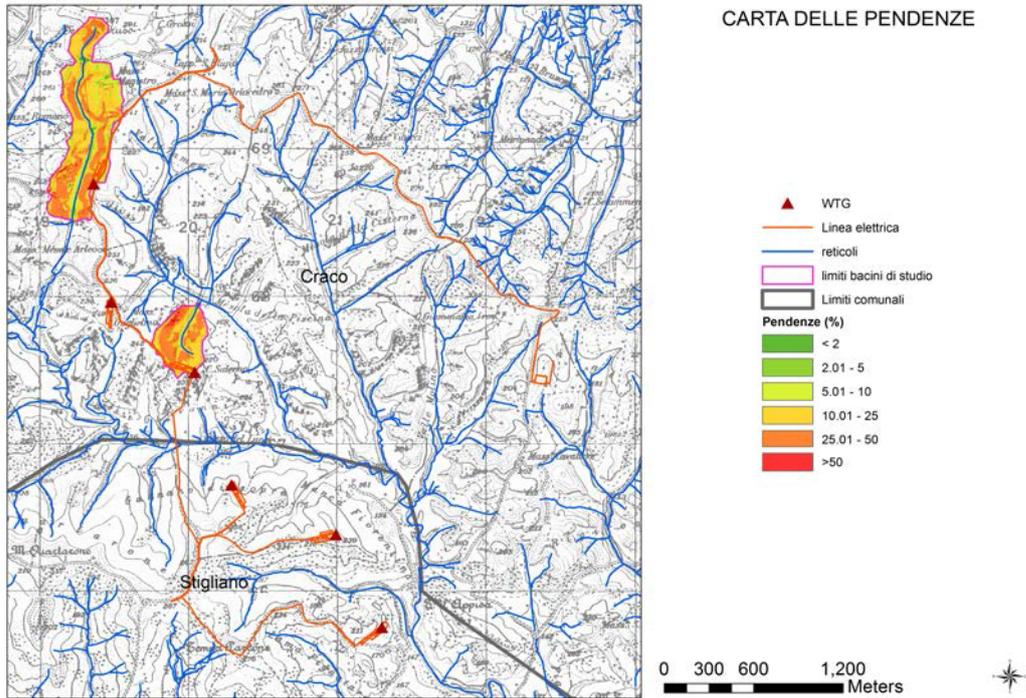


Figura 10 carta delle pendenze

I bacini di studio sono di seguito rappresentati.

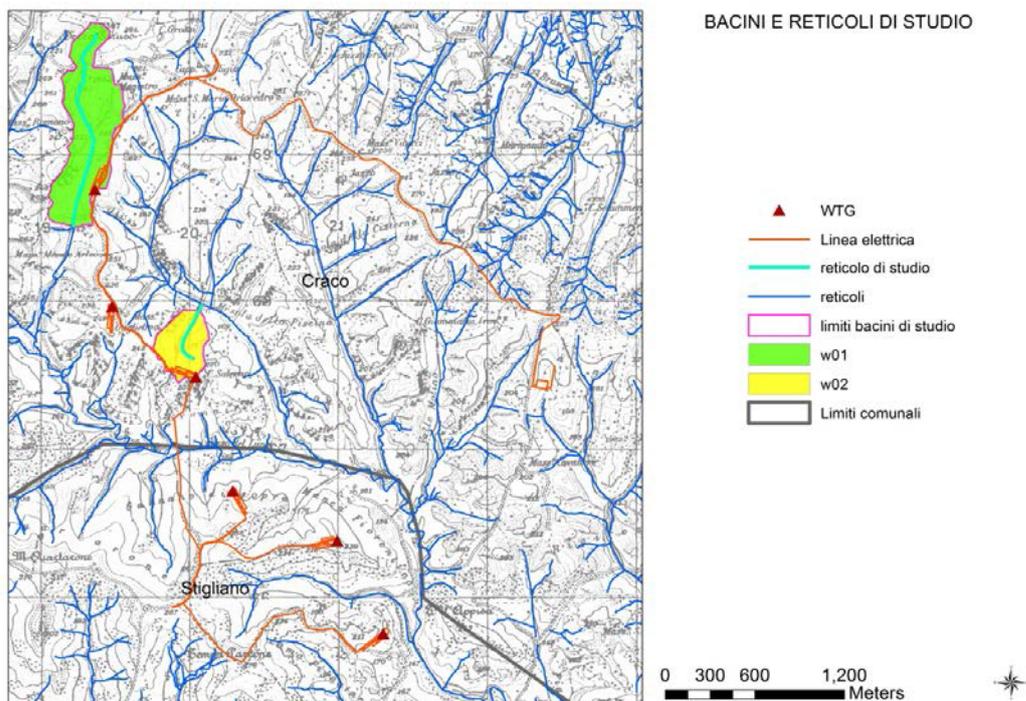


Figura 11 Bacini e reticoli di studio su IGM

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	0.39	307	245	207	1.5	6.666667	19.5	0.4
W02	0.06	240	210	177	0.6	10.5	23	0.4

Nella precedente tabella sono state valorizzate le seguenti grandezze:

- “S” (km<sup>2</sup>): 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, denso più recente e basso	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<sup>2</sup>, 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	0.30717202	0.31952113	0.349828086	0.325507
W02	0.09600298	0.10184021	0.110051662	0.102632

#### 4.5. DETERMINAZIONE C.P.P.

L'altezza di pioggia critica è stata calcolata a partire dalle curve di possibilità pluviometrica che definiscono le variazioni della media del massimo annuale dell'altezza di pioggia per un tempo di durata t:

$$h=at^n$$

I suddetti parametri a ed n della curva di possibilità pluviometrica sono stati acquisiti dalla pubblicazione "Analisi regionale delle piogge brevi in Basilicata" di Claps, P. e Straziuso, E. (1996).

Sono stati identificate specifiche leggi pluviometriche funzioni della localizzazione dei bacini in studio.

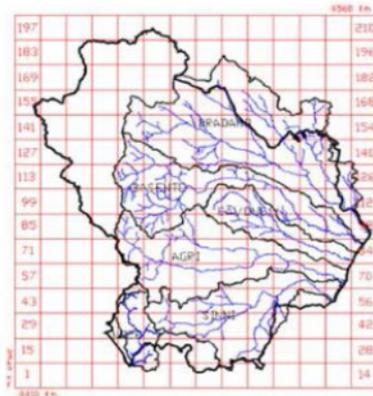


Figura 12 VAPI Pluviometria –suddivisione al III livello di regionalizzazione

I bacini di studio ricadono nelle seguenti celle dove sono riportati i valori:

cella	80
log(a)=	1,339
n=	0.361

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:

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

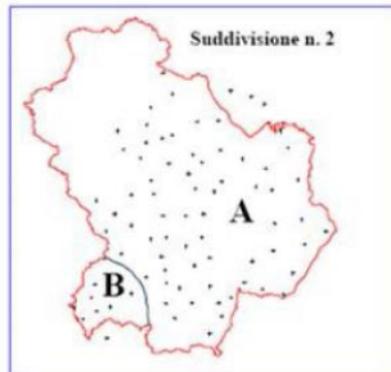


Figura 13 - Pluviometria suddivisione al II livello di regionalizzazione

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:

$T_r$	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 zona 80								
bacino	K30	K200	K500	a	n	h30(mm)	h200(mm)	h500(mm)
W01	1.56	2.86	3.49	21.827	0.361	22.70664	41.62885	50.79884
W02	1.56	2.86	3.49	21.827	0.361	14.96894	27.44306	33.488213

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

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	3.0228363	5.54186651	6.7626273
W02	0.9723413	1.78262567	2.175302

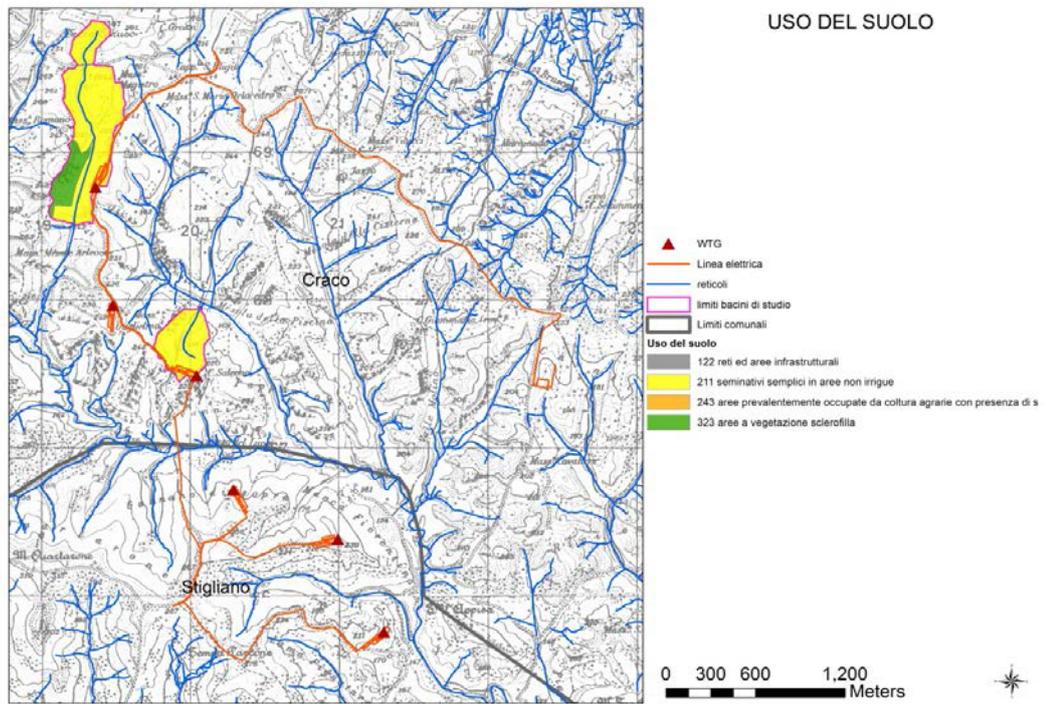


Figura 14 uso suolo

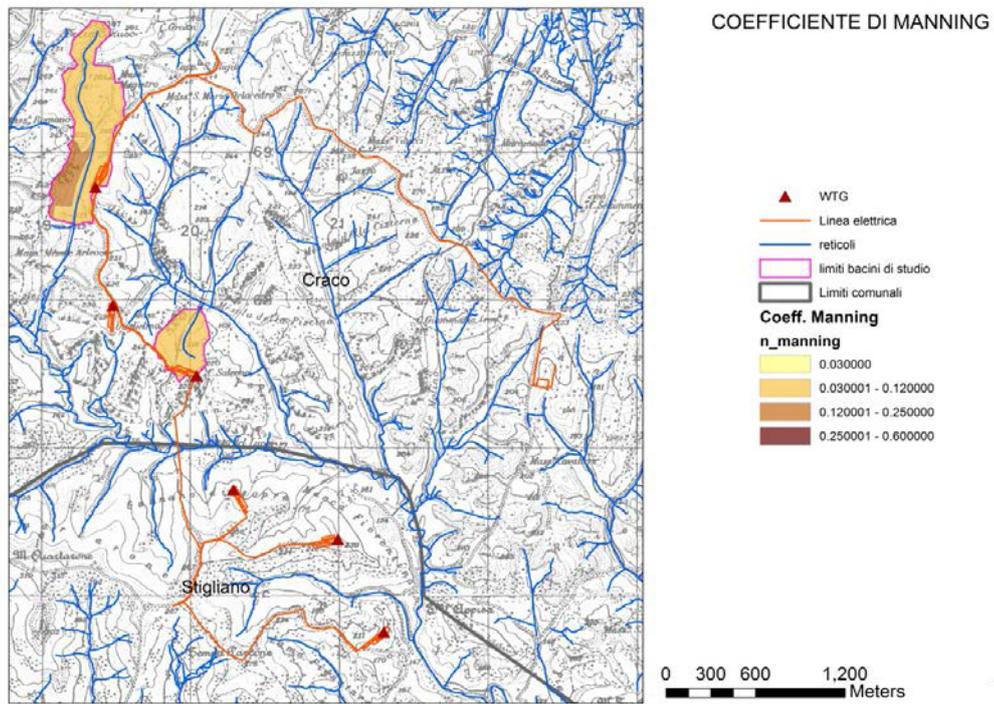


Figura 15 coefficiente di Manning

## 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 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 è cioè HEC-RAS 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 6.2. 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 6.2 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 5 m x 5 m.

La zona intorno agli aerogeneratori comprendente anche il cavidotto che li collega è stata ridefinita con risoluzione delle celle 1mx1m in quanto utilizzato il modello digitale fornito dal Ministero della Transizione Ecologica.

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.

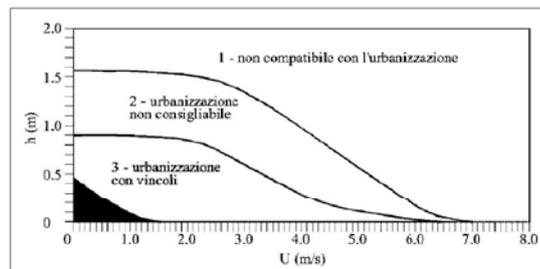
### 6.3. RISULTATI

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:



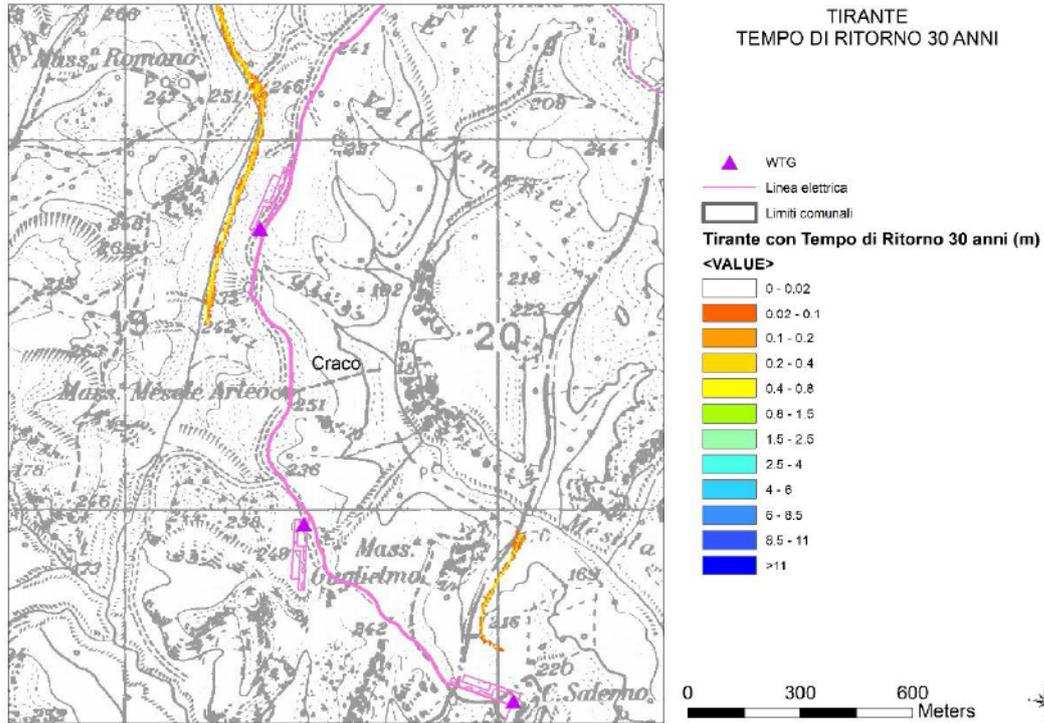


Figura 16

Planimetria tirante  $T_r=30$  anni

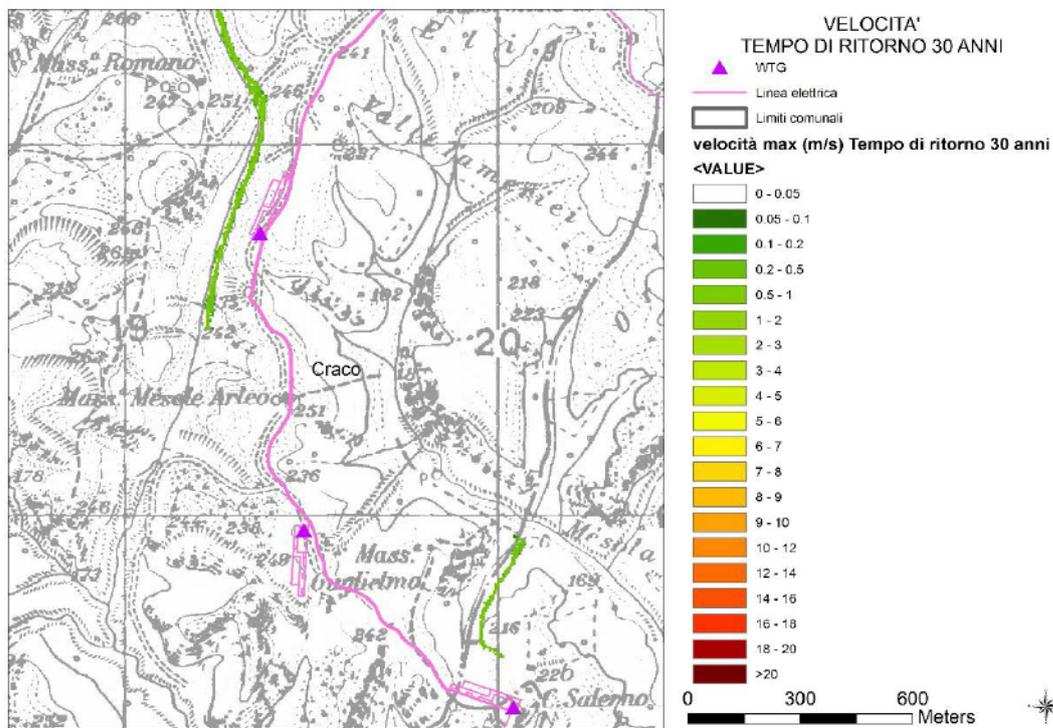


Figura 17: Planimetria velocità  $T_r=30$ anni

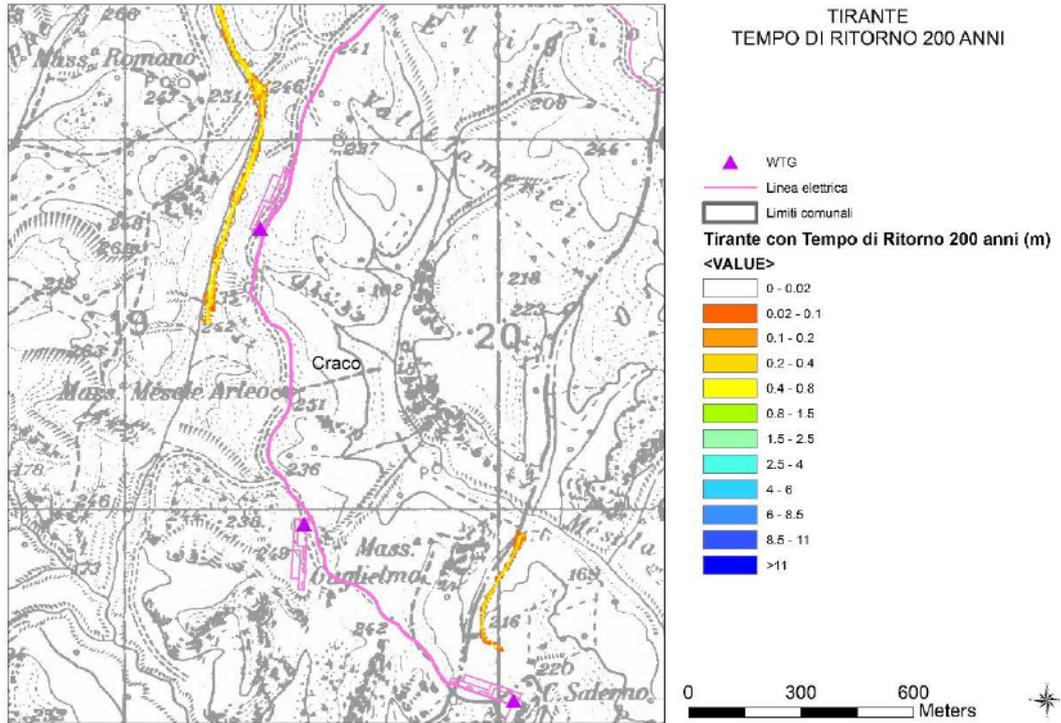


Figura 18 Planimetria tirante  $t_r=200$  anni

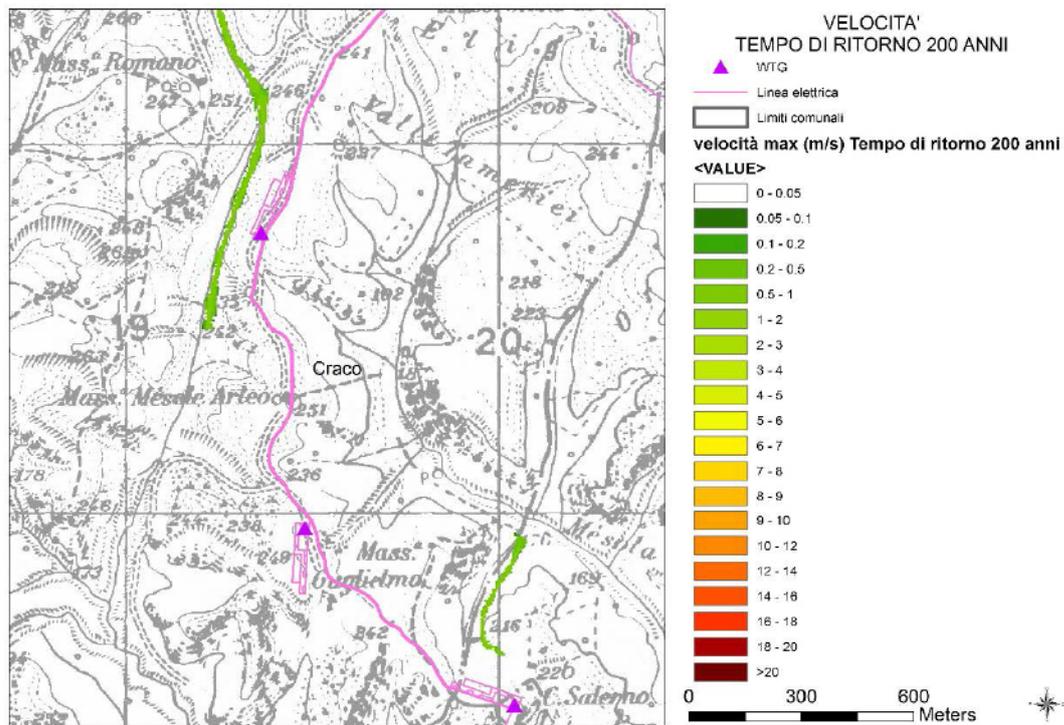


Figura 19 Planimetria velocità  $T_r=200$ anni

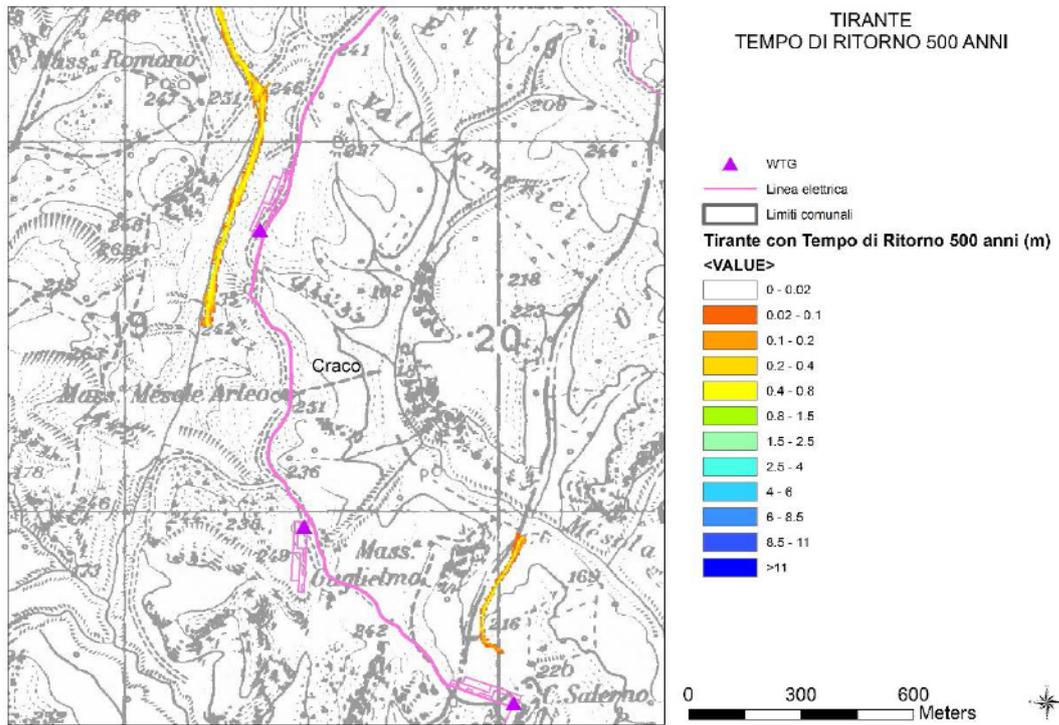


Figura 20 Planimetria tiranti  $Tr=500$  anni

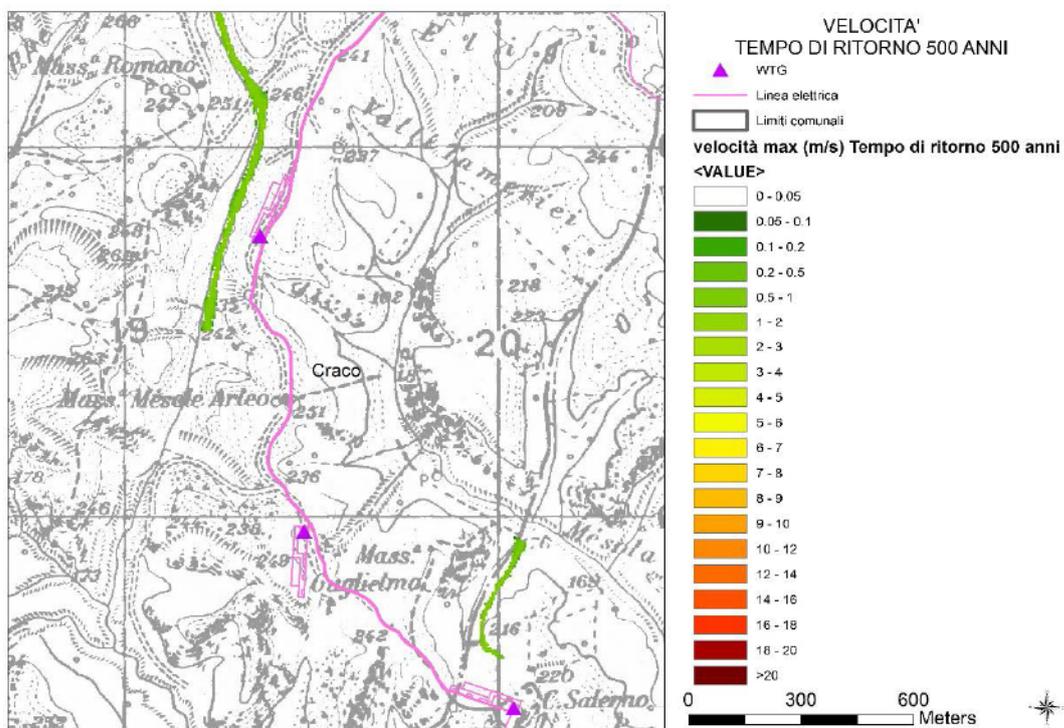


Figura 21 Planimetria velocità  $Tr=500$  anni

Le elaborazioni eseguite mostrano l'esondazione 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.

Comunque 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.

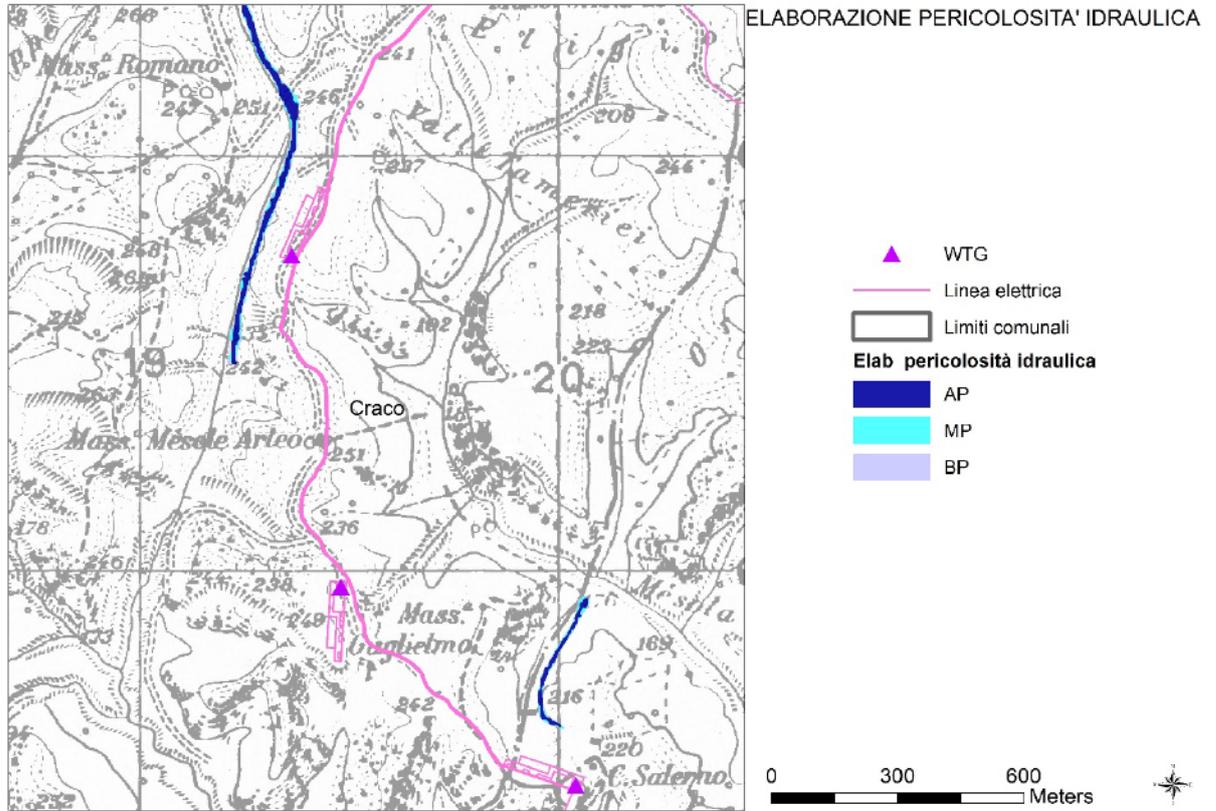


Figura 11 aree a pericolosità idraulica derivanti dallo studio bidimensionale

## 7. CONCLUSIONI

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 non interessa gli aerogeneratori in progetto.

L'area allagabile, calcolata per periodi di ritorno di 30, 200 e 500 anni, non interessa l'impianto in progetto.

Castellaneta, dicembre 2023

Il tecnico  
Geol. Donato PERNIOLA



