



Comune di Ginosa

(Provincia di Taranto)

Oggetto: *Progetto di coltivazione di una cava di inerti silicei ed argille da ubicarsi in località denominata 'Parlapiano' nei terreni ricadenti nel foglio di mappa n° 106, p.lle n° 73, 74, 117, 118, 132, 133 e 411 del N.C.T. del Comune di Ginosa (TA)*

Studio Idrologico ed Idraulico

Norme Tecniche di Attuazione - Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico (P.A.I.) - Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale

Committente:



Sede Legale ed impianti: C/da Lama di Pozzo - 74025 Marina di Ginosa (TA)
P.IVA: 00092130731 - Reg. Impr. Trib. TA n° 3301 - C.C.I.A.A. N° 56977 - Cap. Soc. 100.980 € i.v.
Tel. 099/8279766 - 8279776

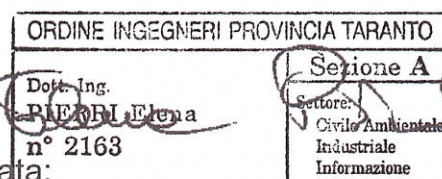


Il tecnico:

Dott. Geol. Arcangelo PERRUCCI



Dott.ssa Ing. Elena PIERRI



Revisione:

GEO.000/2016

Motivazione:

Emissione

Data:

26/01/2021

INDICE

1. - PREMESSA.....	3
2. - DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI	5
2.1 - Inquadramento normativo	6
3. STUDIO IDROLOGICO	14
3.1 - Impostazione metodologica.....	15
3.2 - Analisi geomorfologica	17
4. - STUDIO IDRAULICO.....	34
4.1 - Impostazione dello studio idraulico	34
4.2 - Modello di calcolo	35
4.3 - Implementazione del modello per il caso di studio.....	43
4.4 - Risultati ottenuti	48
4.5 Verifica della vulnerabilità del sito	53
5. - CONSIDERAZIONI FINALI.....	54
<u>Allegati grafici:</u>	54
⇒ Tav. n° 1 - <i>Planimetria di inquadramento dell'area in scala 1 : 25.000;</i>	
⇒ Tav. n° 2 - <i>Carta della pericolosità idraulica esistente in scala 1 : 25.000;</i>	
⇒ Tav. n° 3 - <i>Carta delle aree a pericolosità idraulica in scala 1 : 10.000.</i>	

1. - PREMESSA

Nel presente studio sono state analizzate le caratteristiche idrologiche e idrauliche e le eventuali criticità connesse al *“Progetto di coltivazione di una cava di inerti silicei ed argille da ubicarsi in località denominata ‘Parlapiano’ nei terreni ricadenti nel foglio di mappa n° 106, p.lle n° 73, 74, 117, 118, 132, 133 e 411 del N.C.T. del Comune di Ginosa (TA)”*, lo scopo è quello di elevare la conoscenza circa l’assetto idrologico ed idraulico dell’area interessata dal progetto di coltivazione in parola.

Sono state oggetto di analisi le criticità idrauliche che potrebbero manifestarsi in occasione di precipitazioni di forte intensità e per periodi di riferimento di 30, 200 e 500 anni. In particolare, il rischio idraulico è associato a fenomeni di esondazione che attengono alle portate di piena bicentinarie che possono formarsi in occasione di eventi meteorici di particolare intensità, persistenza ed estensione territoriale. Le situazioni di rischio sono pertanto riferite ad un concetto di probabilità di accadimento, normalmente misurata in termini di “tempo di ritorno”, definito come il numero medio di anni per il quale la variabile considerata è statisticamente uguagliata o superata almeno una volta.

Le attività di studio sono state svolte nel rispetto delle normative nazionali e, in particolare, del *“Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico (P.A.I.)”*, redatto dall’*Autorità di Bacino della Basilicata*, oggi *Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale* sede Basilicata, anche con riferimento ai contenuti delle relative *Norme Tecniche di Attuazione* ed alle indicazioni fornite dalla *Relazione di Piano* allegata.

Ai fini dello studio idrologico, le stime effettuate su tali precipitazioni fanno riferimento ai risultati ottenuti nell’ambito del *Progetto VAPI*

Studio Idrologico ed Idraulico

Progetto di coltivazione di una cava di inerti silicei ed argille da ubicarsi in località denominata 'Parlapiano' nei terreni ricadenti nel foglio di mappa n° 106, p.lle n° 73, 74, 117, 118, 132, 133 e 411 del N.C.T. del Comune di Ginosa (TA)

(*Valutazione delle Piene*) Basilicata, redatto a cura del GNDCl (Gruppo completato lo studio idrologico, è stata condotta in condizioni di moto vario l'analisi del comportamento idraulico di un tratto significativo dei tronchi fluviali oggetto di studio, verificando la presenza di criticità idriche.

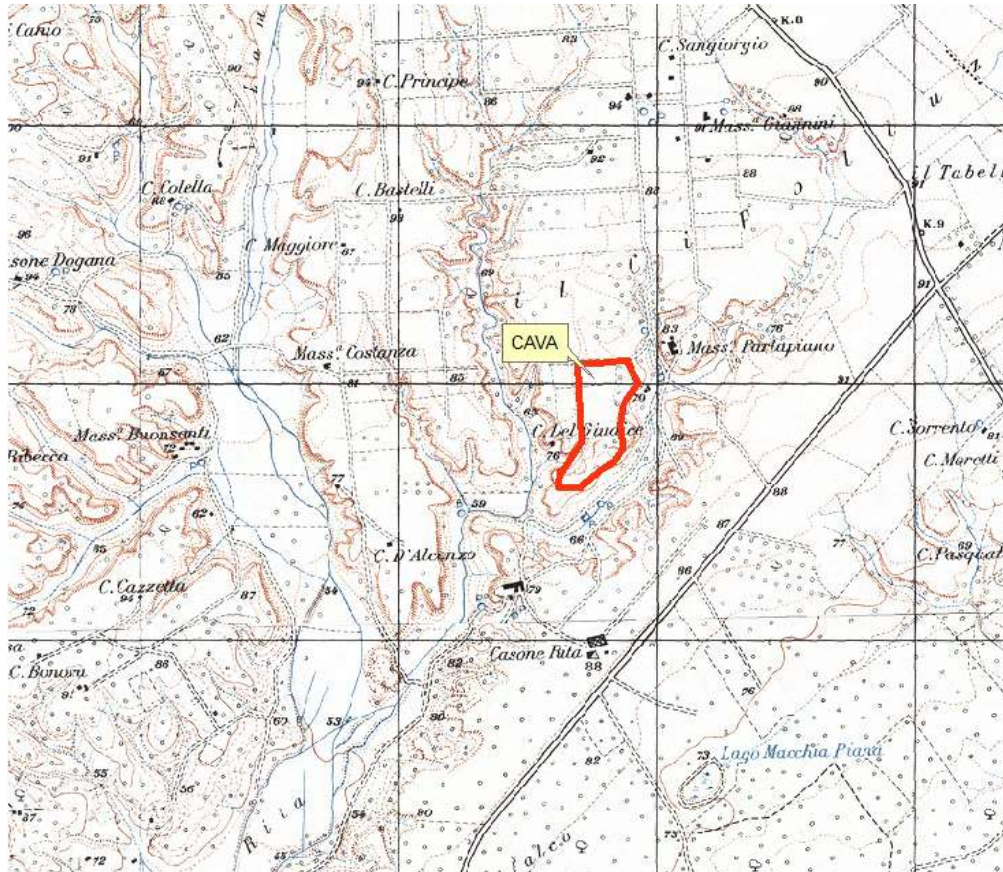


Figura 1 - Inquadramento dell'area

2. - DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

L'area nel quale è ubicato il giacimento di conglomerati, oggetto della richiesta di autorizzazione ai sensi dell'art. 9 della L. R. n° 22/2019 da parte della SARIM s.r.l., è compresa nella tavoletta dell'I.G.M. Foglio 201 "Ginosa" I S O in scala 1 : 25.000 (vedi tav. n° 1 degli allegati grafici) e nell'elemento n° 492062 "Masseria Parlapiano" della Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) in scala 1 : 5.000.

Come si evince dalle planimetrie dello stato dei luoghi ottenute dai rilievi topografici di dettaglio (vedi tav. n° 3 negli allegati grafici al progetto) dell'area interessata dall'apertura della nuova cava, essa ha un'estensione areale di circa 75.303 m² al netto delle fasce di rispetto e misurata al ciglio superiore degli scavi.

Dall'osservazione dei risultati delle indagini geognostiche realizzate all'uopo (sondaggi geoelettrici e carotaggi eseguiti in punti significativi del sito che sarà oggetto di coltivazione), oltreché dai summenzionati dati topografici di campagna si è determinata la consistenza del giacimento di inerti silicei ed argille interessate allo sfruttamento che può essere valutato in m³ 710.764.

Tale valore tiene conto del tipo di scavo 'a fossa', con altezze variabili fino ad un massimo di 20 m dal piano di campagna, e scarpate a 45° lungo il perimetro di cava.

2.1 - Inquadramento normativo

L'*Autorità di Bacino della Basilicata (AdB Basilicata)*, istituita con Legge Regionale n° 2 del 25 gennaio 2001, è una struttura interregionale comprendente porzioni di territorio delle Regioni Basilicata, Puglia e Calabria, oggi Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale sede Basilicata.

L'area di studio, rientra interamente nel territorio di competenza dell'AdB Basilicata.

Il *PAI dell'Autorità di Bacino della Basilicata* è stato approvato con Delibera del Comitato Istituzionale n. 26 del 05.12.2001 e poi aggiornato ogni anno dal 2002 al 2010. Esso è finalizzato al miglioramento delle condizioni di regime idraulico e della stabilità dei versanti ed a consentire uno sviluppo sostenibile del territorio nel rispetto degli assetti naturali, della loro tendenza evolutiva e delle potenzialità d'uso, e rappresenta la disciplina che più particolarmente si occupa delle tematiche proprie della difesa del suolo.

Il *PAI* costituisce *Piano Stralcio del Piano di Bacino*, ai sensi dell'articolo 17 comma 6 ter della Legge 18 maggio 1989, n° 183; ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo ricadente nel territorio di competenza dell'*Autorità di Bacino della Basilicata*.

Il Piano Stralcio, pertanto, ha la funzione di eliminare, mitigare o prevenire i maggiori rischi derivanti da fenomeni calamitosi di natura geomorfologica (dissesti gravitativi dei versanti) o di natura idraulica (esondazioni dei corsi d'acqua) e costituisce uno stralcio tematico e funzionale del Piano di Bacino ai sensi dell'art.65, c.8 del D.Lgs 152/2006.

Nei casi in cui le attività di pianificazione degli ulteriori stralci, riguardanti specifici settori funzionali, fatta salva la pianificazione relativa al bilancio idrico, non possono prescindere dal riferimento territoriale regionale, l'AdB cura la redazione dei piani stralcio, sulla base di specifiche direttive e/o atti di indirizzo della/e Regione/i. In alternativa gli stessi stralci possono essere redatti dagli Uffici Regionali competenti, d'intesa con l'Autorità di Bacino.

Il PAI persegue le finalità dell'art.65 c.3 lett.a), b), c), d), f), n), s) del D.Lgs.152/2006. Nello specifico individua e perimetra le aree a rischio idraulico e idrogeologico per l'incolumità delle persone, per i danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, per l'interruzione di funzionalità delle strutture socio-economiche e per i danni al patrimonio ambientale e culturale, nonché gli interventi prioritari da realizzare e le norme di attuazione relative alle suddette aree.

La pianificazione stralcio per la difesa dal rischio idrogeologico definisce, nelle sue linee generali, l'assetto idraulico e idrogeologico del territorio appartenente all'AdB della Basilicata, come prima fase interrelata alle successive articolazioni del Piano di Bacino.

Le finalità del PAI sono realizzate, dall'Autorità di Bacino della Basilicata e dalle altre Amministrazioni competenti, mediante:

- ⇒ la definizione del quadro della pericolosità idrogeologica in relazione ai fenomeni di esondazione e di dissesto dei versanti;
- ⇒ la definizione degli interventi per la disciplina, il controllo, la salvaguardia, la regolarizzazione dei corsi d'acqua e la sistemazione dei versanti e delle aree instabili a protezione degli abitati e delle infrastrutture, indirizzando l'uso di modalità di intervento che privilegino la valorizzazione ed il recupero delle caratteristiche naturali del terreno;

- ⇒ l'individuazione, la salvaguardia e la valorizzazione delle aree di pertinenza fluviale;
- ⇒ la manutenzione, il completamento e l'integrazione dei sistemi di difesa esistenti;
- ⇒ la definizione degli interventi per la difesa e la regolazione dei corsi d'acqua;
- ⇒ la definizione di nuovi sistemi di difesa, ad integrazione di quelli esistenti, con funzioni di controllo della evoluzione dei fenomeni di dissesto e di esondazione, in relazione al livello di riduzione del rischio da conseguire.

Il Piano ha l'obiettivo di promuovere gli interventi di manutenzione del suolo e delle opere di difesa, quali elementi essenziali per assicurare il progressivo miglioramento delle condizioni di sicurezza e della qualità ambientale del territorio, nonché di promuovere le azioni e gli interventi necessari a favorire:

- ⇒ le migliori condizioni idrauliche e ambientali del reticolo idrografico, eliminando gli ostacoli al deflusso delle piene in alveo e nelle aree golenali;
- ⇒ le buone condizioni idrogeologiche e ambientali dei versanti;
- ⇒ la piena funzionalità delle opere di difesa essenziali alla sicurezza idraulica e idrogeologica.

A tal fine il Piano privilegia l'attuazione da parte dei proprietari di aree prospicienti i corsi d'acqua nonché di aree agricole e boschive, di interventi idonei a prevenire fenomeni di dissesto idrogeologico, da incentivare anche mediante l'individuazione e messa in atto di meccanismi premiali a cura delle Regioni competenti.

La successiva regolamentazione delle attività sarà effettuata compatibilmente con la disponibilità di risorse finanziarie all'uopo destinate.

Gli effetti Del Piano sono esplicitati nelle NTA (art.3), in particolare (comma 1), Il Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico produce efficacia giuridica rispetto alla pianificazione di settore, urbanistica e territoriale, ed ha carattere immediatamente vincolante per le Amministrazioni e gli Enti Pubblici, nonché per i soggetti privati, ove trattasi di prescrizioni dichiarate di tale efficacia dal piano stesso ai sensi dell'art.65, commi 4, 5 e 6 del D.Lgs 152/2006.

Sono fatte salve in ogni caso le disposizioni più restrittive contenute nella legislazione nazionale e regionale vigente.

Il Piano rappresenta il quadro di riferimento a cui devono adeguarsi e rapportarsi tutti i provvedimenti autorizzativi inerenti gli interventi ricadenti sul territorio dell'Autorità di Bacino della Basilicata.

Il PAI (art. 5), definisce le finalità specifiche del Piano Stralcio delle fasce fluviali.

In particolare:

a) la individuazione degli alvei, delle aree golenali, delle fasce di territorio inondabili per piene con tempi di ritorno fino a 30 anni, per piene con tempi di ritorno fino a 200 anni e per piene con tempi di ritorno fino a 500 anni, dei corsi d'acqua compresi nel territorio dell'AdB della Basilicata: fiume Bradano, fiume Basento, fiume Cavone, fiume Agri, fiume Sinni, fiume Noce; il PAI definisce prioritariamente la pianificazione delle fasce fluviali del reticolo idrografico principale e una volta conclusa tale attività, la estende ai restanti corsi d'acqua di propria competenza;

b) la definizione, per le dette aree e per i restanti tratti della rete idrografica, di una strategia di gestione finalizzata a superare gli squilibri in atto conseguenti a fenomeni naturali o antropici, a salvaguardare le dinamiche idrauliche naturali, con particolare riferimento alle esondazioni e alla evoluzione morfologica degli alvei, a salvaguardare la qualità ambientale dei corsi d'acqua attraverso la tutela dell'inquinamento dei corpi idrici e dei depositi alluvionali permeabili a essi direttamente connessi, a favorire il mantenimento e/o il ripristino, ove possibile, dei caratteri di naturalità del reticolo idrografico;

c) la definizione di una politica di minimizzazione del rischio idraulico attraverso la formulazione di indirizzi relativi alle scelte insediative e la predisposizione di un programma di azioni specifiche, definito nei tipi di intervento e nelle priorità di attuazione, per prevenire, risolvere o mitigare le situazioni a rischio.

Nei successivi articoli (artt.6,7) si forniscono:

✓ *Definizione*

✓ *Ruolo e Funzioni*

✓ *Modalità di gestione*

✓ *Prescrizioni*

per alvei e fasce di territorio di pertinenza dei corsi d'acqua.

Gli alvei sono sottoposti alle seguenti prescrizioni, che costituiscono sia misure di tutela per la difesa dai fenomeni alluvionali, sia indirizzi che dovranno essere fatti propri dagli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica:

✓ non sono consentiti interventi edilizi e trasformazioni morfologiche di qualsiasi natura;

Sono fatti salvi:

- ✓ gli interventi di carattere idraulico di cui al precedente comma 3;
- ✓ gli interventi di derivazione connessi alla utilizzazione delle risorse idriche superficiali nel rispetto dell'art.95 del D.Lgs 152/2006;
- ✓ gli interventi relativi a infrastrutture tecnologiche a rete e viarie esistenti o a nuove infrastrutture in attraversamento, che non determinino rischio idraulico.

La realizzazione degli interventi riportati al punto precedente, è subordinata al parere vincolante dell'Autorità di Bacino ai sensi dell'articolo 10.

Le fasce di territorio di pertinenza fluviale sono sottoposte alle seguenti prescrizioni, che costituiscono sia misure di tutela per la difesa dai fenomeni alluvionali immediatamente vincolanti, sia indirizzi che dovranno essere fatti propri dagli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica.

Nelle aree comprese tra la fascia con probabilità di inondazione corrispondente a piene con tempi di ritorno fino a 30 anni e quella corrispondente a 500 anni, sono consentite:

- ✓ le attività di tempo libero compatibili con la pericolosità idraulica della zona, che non comportino edificazione o riduzione della funzionalità idraulica, previa autorizzazione del Comune competente anche in relazione alle attività di previsione e prevenzione di cui alla L. 225/'92 e s.m.i.;
- ✓ le iniziative rientranti nei Programmi Regionali, finanziate e compatibili con le previsioni del PAI vigente all'epoca del finanziamento, previo parere dell'AdB;

Nelle aree comprese tra la fascia con probabilità di inondazione corrispondente a piene con tempi di ritorno fino a 200 anni e quella corrispondente a 500 anni, sono consentiti interventi che non comportino la realizzazione di nuovi volumi o riduzione della funzionalità idraulica, previo rilascio delle autorizzazioni necessarie da parte dell'Amministrazione Comunale competente anche in relazione alle attività di previsione e prevenzione di cui alla L. 225/92 e s.m.i., salvo quanto previsto all'art.10 delle presenti norme relativamente alla "Realizzazione di infrastrutture lineari e/o a rete interessanti le fasce fluviali";

Relativamente ai manufatti edilizi esistenti sono consentiti i seguenti interventi a condizione che gli stessi non aumentino il livello di rischio comportando significativo ostacolo al deflusso o riduzione apprezzabile della capacità di invaso delle aree stesse e non precludano la possibilità di eliminare le cause che determinano le condizioni di rischio.

Gli obiettivi e le finalità del Piano diretti a rimuovere le situazioni a rischio e/o finalizzati alla mitigazione del rischio idrogeologico, di norma, sono attuati tramite Programmi Triennali di Intervento.

I Programmi Triennali di Intervento sono redatti tenendo conto degli indirizzi e delle finalità del Piano medesimo, ai sensi degli artt.69, 70, 71 del D.Lgs 152/2006 e dell'art.10 della L.R.2/2001.

I Programmi Triennali attuano, in tempi successivi all'approvazione del Piano Stralcio, gli interventi relativi anche a singole porzioni di territorio interessate dal PAI.

L'area di progetto è ubicata in prossimità di reticoli idrografici secondari afferenti al fiume Bradano.



Figura 2 - Ortofoto con rappresentazione del reticolo idrografico

Si fa presente che *Il Segretario Generale dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale* ha adottato con Decreto n. 540 del 13/10/2020 le cosiddette *Misure di Salvaguardia* sulle aree indicate nelle “proposte di aggiornamento” dei *Piani Stralcio di Assetto Idrogeologico Rischio idraulico* vigenti nel *Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale*.

Le Misure di Salvaguardia hanno efficacia dal 14/10/2020, data di pubblicazione del succitato Decreto sul sito dell'*AdB Distrettuale*.

Studio Idrologico ed Idraulico

Progetto di coltivazione di una cava di inerti silicei ed argille da ubicarsi in località denominata 'Parlapiano' nei terreni ricadenti nel foglio di mappa n° 106, p.lle n° 73, 74, 117, 118, 132, 133 e 411 del N.C.T. del Comune di Ginosa (TA)

All'articolo 3 delle suddette misure si specifica che in tutte le aree perimetrate nelle mappe dei progetti di variante di aggiornamento, si applicano, a titolo di *MdS* le norme di attuazione dei relativi Piani Stralcio, facendo riferimento alla condizione più gravosa in termini di classificazione della pericolosità e/o del rischio, tra quella delle mappe del PAI vigente e quelle del Progetto di variante.

Nel caso di studio, le condizioni di pericolosità non subiscono variazioni ossia l'area in oggetto non è interessata da alcuna perimetrazione.

3. - STUDIO IDROLOGICO

3.1 - Impostazione metodologica

Nel rispetto delle *N.T.A.* del *PAI* dell'*Autorità di Bacino della Basilicata*, che attribuiscono ad eventi con tempo di ritorno inferiore o uguale a 30 anni il grado di alta pericolosità idraulica e ad eventi con tempo di ritorno di 200 anni la verifica per il requisito della “sicurezza idraulica”.

Lo studio idrologico è finalizzato all'analisi di eventi di piena con tempi di ritorno pari a 30, 200 e 500 anni, individuando al verificarsi di detti eventi le eventuali criticità del reticolo indagato in corrispondenza dei ponti, le relative insufficienze idrauliche e le dinamiche idrauliche connesse alle interferenze che le opere di progetto esercitano sui corsi d'acqua in esame.

Lo studio è stato condotto secondo le seguenti fasi:

- reperimento della cartografia di base (I.G.M. in scala 1:25.000, rilievi aerofotogrammetrici in scala 1:5.000 ed ortofoto) e del modello digitale del terreno (*DEM*) a maglia 8x8 m;
- implementazione del *DEM* con rilievi topografici in sito relativi alla geometria delle sezioni idrauliche, per tratti di alveo ritenuti rappresentativi;
- individuazione dei bacini afferenti alle sezioni idrologiche individuate;
- definizione delle caratteristiche fisiografiche dei bacini (superficie, altitudine media, minima e massima, lunghezza massima e pendenza media dei versanti);

Studio Idrologico ed Idraulico

Progetto di coltivazione di una cava di inerti silicei ed argille da ubicarsi in località denominata 'Parlapiano' nei terreni ricadenti nel foglio di mappa n° 106, p.lle n° 73, 74, 117, 118, 132, 133 e 411 del N.C.T. del Comune di Ginosa (TA)

- analisi della piovosità sulla base delle curve di possibilità pluviometrica relative alle zone omogenee di pioggia in cui ricade il bacino, definite negli studi “VAPI-Basilicata” attraverso le procedure di regionalizzazione dei dati osservati delle precipitazioni intense, ed indicate come metodologia di riferimento nel PAI;
- determinazione delle portate di piena;
- definizione delle eventuali interazioni del reticolo idrografico con l’opera di progetto.

3.2 - Analisi geomorfologica

Lo studio geomorfologico è stato affrontato, come già rappresentato, con l'ausilio della carta I.G.M. in scala 1:25000 e delle Ortofoto CGR in scala 1:2000. È stato poi acquisito il modello digitale del terreno (DTM) della regione Puglia.

I dati a disposizione sono stati elaborati tramite l'applicazione di software GIS.

L'area di studio rientra all'interno del bacino del fiume Bradano.



Figura 3 - Bacino idrografico Fiume Bradano

Studio Idrologico ed Idraulico

Progetto di coltivazione di una cava di inerti silicei ed argille da ubicarsi in località denominata 'Parlapiano' nei terreni ricadenti nel foglio di mappa n° 106, p.lle n° 73, 74, 117, 118, 132, 133 e 411 del N.C.T. del Comune di Ginosa (TA)

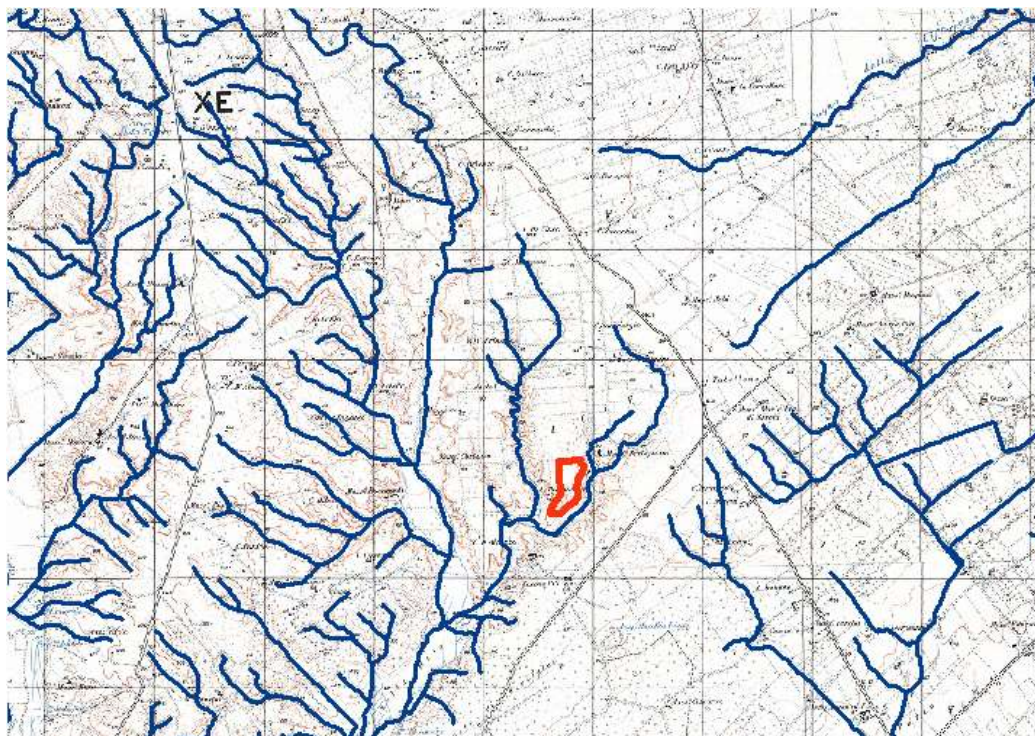


Figura 4 - Stralcio I.G.M. con indicazione dell'area di progetto (rosso) e reticolo idrografico (blu) (cfr Carta Idrogeomorfologica Regione Puglia)

A seguito dello studio geomorfologico sono stati individuati tre bacini idrografici:

CARATTERISTICHE FISIOGRAFICHE BACINI IDROGRAFICI					
	Area (Km ²)	H _{med} (ms.l.m.)	H _{min} (m s.l.m.)	H _{max} (m s.l.m.)	L _{max} (Km)
Bacino 1	2.14	91.42	60.10	103.74	4.6
Bacino 2	1.09	88.14	71.38	99.36	2.83
Bacino 3	0.77	86.75	71.02	94.94	1.63

Progetto di coltivazione di una cava di inerti silicei ed argille da ubicarsi in località denominata 'Parlapiano' nei terreni ricadenti nel foglio di mappa n° 106, p.lle n° 73, 74, 117, 118, 132, 133 e 411 del N.C.T. del Comune di Ginosa (TA)



Analisi pluviometrica

In linea con quanto stabilito in merito agli indirizzi forniti dal D.P.C.M 29.09.1998, si è deciso di effettuare la determinazione della curva di possibilità pluviometrica (C.P.P.) dei bacini in studio, con riferimento agli eventi di pioggia di breve durata, attraverso la metodologia propria del progetto Va. Pi. Basilicata.

A conforto di tale posizione i risultati forniti dal rapporto sintetico desunti e tarati dalle elaborazioni effettuate sui dati pluviometrici delle stazioni presenti nell'area considerata.

Il metodo Va.Pi. effettua la regionalizzazione delle piogge su due zone omogenee, in cui è stata suddivisa la Basilicata, con formulazioni diverse per ognuna di esse.

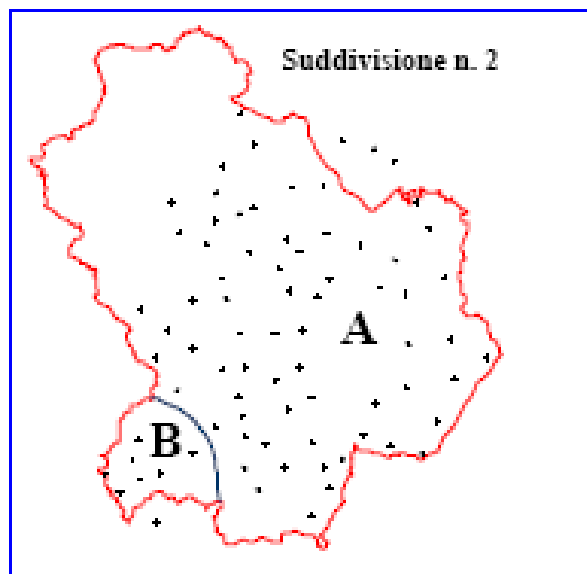


Figura 6 - Sottozone omogenee del fattore di crescita

Nel VAPI l'analisi idrologica è basata sulla legge di distribuzione statistica TCEV (Rossi et al 1984); la peculiarità di questo modello e quella di riuscire a considerare anche gli estremi idrologici, che sono di fatto gli eventi che inducono un livello di pericolosità più elevato, riconducendosi al prodotto di due funzioni di distribuzione di probabilità tipo Gumbel, una che riproduce l'andamento degli eventi ordinari e l'altra che riproduce l'andamento degli eventi eccezionali.

La TCEV (two components extreme value - legge di distribuzione di probabilità del Valore Estremo a Doppia Componente) ha la caratteristica di conferire al modello idrologico maggiore flessibilità e capacità di adattamento alle serie di dati disponibili, tuttavia occorre disporre di una serie storica di dati sufficientemente lunga per non incorrere in errori di campionatura.

Tale legge rappresenta la distribuzione del massimo valore conseguito, in un dato intervallo temporale, da una variabile casuale distribuita secondo la miscela di due leggi esponenziali, nell'ipotesi che il numero di occorrenze di questa variabile segua la legge di Poisson (Rossi e Versace, 1982; Rossi et al 1984).

Il modello proposto ammette che le due componenti, quella straordinaria e quella ordinaria, appartengano a popolazioni diverse ma tuttavia interferiscono tra loro seguendo un processo poissoniano.

Il processo individua una variabile X che rappresenta il massimo valore in una certa durata D , di una variabile casuale Y distribuita secondo la miscela di due esponenziali (Y_1 e Y_2) con funzione di probabilità cumulata (CDF): $FY(y) = [Y \leq y] = p(1 - e^{-y/\theta^1}) + (1-p)(1 - e^{-y/\theta^2})$; $Y \geq 0$ $0 < p \leq 1$

dove gli indici 1 e 2 si riferiscono alla componente ordinaria e straordinaria e p indica la proporzione della prima componente nella miscela.

Il numero di occorrenze K , cioè il numero di superamenti della variabile Y , in una durata D , e distribuito secondo la legge di Poisson con parametri uguali a Λ_1 e Λ_2 tali che:

$$\Lambda = \Lambda_1 + \Lambda_2 = E[Kt]$$

in cui Λ rappresenta la funzione parametro del processo, espressa come la media dei superamenti.

Ipotizzando che Y_1 e Y_2 siano distribuite esponenzialmente con valori medi:

$$\Theta_1 = E[Y_1] \quad \Theta_2 = E[Y_2]$$

l'equazione diventa:

$$F_{kt}(k) = \exp[-\Lambda_1 \exp(-k/\Theta_1) - \Lambda_2 \exp(-k/\Theta_2)]$$

che definisce la distribuzione TCEV.

La probabilità p_2 che un certo valore della X provenga dalla componente straordinaria è espresso dalla relazione:

$$p_2 = -\Lambda^* / \Theta^* \sum_j (-1)^j / j! \Lambda^{*j} \Gamma(j+1 / \Theta^*)$$

nella quale Γ è la funzione speciale e:

$$\Theta^* = \Theta_2 / \Theta_1, \quad \Lambda^* = \Lambda_2 / (\Lambda_1^{1/\Theta^*})$$

Se si dispone di un campione $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ della variabile X (massimo annuale delle Y) osservato in n anni, la stima dei parametri della distribuzione può essere effettuata utilizzando le serie dei massimi annuali applicando il metodo della massima verosimiglianza (ML).

L'identificazione dei parametri della distribuzione TCEV consente di costruire un modello regionale con struttura gerarchica, basata su tre livelli di regionalizzazione, grazie a cui è possibile individuare regioni in cui risulta costante il coefficiente di asimmetria (G), quindi risultano costanti i due parametri Θ^* e Λ^* ad esso legati (primo livello di regionalizzazione), e sottoregioni di queste, più limitate, in cui sia costante anche il coefficiente di variazione, e quindi il parametro Λ_1 che da esso dipende (secondo livello di regionalizzazione).

Il terzo livello è poi finalizzato alla ricerca di eventuali relazioni esistenti, all'interno di più piccole aree, tra il parametro di posizione della distribuzione di probabilità della X e le caratteristiche morfologiche. In particolare si nota che, all'interno di dette aree, i valori medi dei massimi annuali delle precipitazioni di diversa durata sono o costanti o strettamente correlati alla quota del sito di rilevamento.

L'analisi regionale dei dati di precipitazione al primo e al secondo livello di regionalizzazione è finalizzata alla determinazione delle curve regionali di crescita della grandezza in esame. In particolare per utilizzare al meglio le caratteristiche di omogeneità spaziale dei parametri della legge TCEV (CV e G), è utile rappresentare la legge $F(Xt)$ della distribuzione di probabilità cumulata del massimo annuale di precipitazione di assegnata durata Xt come prodotto tra il suo valore medio $\mu(Xt)$ ed una quantità KT, t , detta fattore probabilistico di crescita, funzione del periodo di ritorno T e della durata t , definito dal rapporto:

$$Kt, T = Xt, T / \mu(Xt) \quad (a)$$

La curva di distribuzione di probabilità del rapporto (a) corrisponde alla curva di crescita, che ha caratteristiche regionali, in quanto è unica nell'ambito della regione nella quale sono costanti i tre parametri della TCEV.

E' possibile rappresentare graficamente la funzione $KT=KT(T)$ al variare del tempo di ritorno Tr ; si riporta nel grafico successivo tale legge di variazione.

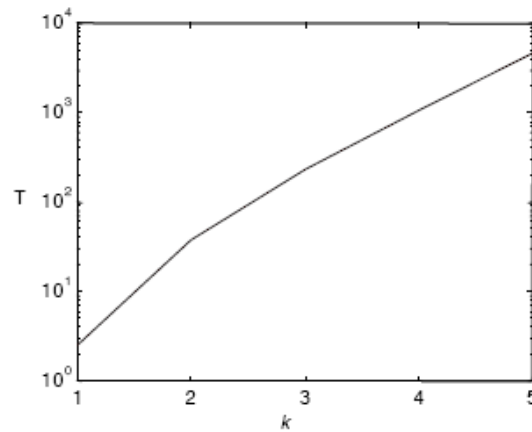


Figura 7 - Fattore di crescita al variare del tempo di ritorno: zona omogenea A (Nord)

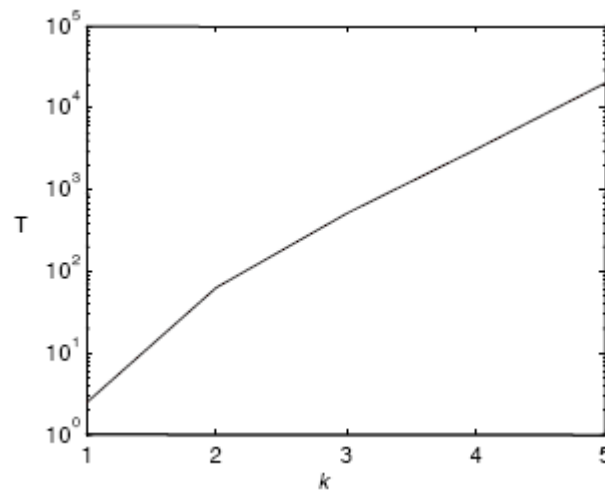


Figura 8 - Fattore crescita al variare del tempo di ritorno: zona omogenea B (Sud-Ovest)

In alternativa alle rappresentazioni grafiche delle curve di crescita, il valore di KT può essere ricavato direttamente in funzione di Tr attraverso una approssimazione asintotica (Rossi e Villani, 1995) della legge di crescita. La relazione è la seguente: $KT = a + b \ln T (1)$

in cui :

$$a = (\Theta \ln A^* + \ln A_1) / \eta$$

$$b = \Theta_* / \eta$$

$$\eta = \ln A_1 + C - T_0$$

T_0 è una funzione il cui valore è stato ottenuto grazie a un programma di calcolo iterativo.

Pertanto nella tabella seguente sono riportati i valori dei parametri a e b , e i relativi valori η e T_0 , che consentono di determinare nella forma (1) le leggi di crescita relative alle sottozone omogenee:

Zona omogenea	a	b	T_0	η
A (Nord)	-0.8804	0.7348	-0.2633	3.8678
B (Sud-Ovest)	-0.4990	0.587	-0.2633	4.8520

Coefficienti utilizzabili per l'uso dell'espressione asintotica (1)

Le aree omogenee individuate al primo e secondo livello di regionalizzazione si parzializzano al terzo livello, nel quale si analizza la variabilità spaziale del parametro di posizione (media, moda, mediana) delle serie storiche in relazione a fattori locali.

Nell'analisi delle piogge orarie, in analogia ai risultati classici della statistica idrologica (Viparelli, 1964), per ciascuna stazione è stato possibile correlare il valore medio x_t dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata t alle durate stesse, attraverso la relazione di seguito riportata.

$$x_t = a \cdot t^n \quad (2)$$

essendo a ed n due parametri variabili da sito a sito.

Ad essa si dà il nome di curva di probabilità pluviometrica.

Questa espressione risulta però incongruente per t che tende a zero, in quanto dà luogo ad intensità che tende ad infinito.

Per tener conto correttamente dell'andamento della curva di probabilità pluviometrica per durate inferiori all'ora si preferisce allora usare la legge a 3 parametri:

$$x_t = x_0 \cdot t / (1 + t/t_c)^\beta$$

nella quale x_0 rappresenta il limite dell'intensità di pioggia per t che tende a zero.

La formula precedente può però essere tarata affidabilmente solo avendo a disposizione un numero consistente di dati relativi a durate inferiori all'ora (v. es. Villani, 1990), in assenza dei quali il suo impiego risulta meno efficace rispetto all'impiego della (2).

Nella presente analisi, non essendo disponibili dati di pioggia di durata inferiore all'ora, si è effettuata la determinazione delle curve di probabilità pluviometriche sull'intera regione secondo la relazione (2).

Per mancanza di una suddivisione in aree omogenee, anche nella determinazione della distribuzione spaziale dei parametri a ed n nella regione non è stato possibile ricercare relazioni che facessero dipendere i suddetti parametri da variabili fisiche, quali ad esempio la quota.

Si è quindi adottato ancora il criterio di ricostruire le curve isoparametriche delle variabili in questione attraverso il kriging. I dati di partenza, sono i coefficienti a ed n stimati in ognuna delle 55 stazioni considerate tramite regressione lineare sui logaritmi.

Poiché non si sono individuate aree omogenee rispetto alle leggi di probabilità pluviometriche, la loro determinazione su un'area quale può essere, ad es., un bacino idrografico viene determinata a seguito di una operazione di media sui parametri a ed n della legge di pioggia.

Per fornire dati utili per valutazioni idrologiche speditive, questa operazione è stata eseguita non solo per tutti i bacini monitorati in passato dal SIMN in Basilicata, incluse le aree comprese tra sezioni successive lungo il corso d'acqua, ma anche per celle di 10 Km di lato che ricoprono l'intero territorio lucano, come mostrato nella figura che segue.

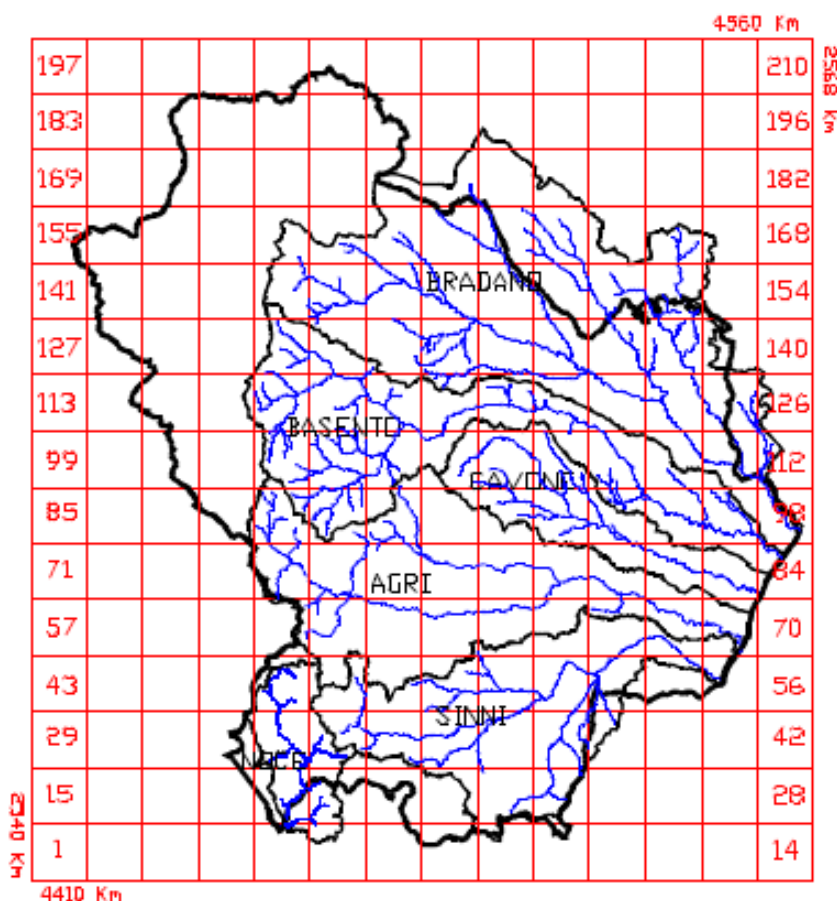


Figura 9 - Suddivisione della regione Basilicata in celle di lato 10 km

Per i bacini sottesi dalle sezioni monitorate dal SIMN e le aree comprese tra successivi sottobacini vengono forniti i valori dei parametri a ed n relativi alle curve di probabilità pluviometriche medie areali.

Sono invece riportati i valori medi di $\log(a)$ e di n relativi alle celle rappresentate in figura 5 ed identificate da una numerazione che procede da Ovest verso Est e da Sud verso Nord.

Usando i valori medi di $\log(a)$ e di n relativi alle celle, si può ottenere l'espressione della legge di pioggia riferita ad un'area attraverso media pesata dei suddetti valori tra le celle che ricoprono l'area stessa.

L'area di interesse ricade all'interno della cella 112.

Pertanto, la curva di possibilità pluviometrica di base (C.P.P.) utilizzata per le valutazioni idrologiche è la seguente:

$$x(t, z) = 27.22t^{0.28}$$

Si definirà l'equazione della C.P.P. per il bacino considerato al variare dei tempi caratteristici.

A queste andranno poi applicati coefficienti moltiplicativi relativamente al Fattore di Crescita K_T , funzione del tempo di ritorno dell'evento di progetto ed al Fattore di Riduzione Areale K_A che tiene conto della non contemporaneità dell'evento sull'intera estensione dei bacini. Nel caso in esame il fattore di riduzione delle piogge all'area K_A è stato posto uguale a 1.

Per quanto concerne il Fattore di Crescita di seguito si riportano i valori singolari tabellati dal rapporto sintetico e, in corsivo, i valori ricavati con formula:

Tempo di Ritorno (anni)										
	5	10	20	30	40	50	100	200	500	1000
K_T	1.25	1.49	1.74	1.90	2.03	2.14	2.49	2.91	3.5	3.97

TAB 1 - valori di K_T al variare del Tempo di Ritorno

La durata della precipitazione che è critica per il bacino, cioè che mette in crisi la rete idrografica perché per essa si raggiunge il valore più elevato di portata, dipende dall'estensione del bacino.

Tra i tempi caratteristici degli eventi di piena il più utilizzato è il tempo di corrivazione. Il tempo di corrivazione di un punto del bacino è il tempo necessario perchè la goccia d'acqua caduta in un punto possa raggiungere la sezione di chiusura del bacino considerato, per la determinazione numerica dello stesso utilizzeremo la formula di Giandotti:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m}}$$

in cui t_c è espresso in ore, a in km^2 , L la lunghezza dell'asta principale del corso d'acqua, a partire dallo spartiacque, espressa in km, e H_m è l'altitudine media del bacino, riferita alla sezione di chiusura, espressa in m.s.l.m.

Quanto descritto viene sintetizzato nelle tabelle seguenti:

	$t_c(\text{h})$
Bacino 1	1.66
Bacino 2	1.12
Bacino 3	0.8

Caratteristiche Bacini idrografici

Stima delle portate al colmo di piena

Nel caso di bacini in cui sono presenti uno o più manufatti che provocano squilibri sul regime naturale delle portate di piena, occorrerà valutarne l'effetto con modelli di simulazione del comportamento idrologico/idraulico delle opere stesse.

A seguito dei risultati ottenuti da tali studi si potrà effettuare una modellazione più raffinata fino ad addivenire ad una simulazione fisico-matematica completa dell'effettivo comportamento idraulico dei manufatti durante gli eventi di piena presi a riferimento.

La valutazione delle portate al colmo di piena è stata effettuata secondo la metodologia indicata nell' "Analisi di frequenza delle portate al colmo di piena" VAPI Valutazione delle Piene in Italia GNDCI-CNR. Tale studio indica la possibilità di stima delle portate al colmo di piena, " Q_T ", con assegnato tempo di ritorno, " T ", come prodotto della piena indice " $E(Q)$ " per il fattore probabilistico di crescita " K_T ":

$$Q_T = K_T E(Q)$$

È ben noto che la piena indice, la cui variabilità è fortemente influenzata dall' area del bacino, può essere stimata tramite una legge del tipo:

$$E(Q) = \alpha A^\beta$$

Nel succitato studio VAPI vengono riportate due relazioni per il calcolo della piena indice, relative alle due aree, nelle quali è stata suddivisa la Basilicata, ritenute omogenee ai fini del calcolo della suddetta piena indice:

Area omogenea 1	Area omogenea 2
Bacini del Bradano, Basento, Cavone e Agri	Bacini del Sinni, Lao e Noce
$E(Q)=2.13A^{0.766}$	$E(Q)=5.98A^{0.645}$

Ai fini del calcolo del fattore probabilistico di crescita K_T , in accordo con la variabilità dei parametri geomorfoclimatici, si è suddiviso il territorio in tre zone omogenee (tabella 2) a ciascuna delle quali corrisponde una coppia di valori dei parametri " a " e " b " da inserire nella seguente relazione:

$$K_T = a + b \ln(T) \quad (\ln: \text{logaritmo naturale; } T: \text{tempo di ritorno})$$

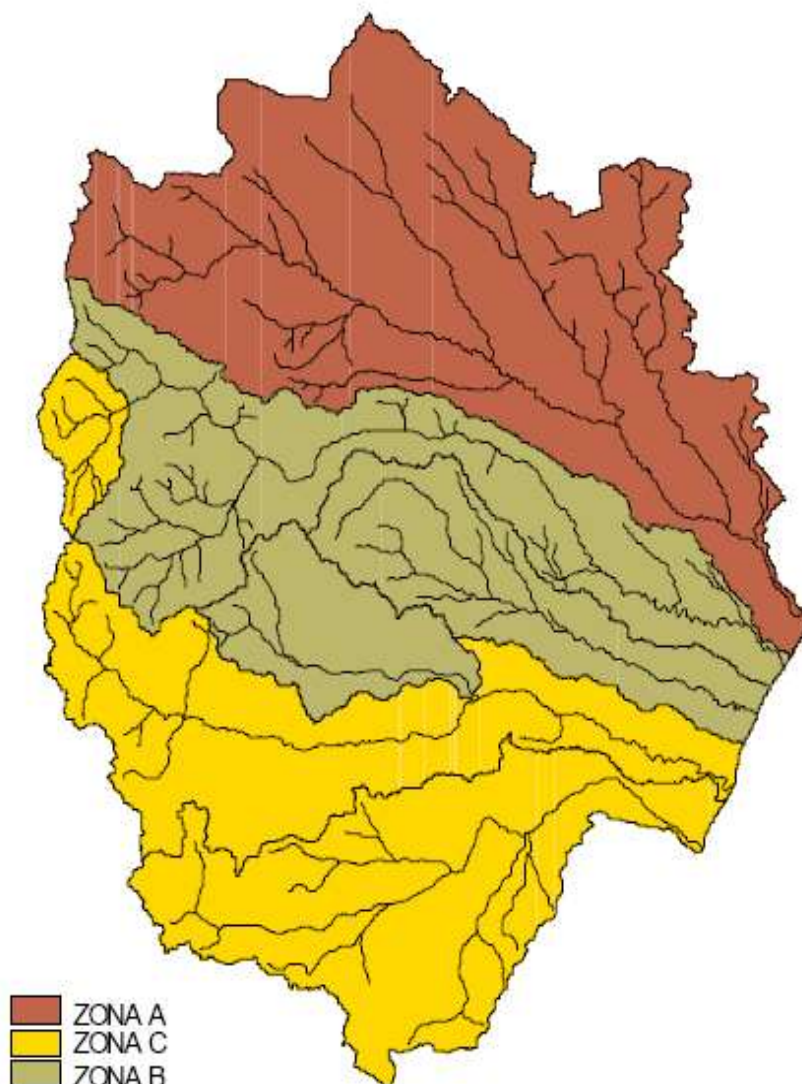
Studio Idrologico ed Idraulico

Progetto di coltivazione di una cava di inerti silicei ed argille da ubicarsi in località denominata 'Parlapiano' nei terreni ricadenti nel foglio di mappa n° 106, p.lle n° 73, 74, 117, 118, 132, 133 e 411 del N.C.T. del Comune di Ginosa (TA)

Zona A		Zona B		Zona C	
Bacino del Bradano		Basso bacino del Basento		Bacini dell'Agri, Sinni, Cavone, Noce e alto bacino Basento	
a	b	a	b	a	b
-0.5673	0.9930	-0.2354	0.7827	0.056	0.5977

- ✓ Sottozona A: si identifica praticamente con l'intero bacino del Bradano. Tale bacino è in assoluto quello caratterizzato dalla maggiore aridità di tutta la regione, caratteristica che induce bassi valori di <1 , tra le altre cose, anche a causa del fatto che il suolo è il più delle volte asciutto prima delle piene. Va poi rimarcata la presenza di zone carsiche all'interno del bacino.
- ✓ Sottozona B: comprendente il medio e basso bacino del Basento, le cui caratteristiche sono non molto dissimili da quelle della zona A, anche se il numero medio degli eventi è leggermente maggiore. Ai fini di questa suddivisione, il basso Basento si può approssimativamente far iniziare a valle della città di Potenza.
- ✓ Sottozona C: dove si fa rientrare l'Agri, il Sinni e l'alto bacino del Basento ovvero la zona a monte di Potenza. In quest'ultima sottozona il numero degli eventi piovosi significativi ai fini delle piene è molto maggiore rispetto agli altri bacini del versante ionico.

II LIVELLO - ZONE OMOGENEE



Sottozone omogenee al II livello di regionalizzazione delle piene

Si riportano i valori di K_T ottenuti numericamente per alcuni valori del periodo di ritorno.

T (anni)	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
KT(SZOA)	0.81	1.44	1.96	2.55	2.76	3.21	3.43	3.12	4.83	5.76	6.47
KT(SZOB)	0.85	1.34	1.75	2.21	2.38	2.73	2.90	3.45	4.00	4.73	5.29
KT(SZOC)	0.89	1.26	1.57	1.92	2.05	2.31	2.45	2.86	3.28	3.84	4.26

Adoperando l'espressione asintotica precedente i fattori di crescita possono essere calcolati con:

$$(SZO A) K_T = -0.5836 + 1.022 \ln T$$

$$(SZO A) K_T = -0.2407 + 0.8004 \ln T$$

$$(SZO A) K_T = -0.0575 + 0.6083 \ln T$$

Per valori del periodo di ritorno superiori a 10 anni, l'errore nell'uso delle formule su esposte è sempre inferiore al 10% in tutte le SZO.

Di seguito si riportano i valori delle portate al colmo di piena calcolate per eventi con tempi di ritorno pari a 30, 200 e 500 anni.

BACINI	Q (m3/s) Tr=30 anni	Q (m3/s) Tr=200 anni	Q (m3/s) Tr=500 anni
Bacino 1	5.03	8.40	10.03
Bacino 2	1.50	5.01	5.98
Bacino 3	1.15	3.84	4.58

Portate al colmo

4. - STUDIO IDRAULICO

4.1 - Impostazione dello studio idraulico

Come anticipato nei paragrafi precedenti, per l'individuazione delle aree interessate dal transito dei deflussi di piena bicentenaria e dei parametri idrodinamici ad essa connessi, sarà utilizzato un modello di calcolo bidimensionale, in moto vario. Il dominio di studio è dato dall'involuppo della superficie dei bacini idrografici individuati.



Figura 10 - Dominio di calcolo

4.2 - Modello di calcolo

Il codice di calcolo bidimensionale FLO-2D è un modello commerciale distribuito dalla FLO-2D Inc. che rappresenta un punto di riferimento nell'ambito dei software per la modellazione bidimensionale, essendo accreditata presso la FEMA e la Corps Engineers tra i modelli idraulici per gli studi dei fiumi e dei fenomeni di inondazione.

È un modello basato su processi fisici in grado di combinare gli aspetti idrologici (quantità di pioggia, ruscellamento, infiltrazione, etc.) con aspetti idraulici (effetti delle strade, degli edifici e di ostruzioni in genere sul flusso, variazione della velocità del flusso tra due elementi di calcolo), al fine di delineare il rischio da inondazione ed assistere nella scelta dei processi di mitigazione di quest'ultimo.

Pertanto si presta sia a simulazione monodimensionali, come ad esempio canali con una geometria naturale o con sezioni schematizzate (rettangolari o trapezoidali), sia alla simulazione di un flusso non confinato in una piana inondabile, sia la modellazione dell'impatto dell'inondazione sugli edifici in base a parametri fisici come pressione e velocità.

Tutto ciò è reso possibile grazie allo schema di calcolo del flusso non confinato in otto direzioni con la conservazione di massa, utilizzando un passo tempo variabile che può aumentare o diminuire a seconda delle necessità, ricorrendo ad efficienti criteri di stabilità con la possibilità di avere un numero illimitato di elementi calcolo.

FLO-2D è un modello basato sulla semplice conservazione dei volumi, in cui i flussi di acqua sul dominio di calcolo sono controllati dalla topografia e dai fattori di resistenza alla propagazione.

La modellazione bidimensionale si realizza attraverso un'integrazione numerica delle equazioni del moto e con la conservazione dei volumi, sia per fenomeni alluvionali che per flussi di sedimenti iperconcentrati.

Le equazioni che governano questi processi sono l'equazione di continuità e l'equazione del moto nella forma completa includendo anche il termine dell'accelerazione:

equazione di continuità:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h V_x}{\partial x} = i - e$$

equazione del moto:

$$\partial S_{fx} = S_{ox} - \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{V_x}{g} \frac{\partial V_x}{\partial x} - \frac{V_x}{g} \frac{\partial V_x}{\partial x} - \frac{1}{g} \frac{\partial V_x}{\partial t}$$

dove:

h è l'altezza idrica,

V_x è la componente x della velocità media della corrente,

S_{fx} è la cadente,

S_{ox} è la pendenza del fondo

g è l'accelerazione di gravità (FLO-2D User Manual, 2007).

L'eccesso dell'intensità di pioggia (i) può causare un flusso superficiale diverso da zero.

La componente S_{fx} dell'attrito è funzione dalla pendenza ed è ricavata dall'equazione di Manning, mentre S_{ox} è la pendenza di fondo, e gli altri termini sono il gradiente della pressione ed il termine di accelerazione locale.

Le equazioni del moto possono essere definite come quasi bidimensionali, poiché l'equazione del momento è risolta calcolando la velocità media del flusso in un determinato tempo per le componenti al contorno della griglia di calcolo.

Esistono otto potenziali direzioni di flusso, le quattro direzioni cardinali più le altre quattro diagonali, ed ogni velocità è essenzialmente calcolata con una natura monodimensionale risolvendo lo schema in maniera indipendente alle altre sette direzioni.

La stabilità dello schema numerico esplicito è basata su un criterio specifico per controllare la dimensione del passo temporale. In ogni singola cella della griglia di calcolo sono stoccate le informazioni inerenti la quota, la profondità di flusso, il valore di attrito di Manning (n), le dimensioni della cella e le portate nelle otto possibili direzioni pertanto la zona di flusso è descrivibile come il prodotto della larghezza della cella per la profondità media del flusso.

Con un sistema appropriato di stima delle resistenze al flusso, FLO-2D distribuisce numericamente il volume di liquido in blocchi (quelli della griglia di calcolo), per imitare i fenomeni di propagazione spazio-temporale di un'onda di piena.

Concettualmente, FLO-2D non ha un approccio Lagrangiano al moto del fluido, poiché il movimento di questo ultimo nella griglia di calcolo è unicamente controllato dai criteri di stabilità.

Ricorrendo a otto direzioni di flusso si risolve il problema di quei modelli che usano l'approssimazione diffusiva, la quale obbliga il flusso a seguire la massima pendenza anche quando il flusso non ha una propria pendenza e la sua direzione non è allineata con la griglia di calcolo. Quest'ultimo problema viene risolto tramite un riallineamento artificiale, che consente di eliminare il problema della perdita dell'accelerazione convettiva. Certamente in un modello con otto direzioni di flusso, la diagonale di flusso può incrociarsi in verso opposto con quella della cella adiacente, ma questo non viola il principio di conservazione del volume.

La conservazione del volume è un criterio di stabilità numerica e di accuratezza. I volumi in entrata, quelli in uscita, il cambiamento della capacità di accumulo, di infiltrazione e la perdita per evapotraspirazione, sono sommati alla fine di ogni passo temporale. Il volume conservato si esprime come la differenza totale tra i volumi in entrata, quelli in uscita e quelli persi per evapotraspirazione.

L'inserimento di dati errati, fenomeni d'instabilità numerica e tecniche di simulazione inappropriate causano la perdita della conservazione dei volumi; pertanto la conservazione dei volumi può essere usata per discernere quale elemento della modellazione conduce all'instabilità, e più in generale come parametro di bontà della simulazione.

È importante sottolineare come in nessuna simulazione la conservazione del volume sia esatta; per valori intorno allo 0.001 per cento o meno sarà sufficientemente accurata.

Lo schema risolutore delle equazioni differenziali della continuità e del momento è quello delle differenze centrali. La soluzione della forma differenziale dell'equazione del momento è il risultato di una sua rappresentazione discreta in un punto.

Questo schema numerico è di semplice formulazione, ma presenta l'inconveniente che deve essere limitato da un passo temporale piccolo e da ristretti criteri di stabilità numerica.

Infatti lo schema delle differenze finite può richiedere un elevato tempo di calcolo quando sono simulate onde di sommersione in lenta crescita o canali con sezioni molto variabili.

È importante considerare un altro aspetto: le equazioni complete usate da FLO-2D sono equazioni differenziali di secondo ordine non lineari, in cui la velocità viene inizialmente calcolata con un'approssimazione diffusiva usando la pendenza media della superficie dell'acqua.

La velocità è successivamente usata nel metodo della tangente di Newton – Raphson per determinare le radici dell'equazione completa. L'equazione di Manning è applicata per calcolare l'attrito dovuto alla pendenza.

Se la soluzione di Newton-Raphson fallisce la convergenza dopo tre iterazioni, l'algoritmo passa automaticamente all'utilizzo della soluzione diffusiva.

Volendo riassumere l'algoritmo risolutore include i seguenti passi:

- il flusso medio, la rugosità, e la pendenza tra due celle vengono calcolati;
- la profondità di flusso (d) per calcolare la velocità attraverso gli elementi di contorno della griglia di calcolo al passo temporale $i+1$ è stimato al precedente passo temporale i usando una relazione lineare;

$$d_x^{i+1} = d_x^i + d_{x+1}^i$$

- la prima stima della velocità è calcolata usando l'approssimazione diffusiva; infatti l'unica variabile non nota in tale semplificazione è la velocità. Questo è il caso di flussi non confinati, canali e strade;
- il risultato al determinato passo temporale con approssimazione diffusiva è usato nella soluzione di Newton-Raphson per risolvere le equazioni complete ed ottenere la velocità;
- la portata Q attraverso le celle di contorno è calcolata moltiplicando la velocità per l'area di flusso;
- l'incremento di portata ad un determinato tempo, nelle otto direzioni calcolo, è il risultato della seguente somma:

$$\Delta Q_x^{i+1} = Q_n + Q_e + Q_s + Q_w + Q_{ne} + Q_{se} + Q_{sw} + Q_{nw}$$

la variazione di volume (portata netta per il passo temporale) è distribuita sull'area di accumulo disponibile all'interno della griglia per determinare l'aumento della profondità del flusso.

$$\Delta d^{i+1} = \Delta Q_x^{i+1} \Delta t / SurfaceArea$$

I criteri di stabilità numerica sono testati per la nuova griglia della profondità precedentemente calcolata:

- se un qualunque criterio di stabilità viene superato, il tempo di simulazione viene azzerato e riportato al precedente passo temporale, il passo viene ridotto e tutti i calcoli sono cancellati e si riprende dal calcolo della velocità;
- la simulazione procede con l'aumento del passo temporale fino a che i criteri di stabilità sono superati.

Per quanto concerne i criteri di stabilità numerica, FLO-2D garantisce la stabilità con passo temporale sufficientemente piccolo. La chiave per una modellazione funzionale alle differenze finite sono i criteri di stabilità numerica, che sono condizionati dal rapporto tra la variazione di volume degli elementi della griglia e il passo temporale in base alla relazione:

$$\Delta V / \Delta t \cong 0$$

Inoltre un brusco aumento delle portate in ingresso su una griglia di calcolo con elementi molto piccoli può produrre una forte instabilità. La stabilità numerica viene controllata per ogni elemento della griglia ad ogni intervallo temporale per assicurare la stabilità della soluzione. Se i criteri di stabilità numerica sono superati, il passo temporale diminuisce e tutti i calcoli idraulici precedenti sono cancellati.

Esistono tre metodi per i criteri di stabilità numerica:

- Specificare la percentuale di variazione della profondità dal precedente passo temporale;

- CFL (Courant-Friedrich-Lewy), mette in relazione la celerità dell'onda di sommersione con la suddivisione temporale e spaziale. L'interpretazione fisica del CFL asserisce che una particella del fluido non deve compiere un percorso superiore all'incremento spaziale N_x in un passo temporale N_t (Fletcher, 1990). FLO-2D usa le condizioni CFL per le piane inondabili, i canali e le strade. Il passo temporale può essere limitato secondo la relazione:

$$\Delta t = C^* \Delta x / (v + c)$$

dove C è il numero di Courant ($C \leq 1.0$), N_x è la dimensione dell'elemento della griglia, v è la velocità media calcolata lungo la sezione trasversale, c è la celerità calcolata dell'onda;

- Dynamic Wave Stability Criteria, sviluppato da Ponce e Theurer (1982). Questo criterio è funzione della pendenza di fondo, delle portate e delle dimensioni degli elementi della griglia. Infatti in base alla seguente relazione:

$$\Delta t < \zeta^* \Delta x^2 / q_0$$

Dove q_0 è la portata unitaria, S_0 è la pendenza di fondo e ζ è un coefficiente empirico con valori compresi tra 0.10 e 1.0.

Gli effetti di una possibile instabilità numerica si manifestano con elevati valori di velocità e livelli degli idrometrici in uscita molto elevati.

Come si può notare il fattore fondamentale è quello del passo temporale che generalmente si colloca in un intervallo di valori tra 0.1 secondi e 30 secondi.

Il modello inizia la sua simulazione con un passo temporale minimo, cioè uguale ad 1 secondo e aumenta fino a che una delle tre condizioni di stabilità non viene superata, e successivamente il passo temporale torna a diminuire.

Se i criteri di stabilità continuano ad essere superati, il passo temporale diminuisce fino al minimo valore. Se il minimo intervallo temporale non è sufficientemente piccolo per conservare il volume o la stabilità numerica si presentano tre possibili soluzioni: a) riduzione del passo temporale; b) il coefficiente C di stabilità numerica viene adattato; c) vengono modificati i dati di input. I tre parametri fondamentali per la stabilità sono: le dimensioni della griglia, la portata di picco in ingresso ed il passo temporale.

Piccole dimensioni degli elementi della griglia con un aumento delle portate dell'idrogramma in ingresso ed un'ampia portata di picco, necessitano di un passo temporale molto ridotto.

4.3 - Implementazione del modello per il caso di studio

Il dominio di calcolo, creato in ambiente di pre-processamento GDS, è stato discretizzato con celle di 8 m, la quota di ogni cella è stata ottenuta sulla base delle quote del DEM proveniente dai dati prima indicati.

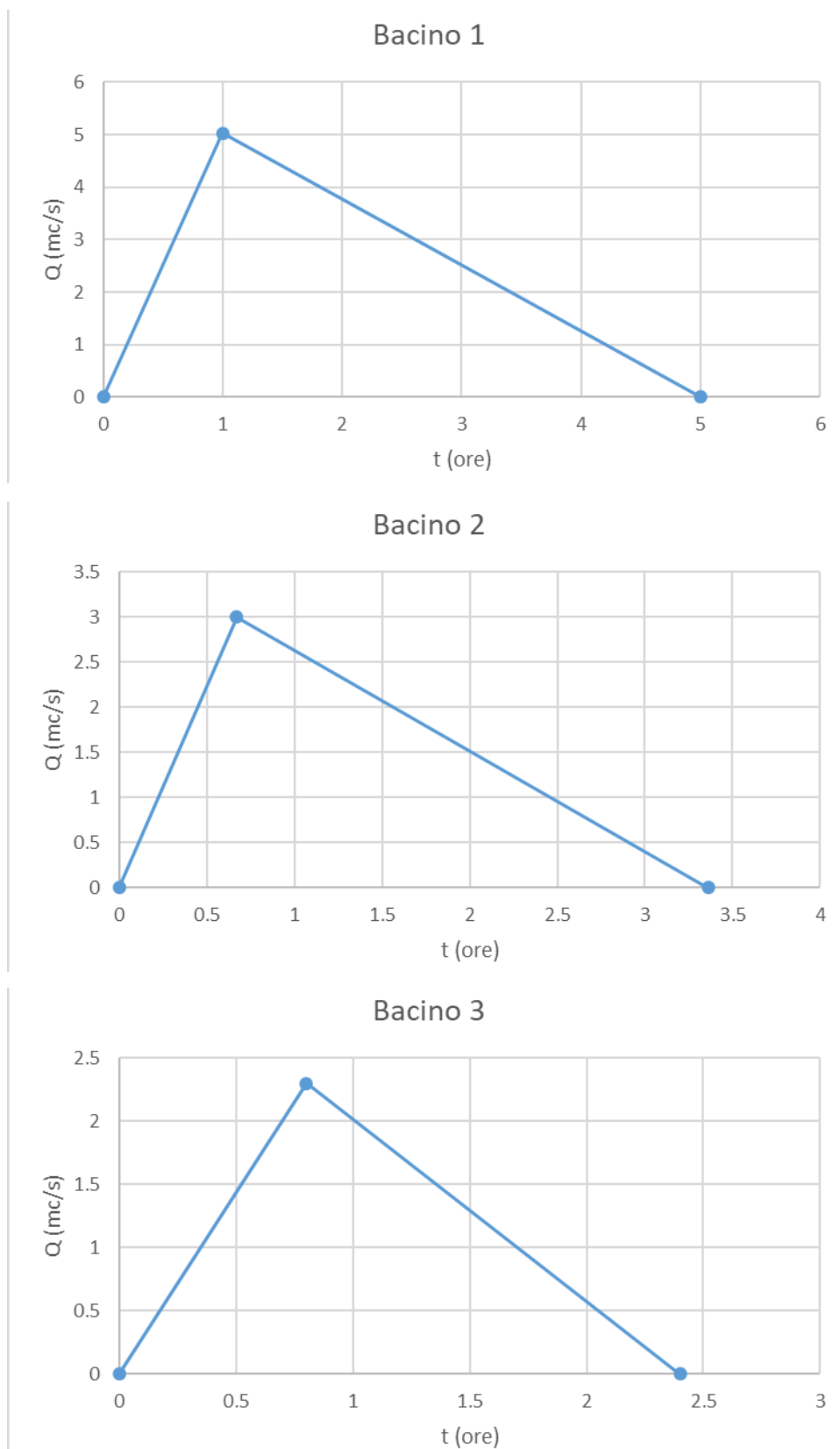
Come condizioni al contorno di valle sono state impostate come outflow tutte le celle a ridosso della sezione di chiusura del dominio.



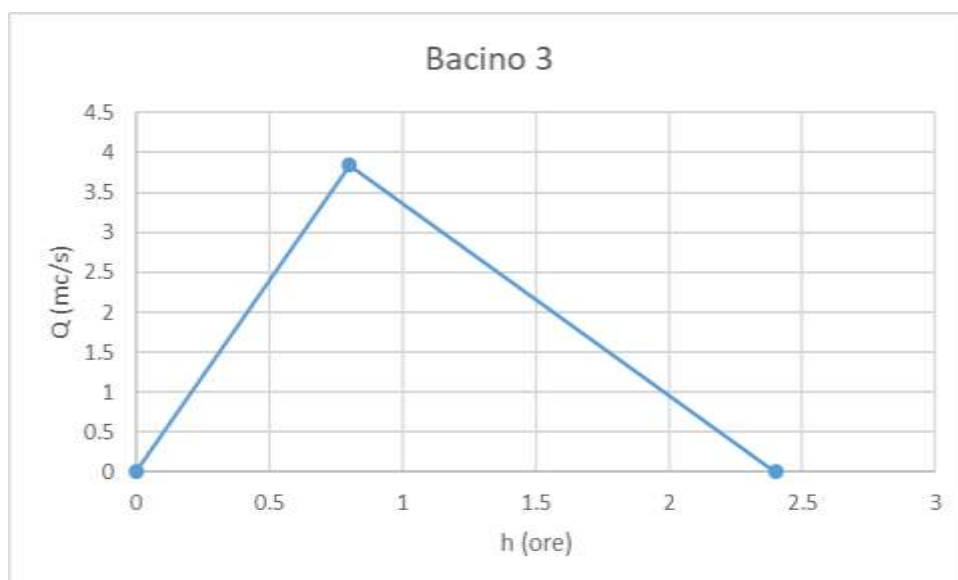
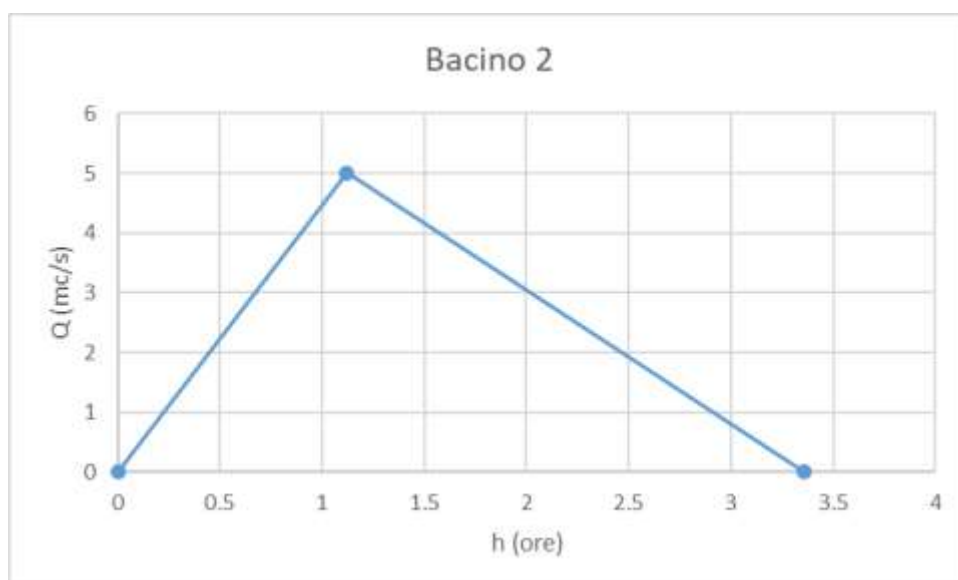
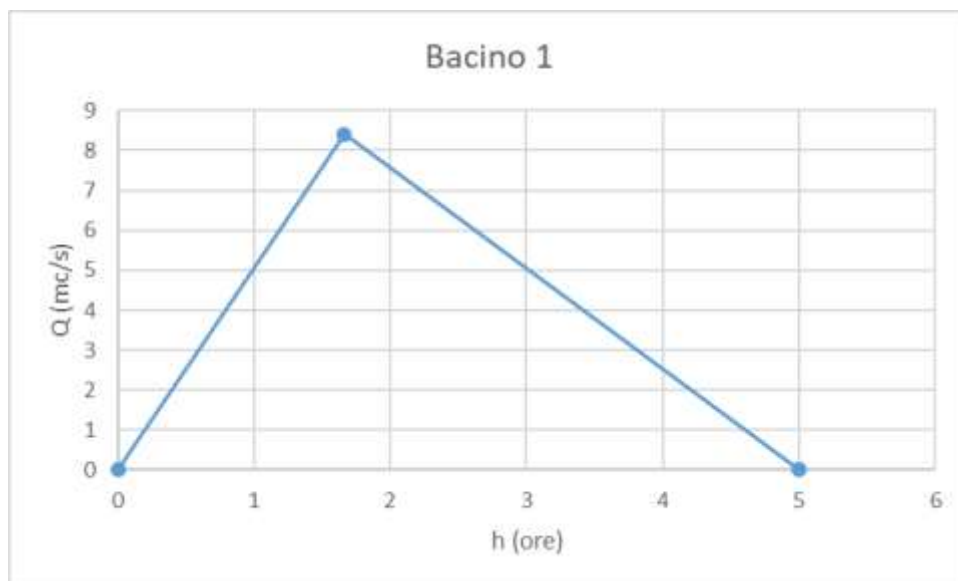
Figura 11 - Individuazione delle celle di outflow

Di seguito si riportano gli idrogrammi di piena, Tr 30, 200 e 500 anni, utilizzati nell'implementazione del modello bidimensionale:

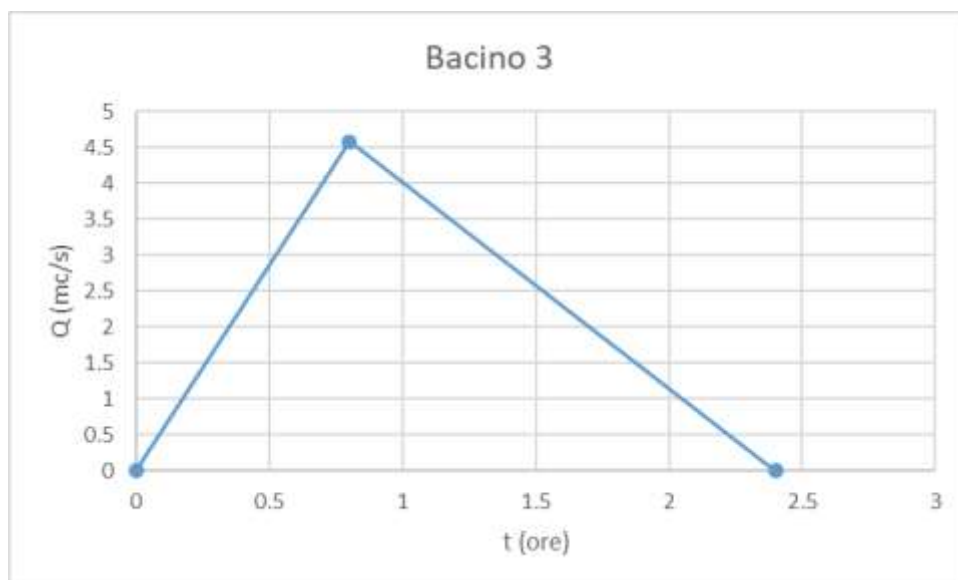
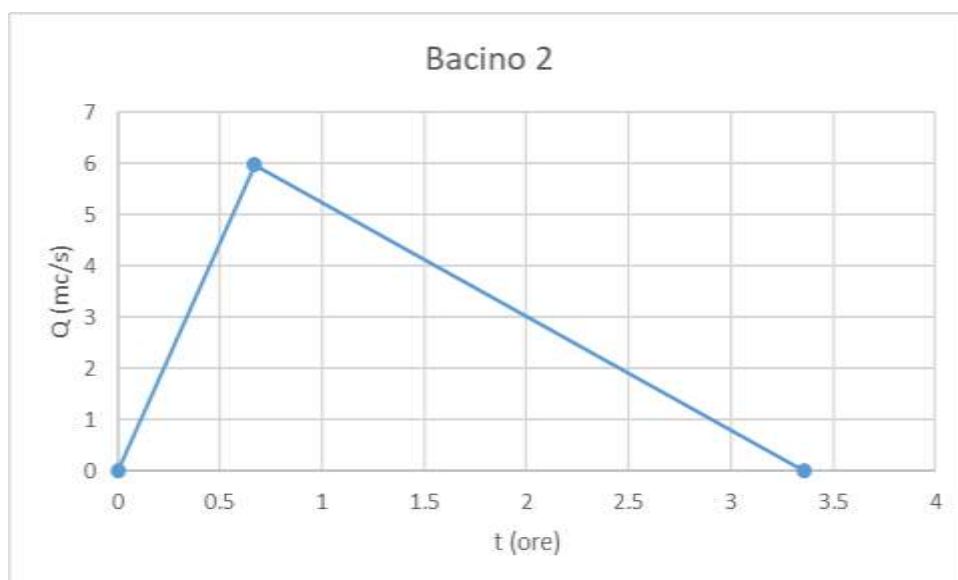
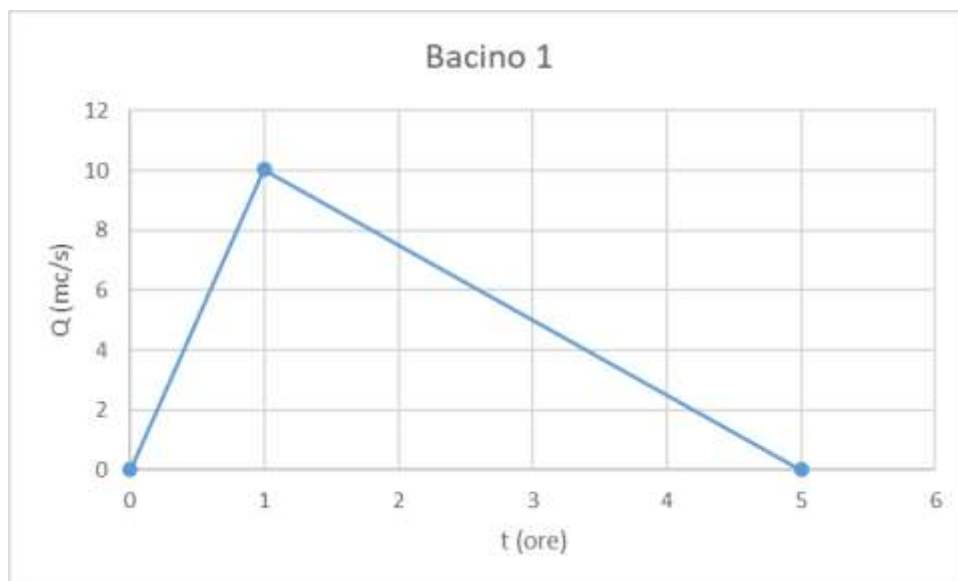
Idrogrammi di piena, Tr 30 anni



Idrogrammi di piena, Tr 200 anni



Idrogrammi di piena, Tr 500 anni



Studio Idrologico ed Idraulico

Progetto di coltivazione di una cava di inerti silicei ed argille da ubicarsi in località denominata 'Parlapiano' nei terreni ricadenti nel foglio di mappa n° 106, p.lle n° 73, 74, 117, 118, 132, 133 e 411 del N.C.T. del Comune di Ginosa (TA)



Figura 12 - Planimetria con indicazione dei punti di inserimento degli idrogrammi di piena

Grid Element Ground Surface Elevation

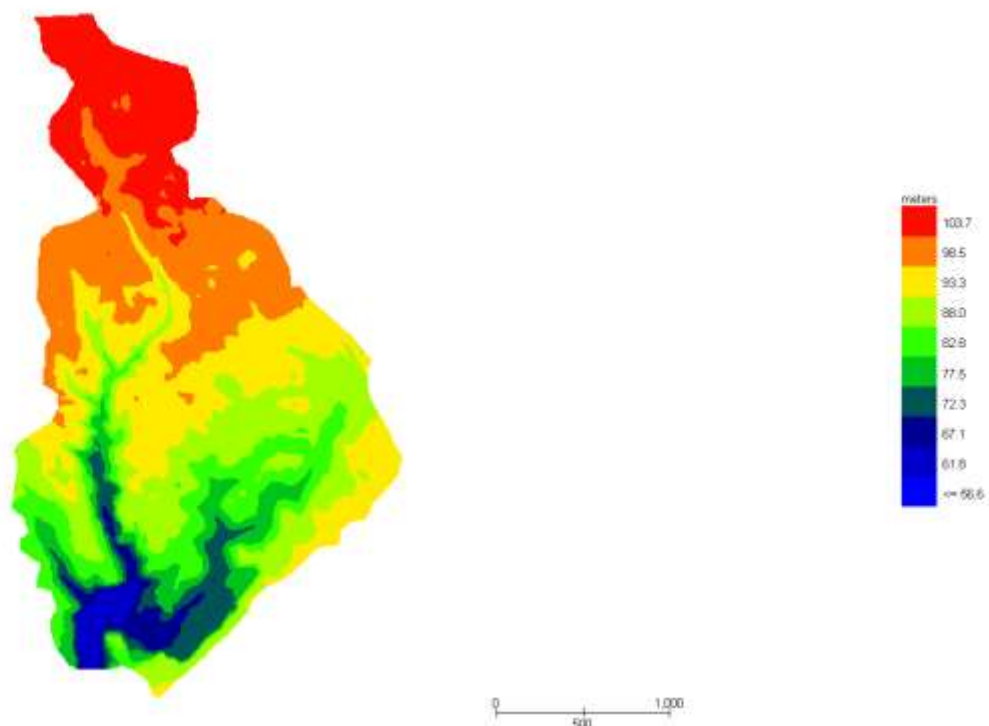


Figura 13 - Surface elevation Dominio di calcolo

4.4 - Risultati ottenuti

Utilizzando l'applicativo MAPPER, post-processore di FLO-2D, con riferimento alla propagazione dei deflussi di piena con tempo di ritorno di 30, 200 e 500 anni si sono ottenute le mappe dei tiranti e delle velocità sul dominio di studio.

Grid Element Maximum Flow Depth

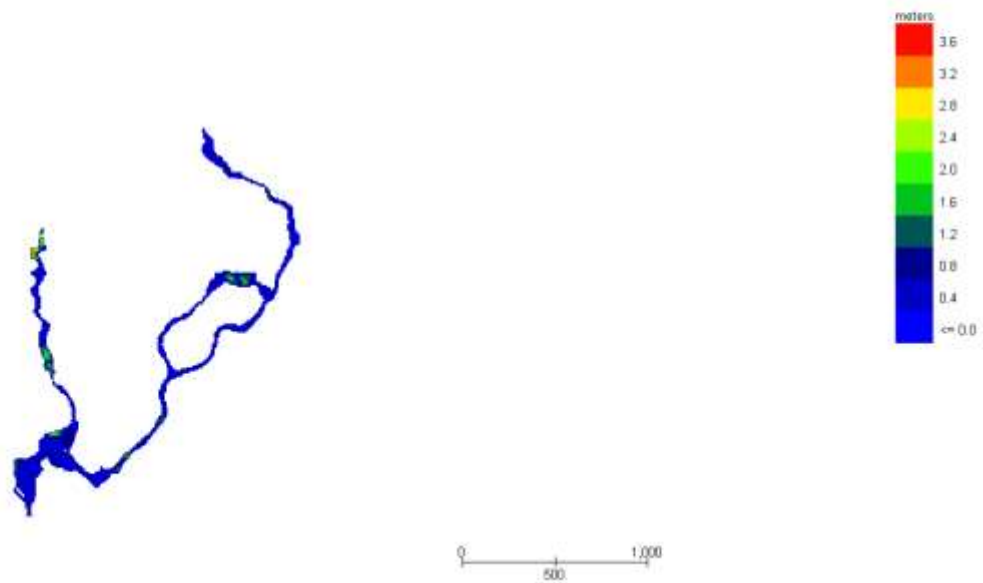


Figura 14 - Maximum flow depth Dominio di calcolo 30 anni

Studio Idrologico ed Idraulico

Progetto di coltivazione di una cava di inerti silicei ed argille da ubicarsi in località denominata 'Parlapiano' nei terreni ricadenti nel foglio di mappa n° 106, p.lle n° 73, 74, 117, 118, 132, 133 e 411 del N.C.T. del Comune di Ginosa (TA)

Grid Element Maximum Velocity

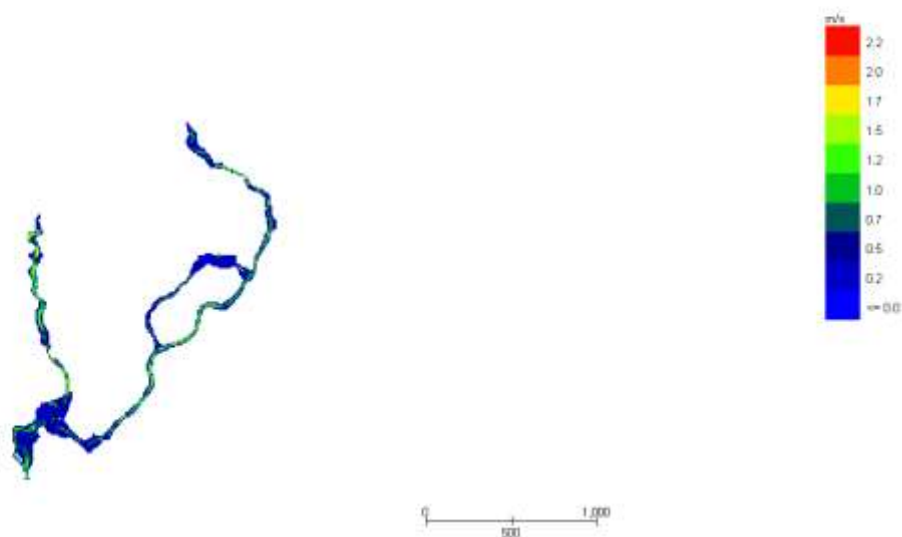


Figura 15 - Maximum velocity Dominio di calcolo 30 anni

Grid Element Maximum Flow Depth

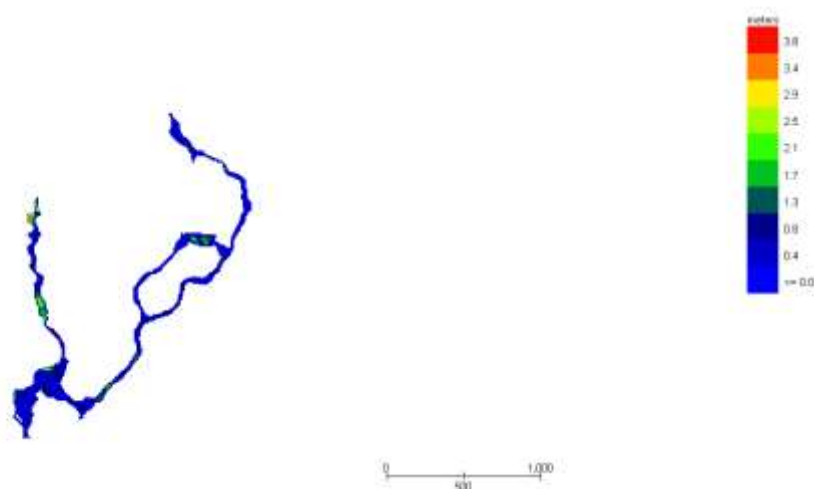


Figura 16 - Maximum flow depth Dominio di calcolo 200 anni

Studio Idrologico ed Idraulico

Progetto di coltivazione di una cava di inerti silicei ed argille da ubicarsi in località denominata 'Parlapiano' nei terreni ricadenti nel foglio di mappa n° 106, p.lle n° 73, 74, 117, 118, 132, 133 e 411 del N.C.T. del Comune di Ginosa (TA)

Grid Element Maximum Velocity

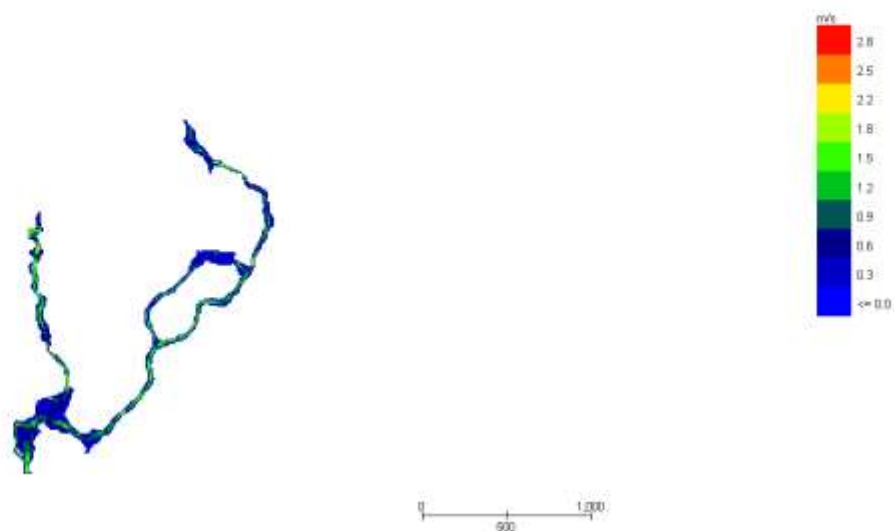


Figura 17 - Maximum velocity Dominio di calcolo 200 anni

Grid Element Maximum Velocity

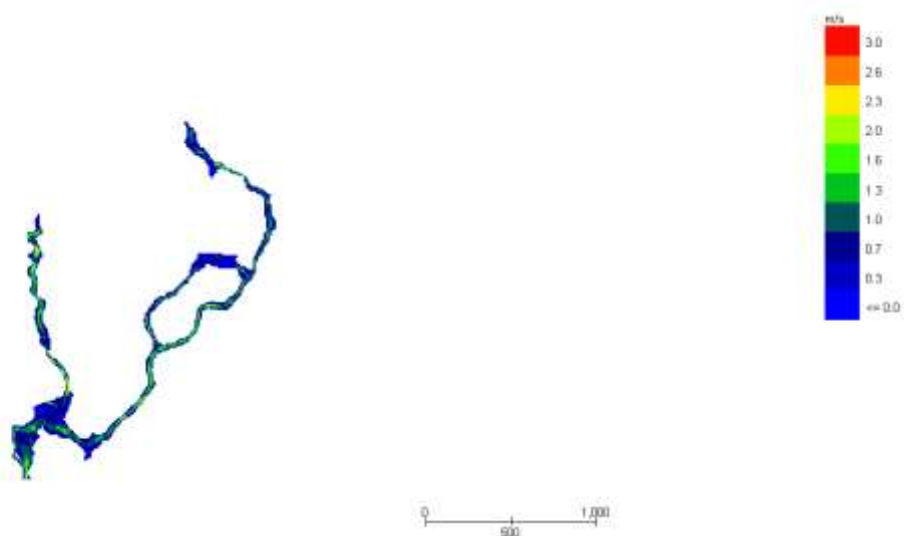


Figura 18 - Maximum flow depth Dominio di calcolo 500 anni

Studio Idrologico ed Idraulico

Progetto di coltivazione di una cava di inerti silicei ed argille da ubicarsi in località denominata 'Parlapiano' nei terreni ricadenti nel foglio di mappa n° 106, p.lle n° 73, 74, 117, 118, 132, 133 e 411 del N.C.T. del Comune di Ginosa (TA)

Grid Element Maximum Flow Depth

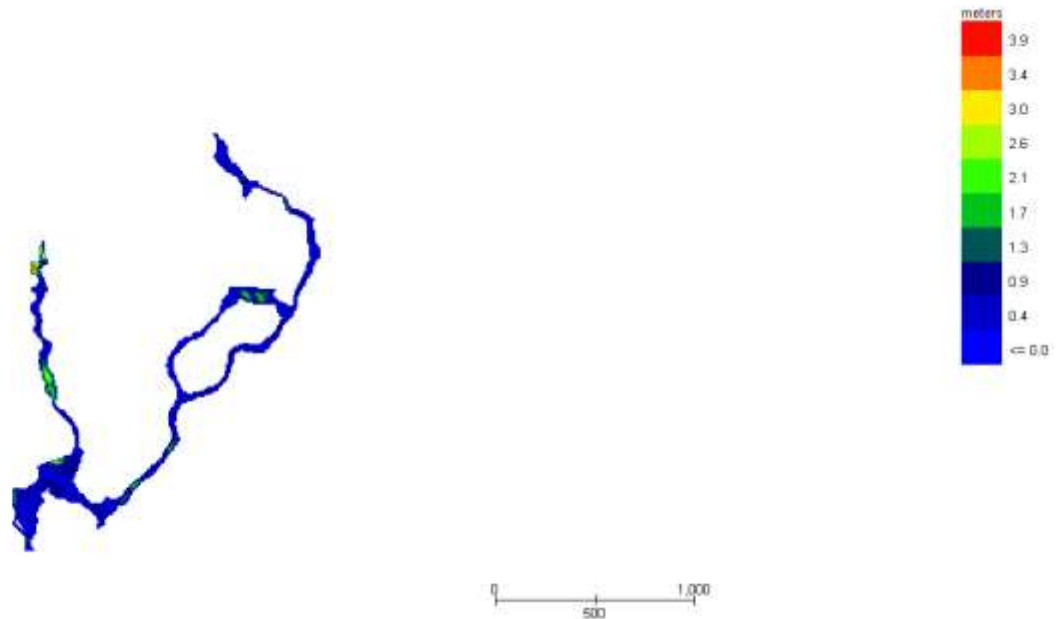


Figura 19 - Maximum velocity Dominio di calcolo 500 anni

Per definire in maniera significativa quali siano le aree interessate dal transito dei deflussi, è stata effettuata una analisi critica dei risultati.

Le aree con potenziale di pericolosità sono state ricercate attraverso l'intersezione tra la mappa dei tiranti e la mappa delle velocità, utilizzando la seguente espressione:

$$h+0,5/1,3 \cdot v > 0,2$$

Studio Idrologico ed Idraulico

Progetto di coltivazione di una cava di inerti silicei ed argille da ubicarsi in località denominata 'Parlapiano' nei terreni ricadenti nel foglio di mappa n° 106, p.lle n° 73, 74, 117, 118, 132, 133 e 411 del N.C.T. del Comune di Ginosa (TA)

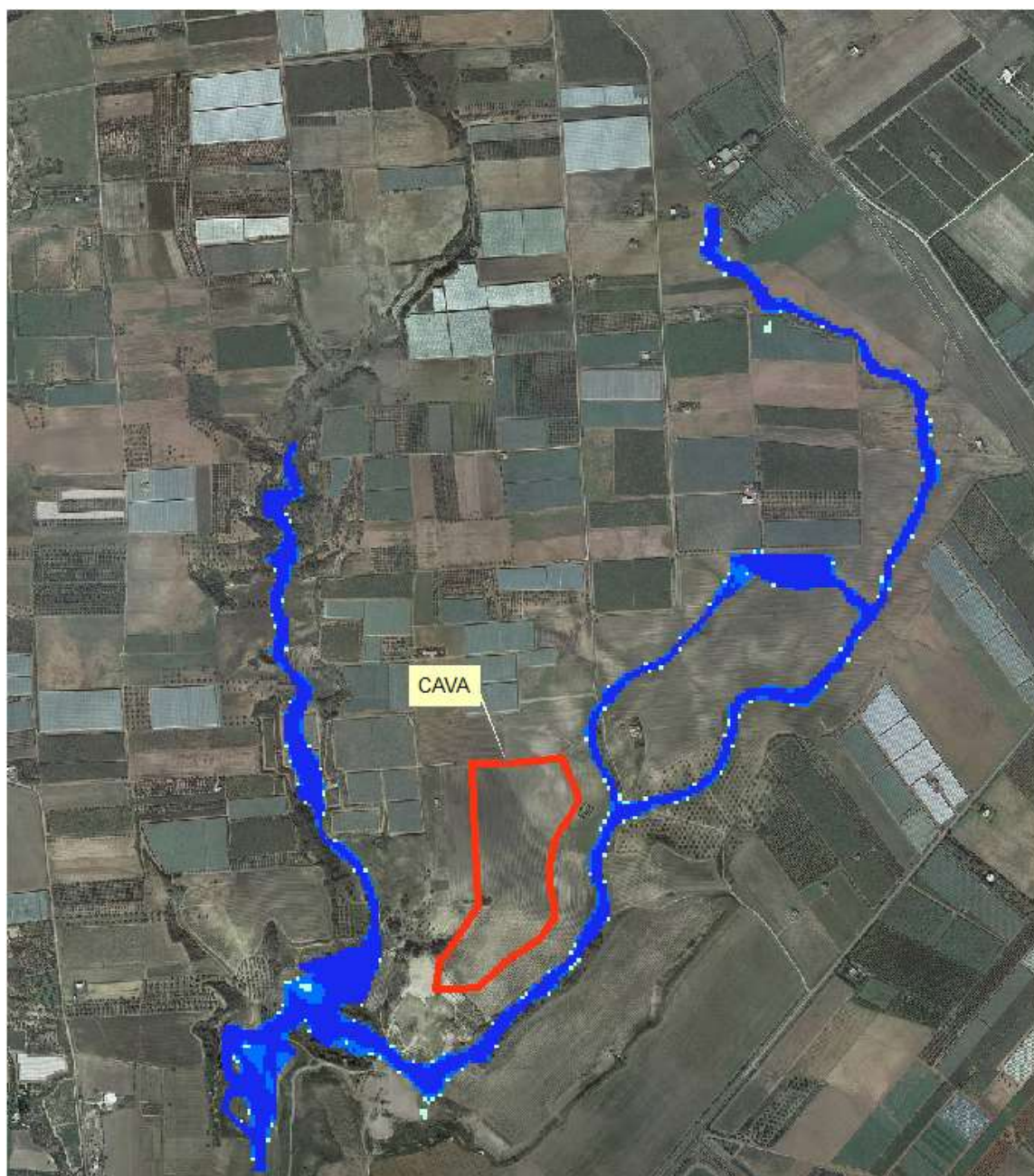


Figura 20 - Carta delle aree a pericolosità idraulica (30, 200 e 500 anni)

4.5 - Verifica della vulnerabilità del sito

Le mappe ottenute sono da considerarsi come la mera restituzione delle modellazioni idrologiche ed idrauliche, alle quali deve essere reso un preciso significato fisico.

Dall'analisi dell'intero dominio bidimensionale è possibile rendere le seguenti constatazioni: durante gli eventi pluviometrici di studio non si creano accumuli, le acque defluiscono all'interno dei reticoli idrografici presenti; l'area di progetto non è interessata da fenomeni esondativi.

I risultati ottenuti prescindono dagli effetti dovuti a erosione e/o deposito del fondo alveo e provocati dalle caratteristiche idrodinamiche possedute dalle correnti idrauliche ed anche da eventuali crolli o cedimenti di rilevati stradali che possano verificarsi a seguito delle azioni dei deflussi e/o accumuli a monte degli stessi.

Inoltre, si precisa che nel modello utilizzato non si è tenuto conto delle opere di attraversamento idraulico, tale assunzione è a vantaggio di sicurezza ai fini della valutazione della pericolosità idraulica dell'area di studio.

5. – CONSIDERAZIONI FINALI

In rapporto all'assetto idraulico del territorio interessato dal presente studio sono stati effettuati approfonditi studi di carattere morfologico, idrologico ed idraulico, necessari in ragione della presenza del reticolo idrografico nella zona di intervento.

È stato svolto uno studio volto ad approfondire lo stato attuale dei luoghi in rapporto alle possibili condizioni di deflusso che possono verificarsi nell'area in questione con riferimento ai tempi di ritorno che definiscono le condizioni di sicurezza idraulica, ovvero quelli di 200 anni.

Con l'ausilio di appositi modelli idraulici è stata determinata l'ampiezza delle fasce fluviali per eventi con tempo di ritorno pari a 30, 200 e 500 anni.

Dall'analisi dell'intero dominio bidimensionale è possibile rendere le seguenti considerazioni: durante gli eventi pluviometrici di studio non si creano accumuli, le acque defluiscono all'interno dei reticoli idrografici presenti; l'area di progetto non è interessata da fenomeni esondativi.

Ginosa, 26 gennaio 2021

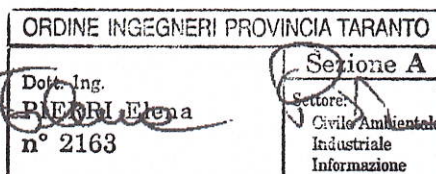


I tecnici:

Dott. Geol. Arcangelo PERRUCCI



Dott.ssa Ing. Elena PIERRI

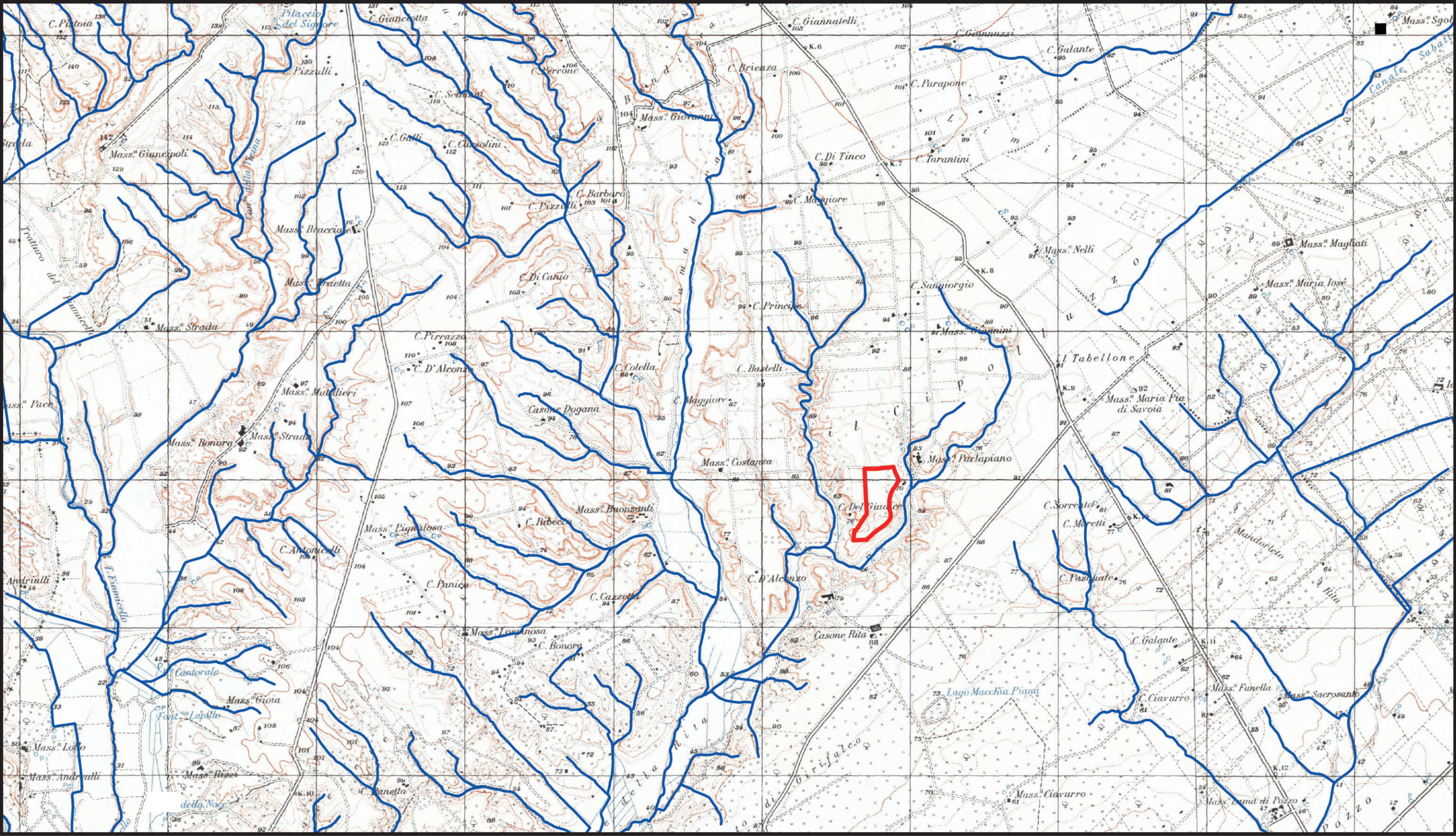


Studio Idrologico ed Idraulico

Progetto di coltivazione di una cava di inerti silicei ed argille da ubicarsi in località denominata 'Parlapiano' nei terreni ricadenti nel foglio di mappa n° 106, p.lle n° 73, 74, 117, 118, 132, 133 e 411 del N.C.T. del Comune di Ginosa (TA)

ALLEGATI GRAFICI

- ⇒ Tav. n° 1 - *Planimetria di inquadramento dell'area in scala 1 : 25.000*
- ⇒ Tav. n° 2 - *Carta della pericolosità idraulica esistente in scala 1 : 25.000*
- ⇒ Tav. n° 3 - *Carta delle aree a pericolosità idraulica in scala 1 : 10.000*



Legenda:

- Confine cava
- Reticolo idrografico



Legenda:

- Confine cava
- Aree a pericolosità idraulica
 - Tr 30 anni
 - Tr 200 anni
 - Tr 500 anni

Tav. n° 2 - Carta della pericolosità idraulica esistente in scala 1 : 25.000



Legenda:

- Confine cava
- Aree a pericolosità idraulica
 - Tr 30 anni
 - Tr 200 anni
 - Tr 500 anni