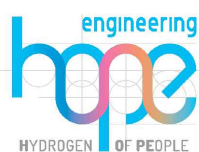


PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAVA
E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN
LOCALITA' JAZZO DE REI E PEZZA VILLANI
COMUNI DI RUVO E BITONTO (BA)
DENOMINAZIONE IMPIANTO - PVC001 RUVO JAZZO DE REI
POTENZA NOMINALE 37.0 MW

PROGETTO DEFINITIVO - SIA

PROGETTAZIONE E SIA



HOPE engineering
ing. Fabio PACCAPELO
arch. Gaetano FORNARELLI
arch. Andrea GIUFFRIDA
ing. Andrea ANGELINI
dott.ssa Giulia LUCIA



GVC ingegneria
ing. Michele RESTAINO
ing. Giorgio Maria RESTAINO
ing. Carlo RESTAINO
ing. Attilio ZOLFANELLI
Arch. Serena MASI

GEOLOGIA

geol. Luigi BUTTIGLIONE

ACUSTICA

ing. Sabrina SCARAMUZZI

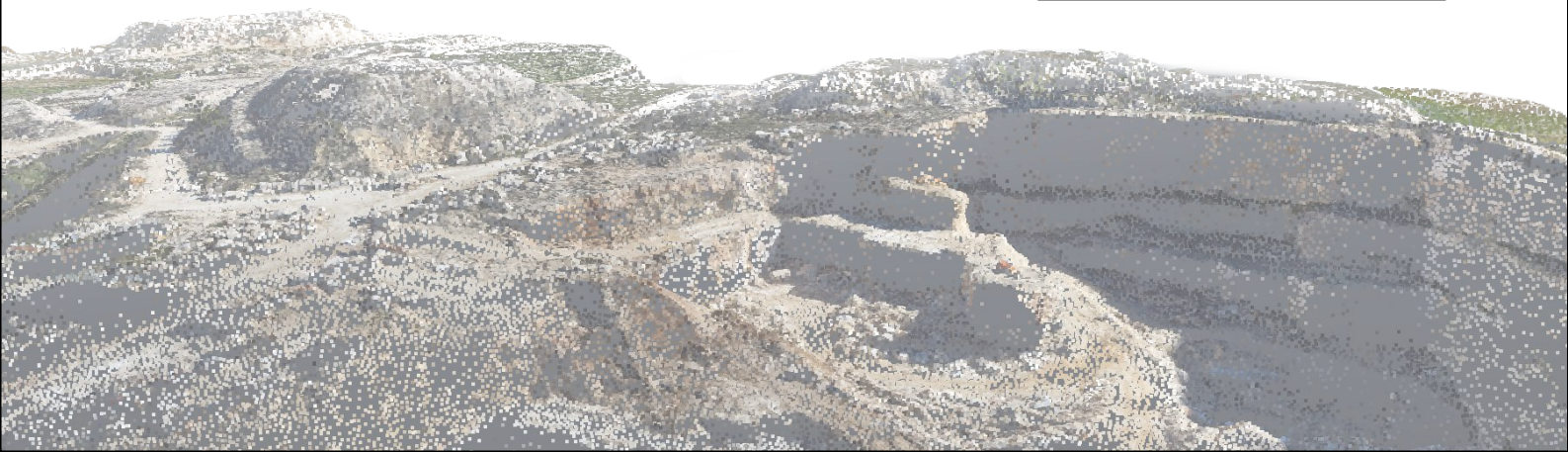
AGRONOMIA, NATURA E BIODIVERSITÀ

dott.ssa agr. Lucia PESOLA

R.2 RELAZIONI SPECIALISTICHE

R.2.2 Relazione idrologica e idraulica - Studio di compatibilità idraulica

REV.	DATA	DESCRIZIONE
	10/23	prima emissione



1	PREMESSA	2
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE	3
3	QUADRO NORMATIVO – PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO	4
4	BREVE DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	6
4.1	PIANO DI RECUPERO DELL'ATTIVITA' DI CAVA	6
4.2	L'IMPIANTO FOTOVOLTAICO	7
5	ANALISI IDROLOGICA	8
5.1	DEFINIZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI	8
5.2	CALCOLO DELLE PORTATE DI PIENA – METODOLOGIA VA.PI.	9
5.3	DEFINIZIONE DEGLI IDROGRAMMI DI PIENA	12
6	VERIFICA IDRAULICA – MODELLI BIDIMENSIONALI	15
6.1	MODELLO GEOMETRICO DI BASE	15
6.2	TEORIA DEL MODELLO IDRAULICO BIDIMENSIONALE	15
6.3	MODELLO IDRAULICO CON APPROCCIO A PARAMETRI CONCENTRATI	17
6.4	INDIVIDUAZIONE AREE INONDABILI	18
6.5	GEOMETRIA E IMPOSTAZIONE DEL MODELLO MATEMATICO BIDIMENSIONALE	20
6.6	RISULTATI DELLE SIMULAZIONI 2D – STATO DI FATTO	22
6.7	IPOTESI DI RICONFIGURAZIONE MORFOLOGICA DEI RETICOLI IDROGRAFICI	25
6.8	RISULTATI DELLE SIMULAZIONI 2D – STATO DI PROGETTO	28
7	CONCLUSIONI	32

1 PREMESSA

La presente relazione idrologico-idraulica ha la finalità di descrivere e valutare gli aspetti idrologici e idraulici relativi all'area interessata dal progetto di impianto di produzione di energia elettrica, attraverso lo sfruttamento dell'energia solare, proposto dalla società **Santa Barbara Energia S.r.l.** facente parte del Gruppo Hope, con sede in Milano, via Lanzone, 31.

L'impianto fotovoltaico proposto sarà della potenza nominale pari a circa **37,0 MWp**, situato su aree attualmente utilizzate come cava di pietra calcarea da taglio non suscettibili di ulteriore sfruttamento situate nei comuni di Ruvo di Puglia e Bitonto, nella provincia di Bari.

Oltre alla realizzazione dell'impianto FV si prevede la rinaturalizzazione di alcune aree con la creazione di comunità vegetali in equilibrio con l'ambiente circostante ed in grado di svilupparsi rapidamente, in modo da

1. limitare l'impatto visivo,
2. garantire la stabilità e la sicurezza dei versanti,
3. nonché il regolare deflusso idrico ed il controllo dell'erosione superficiale.

Vengono di seguito sviluppati gli aspetti idrologici e idraulici dell'area oggetto di intervento allo scopo di definire le caratteristiche idrauliche relative allo stato di fatto e di verificare le condizioni idrauliche relative allo stato di progetto.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE

Le aree destinate al recupero ambientale delle cave e all'installazione del nuovo impianto fotovoltaico sono situate nei comuni di Ruvo di Puglia e Bitonto, nella provincia di Bari, in contrada Barile e località Jazzo de Rei e Pezza Villani.

Il progetto definitivo comprende le opere necessarie alla connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale, progettate in base alla STMG 202201199 rilasciata dalla società di gestione Terna s.p.a. e regolarmente accettata dal proponente.

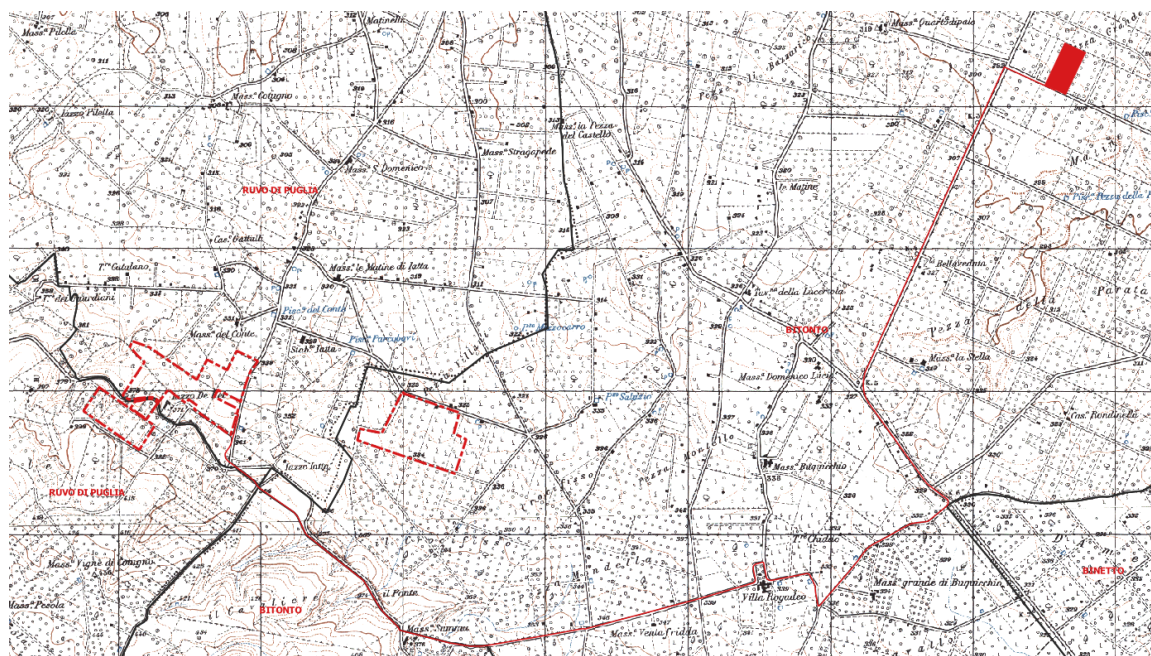


Figura 1 - Aree interessate dall'intervento e dalle principali opere di connessione - inquadramento su IGM

L'intorno di riferimento risulta a cavallo di due ambiti paesaggistici adiacenti ossia il n. 5 "Puglia Centrale" e il n. 6 "Alta Murgia", e più precisamente nelle figure territoriali n. 5.1 "La piana olivicola del nord barese" e n. 6.1 "L'altopiano murgiano"; si ritiene tuttavia che le caratteristiche del paesaggio naturale della zona di interesse siano più attinenti all'ambito n. 5 "Puglia centrale".

L'Altopiano Murgiano è identificabile con l'esteso altopiano calcareo della Murgia, che sotto l'aspetto ambientale si caratterizza per la presenza di un esteso mosaico di aree aperte con presenza di due principali matrici ambientali: i seminativi a cereali e i pascoli rocciosi. Questo sistema, esteso per circa 199.273 ha un'altitudine media intorno ai 400-500 mslm e massima di 674 mslm, rappresenta un ambiente molto raro a livello italiano ed europeo a cui è associata una fauna ed una flora specifica

3 QUADRO NORMATIVO – PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO

Per quanto riguarda il Piano Assetto Idrogeologico (P.A.I.), le aree oggetto di intervento non sono interessate dalla presenza di aree perimetrate a pericolosità e a rischio idraulico ma sono interessate dalla presenza di alcuni reticoli idrografici, riportati anche nel PGRA Il ciclo (Piano di Gestione del Rischio Alluvione), come riportato nell'immagine seguente.



Figura 2 – Stralcio vincoli PAI su area di intervento con indicazione del reticolo idrografico

Tali reticoli sembrerebbero attraversare le aree di intervento. Ciò allo stato attuale risulta poco verosimile data la presenza delle aree di cava interessate dalle operazioni di scavo, è più probabile che i reticoli si interrompano in corrispondenza delle aree di cava e riprendano a valle delle aree stesse.

I reticoli idrografici in questione risultano poco sviluppati verso monte, infatti, la testa dei compluvi, ovvero il punto di inizio degli stessi, si colloca poco a monte delle aree di intervento, i relativi bacini idrografici pertanto saranno poco estesi.

Inoltre, come accennato in precedenza, l'attività estrattiva effettuata negli anni in corrispondenza delle cave oggetto di intervento ha contribuito a modificare il tracciato e lo sviluppo dei reticoli stessi, interrompendone la continuità e/o rendendoli di natura episodica.

Dal punto di vista normativo, la presenza di questi reticoli comporta l'osservanza degli articoli 6-10 delle NTA del PAI relativi rispettivamente a "Alveo fluviale in modellamento attivo e aree golenali" e "Disciplina delle fasce di pertinenza fluviale" secondo i quali:

"per tutti gli interventi consentiti nelle aree di cui al comma 1 l'AdB richiede, in funzione della valutazione del rischio ad essi associato, la redazione di uno studio di compatibilità idrologica

ed idraulica che ne analizzi compiutamente gli effetti sul regime idraulico a monte e a valle dell'area interessata"

Nel caso specifico, nell'ambito della riconfigurazione morfologica delle aree di cava, si prevede anche il ripristino del tracciato dei reticoli interessati, attualmente interrotto dalla presenza delle aree di cava, pertanto, gli interventi si possono configurare come "opere di regimazione idraulica" rientrando tra quelli consentiti dalle NTA del PAI.

Si provvede in questa sede alla redazione dello studio di compatibilità idrologica e idraulica, per valutare gli effetti sul regime idraulico.

I reticoli in oggetto saranno opportunamente studiati con adeguati modelli idraulici e, nell'ambito della riconfigurazione delle aree di cava, sarà prevista anche la riconfigurazione morfologica dei reticoli idrografici per ripristinare lo stato dei luoghi antecedente la presenza delle cave e la continuità dei reticoli stessi.

4 BREVE DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'area che sarà interessata dal ripristino ambientale e dall'installazione dell'impianto è suddivisa in 2 sottocampi principali separati tra loro e situati rispettivamente su Ruvo e su Bitonto.

Il proponente e i progettisti hanno provveduto ad effettuare un accurato rilievo con tecnologia SAPR (Sistema Aeromobile a Pilotaggio Remoto) con maglia pari a 1x1 m, finalizzato anche a segnalare e a rintracciare eventuali sottoservizi o linee di rete interferenti con il piano di ripristino ambientale e realizzazione dell'impianto.

Le superfici interessate, ricavate dai dati di rilievo, dai dati catastali e dalla Carta Tecnica Regionale sono riassunte nella seguente tabella:

TABELLA SUPERFICI			
COMUNE	AREE CONTRATTUALIZZATE SUPERFICIE CATASTALE (ha)	SUPERFICIE IMPIANTO (ha)	AREE RINATURALIZZATE (ha)
Ruvo di Puglia	36,87	25,74	8,05
Bitonto	23,05	17,89	2,82



Figura 3 - Schema delle superfici occupate: in avana le superfici dell'impianto, nei toni del verde le aree rinaturalizzate

4.1 PIANO DI RECUPERO DELL'ATTIVITA' DI CAVA

Il piano di recupero ambientale dell'attività di cava si pone in continuità con i piani esistenti e autorizzati a livello regionale ai sensi della Legge Regionale 33/2016. L'aggiornamento del progetto ambientale propone lievi modifiche finalizzate al miglior recupero naturalistico e anche alla realizzazione di un impianto fotovoltaico multimegawatt su un'area idonea Ope Legis ai sensi del D.Lgs 199/2021 e s.m.i.

Si prevede di movimentare circa **1.500.000** metri cubi di terreno al fine di riconfigurare la topografia e la morfologia delle aree di scavo e dei cumuli di materiale detritico presenti sul sito. Il piano di rinaturalizzazione prevede un adattamento morfologico della topografia, che sia al contempo

rispettoso dello stato originario del luogo e memore dell'attività storica della cava e dei processi naturali da essa innescati.



Figura 4 – Fronte di cava esistente

4.2 L'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

L'impianto fotovoltaico PCV001- Jazzo de Rei avrà una potenza nominale installata di circa **37 MW** e sarà costituito da circa **52.000 moduli fotovoltaici** in silicio monocristallino della potenza unitaria di 715 W. I moduli fotovoltaici saranno installati su strutture ad inseguimento solare del tipo monoassiale infisse direttamente nel terreno di riporto risultante dalla riconfigurazione morfologica del sito di cava.

L'impianto sarà inoltre dotato di un sistema di accumulatori BESS (Battery Energy Storage System) posizionati in più punti all'interno dell'impianto fotovoltaico e in grado di stabilizzare l'immissione di energia in Rete nonostante le fluttuazioni della risorsa primaria e i necessari periodi di fermo impianto dovuti ad interventi di manutenzione. La capacità prevista per la rete BESS è di circa 36 MWh.

Oltre all'impianto il progetto prevede la realizzazione delle opportune opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale.

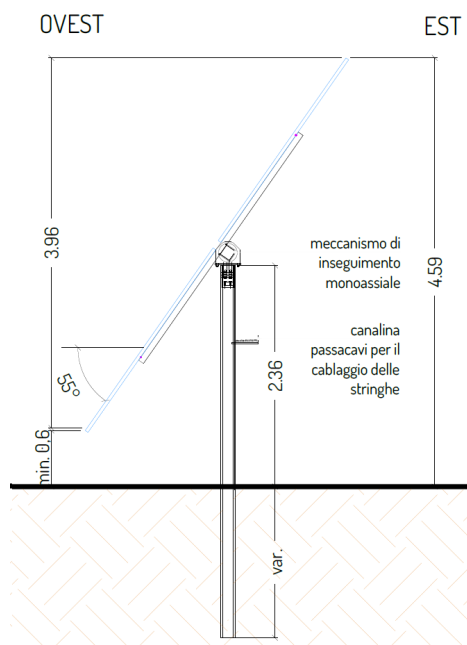


Figura 5 – Tipico del sistema di inseguimento monoassiale

5 ANALISI IDROLOGICA

5.1 DEFINIZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI

Per il calcolo delle portate di piena è necessario ricostruire l'andamento dei bacini idrografici sottesi dalle sezioni di chiusura considerate in questo caso lungo i compluvi in studio, circa 300 m a valle delle aree di intervento.

I bacini idrografici sono stati ricostruiti sulla base dei reticoli idrografici e sulla base della cartografia, da cui sono state estrapolate le curve di livello.

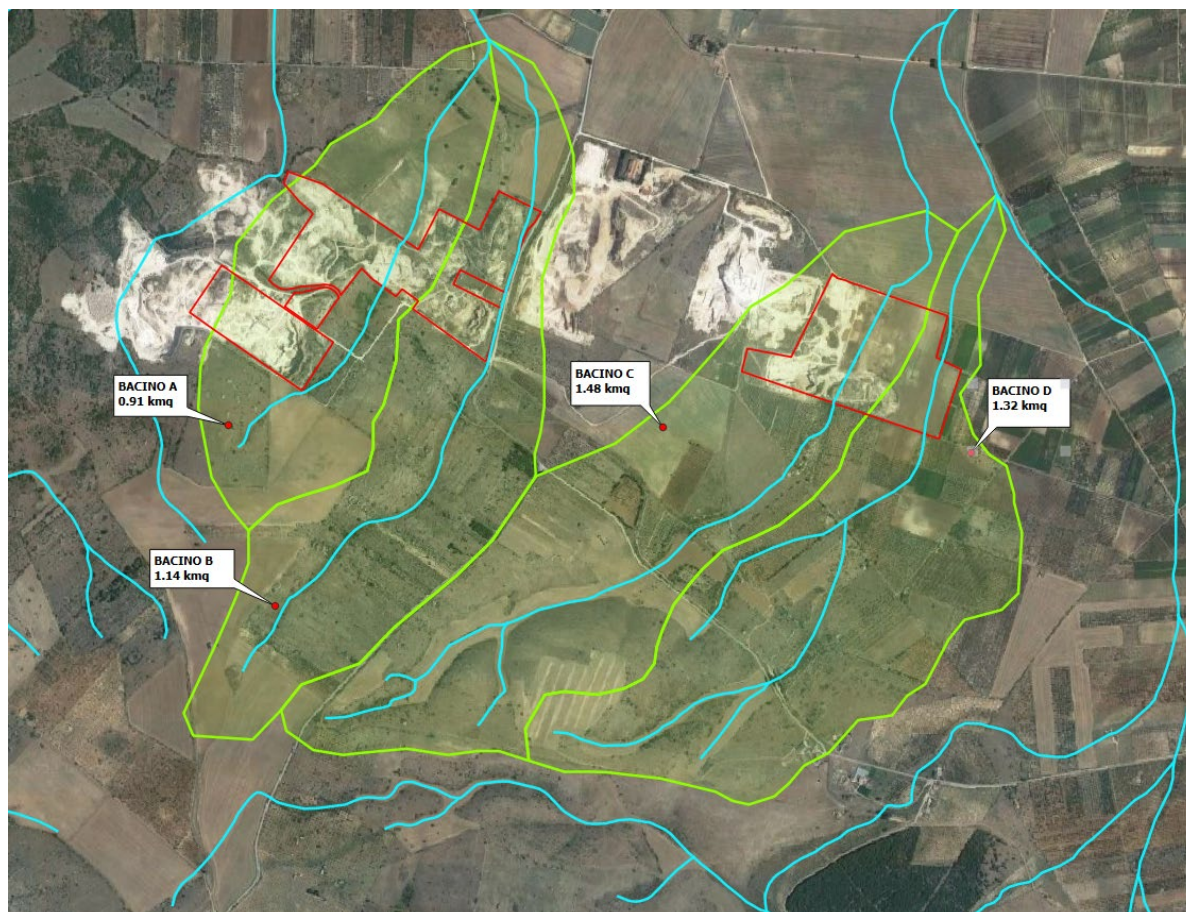


Figura 6 – Individuazione bacini idrografici in studio

I bacini idrografici denominati **A** e **B** si sviluppano nel territorio di Ruvo di Puglia e riguardano i due reticoli idrografici posti a Ovest.

Il **bacino A** si sviluppa a partire da quota 424.00 m s.l.m. e nel suo sviluppo intercetta dopo circa 700 m le aree di cava di Ruvo laddove è presente un salto di quota di circa 20 m (da 360 m a 340 m circa) che di fatto interrompe il tracciato del compluvio che poi si riattiva, a valle dell'area di cava, fino alla sezione di chiusura collocata in corrispondenza della confluenza con il compluvio in destra a quota 321 m s.l.m.

Il bacino A presenta un'estensione complessiva pari a circa 0.91 kmq.

Il **bacino B** risulta più esteso del bacino A, ha origine più a monte in prossimità dell'area denominata "Le Vigne di Cotugno" a quota pari a 442.00 m s.l.m. e si sviluppa verso valle

costeggiando la Strada Provinciale n.151 e l'area di cava fino alla sezione di chiusura collocata in corrispondenza della confluenza con il compluvio in sinistra (relativo al bacino A) a quota 321.00 m s.l.m.

Il bacino B presenta un'estensione complessiva pari a circa 1.14 kmq.

I bacini idrografici denominati **C** e **D** si sviluppano nel territorio di Bitonto e riguardano i due reticoli idrografici posti a Est.

Il bacino C ha origine, come il bacino B, in prossimità dell'area denominata "Le Vigne di Cotugno" a quota pari a 439.00 m s.l.m. e si sviluppa allargandosi verso est per poi intercettare l'area della cava di Bitonto e proseguire verso valle in località "Pezza Villani" fino alla sezione di chiusura posizionata circa 300 m a valle rispetto all'area di cava a quota 315.00 m s.l.m.

Il bacino C presenta un'estensione complessiva pari a circa 1.48 kmq.

Infine, il bacino D trae origine nella zona denominata "Il cavaliere" a quota 423.00 m s.l.m. e si sviluppa verso valle fino alla Strada Provinciale n.36 oltre la quale, a valle della confluenza di due compluvi, il bacino si restringe e raggiunge l'area della cava fino alla sezione di chiusura posizionata nei pressi di località "Pezza Villani" a quota 313.00 m s.l.m.

Il bacino D ha un'estensione complessiva di 1.32 kmq.

5.2 CALCOLO DELLE PORTATE DI PIENA – METODOLOGIA VA.PI.

Per il calcolo delle portate di piena si è proceduto con l'utilizzo della metodologia riportata nel Va.Pi. È stato pertanto condotto uno studio conforme a quanto prescritto dalle Norme tecniche di attuazione del PAI ed in particolare a quanto previsto dal progetto Valutazione delle Piene (VaPi) del Gruppo Nazionale di Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI). In particolare, le portate sono state stimate sulla base delle curve di possibilità pluviometrica calcolate con il metodo VAPI-Puglia del G.N.D.C.I..

Lo studio idrologico a livello di bacino ha condotto alla determinazione delle portate attese con diversi tempi di ritorno ovvero **30, 200 e 500** anni.

Il bacino oggetto di studio ricade all'interno del territorio pugliese che dal punto di vista dell'approccio pluviometrico, può essere suddiviso in sei zone pluviometricamente omogenee, per ciascuna delle quali il GNDCI nel progetto Va.Pi., ha fornito i criteri per la definizione delle curve di possibilità pluviometriche.

Il bacino idrografico in studio ricade interamente nella zona omogenea 5, per la quale la curva di possibilità pluviometrica è definita dalla seguente relazione:

$$X(t) = 28,8 t^{((0,628+0,0002 z) / 3,178)}$$

Si utilizza ora il metodo razionale per la valutazione della piena indice; si adotta a tal fine un semplice modello di regionalizzazione basato su una formula di tipo razionale. Essa esprime un legame correlativo tra la piena indice **X**, la superficie del bacino **A** e il valore medio, **I(tr)**, dei massimi annuali delle intensità di pioggia puntuali di durata pari al tempo di ritardo caratteristico del bacino.

Questo modello, empiricamente proposto da Rossi e Versace [1982], ha anche trovato successivamente i supporti teorici che ne rendono più affidabile l'applicazione.

La formula razionale viene generalmente scritta come:

$$x = \frac{I(\text{tr})A C^*}{3,6}$$

in cui:

x espressa in m³/s, indica il valore della piena indice;

I(tr) espressa in mm/h, indica l'intensità di pioggia nel tempo di ritardo;

A espressa in Km², indica l'area del bacino;

tr espresso in ore, indica il tempo di ritardo.

C* è un coefficiente, detto **probabilistico di piena**, che porta in conto, oltre all'effetto naturale di laminazione del picco di piena rispetto al picco di pioggia, l'effetto di riduzione areale delle piogge e le perdite idrologiche nel bilancio di piena, dovute principalmente al fenomeno dell'infiltrazione nel suolo ed a quello dell'intercettazione da parte della vegetazione. Per l'applicazione della formula razionale è richiesta pertanto la conoscenza del tempo di ritardo **tr**, delle curve di probabilità pluviometrica e delle modalità con cui l'eventuale variabilità di **C*** dipende dalle dimensioni del bacino idrografico e dalle sue caratteristiche morfologiche, geolitologiche e d'uso del suolo.

Si ricordi che per **tempo di ritardo** di un evento di piena si intende la distanza temporale tra i baricentri dell'idrogramma di piena superficiale e dello ietogramma efficace che lo ha generato e che, per **tempo di ritardo caratteristico**, **tr**, del bacino idrografico, si intende il valore medio a cui questo tende all'aumentare del periodo di ritorno della portata al colmo dell'idrogramma.

Per i bacini pugliesi si è inoltre ricavato:

$$\text{tr} = 0.344 A^{0.5}$$

Le aree dei bacini idrografici di verifica sono riportate nella tabella seguente, nella quale sono anche riassunti i calcoli relativi al **tempo di ritardo**, ai valori di **H(tr,h)** ottenuti in base all'applicazione della curva di possibilità pluviometrica relativa alla zona omogenea 5 e ai valori di **I(tr) intensità di pioggia** ottenuta come segue:

$$I(\text{tr}) = \frac{H(\text{tr},h)}{\text{tr}}$$

	A (kmq)	tr (ore)	H (tr,h) (mm)	I(tr) (mm/h)
Bacino A	0.91	0.33	22.06	67.03
Bacino B	1.14	0.37	22.59	61.47
Bacino C	1.48	0.42	23.25	55.57
Bacino D	1.32	0.40	22.98	58.08

Per la valutazione di C^* si fa riferimento alla seguente formula:

$$C^* = 0,09 + 0,471 (1-PE)$$

nella quale l'unica incognita è rappresentata da **PE** ovvero la percentuale di area ad elevata permeabilità. Anche per la valutazione di C^* è stata effettuata la regionalizzazione e si è giunti all'identificazione di un valore medio caratteristico dei bacini pugliesi ovvero $C^*=0,21$ corrispondente a una percentuale $PE = 74\%$.

Nel caso in questione il valore di PE è stato valutato con l'ausilio delle Carte Geologiche relative all'estensione dei bacini, in particolare le carte geologiche indicano per il territorio in questione la presenza delle seguenti formazioni geologiche:

- calcare di Bari, costituito da una potente serie di strati e banchi calcarei di colore biancastro o grigiastri in parte dolomitizzato, permeabile per fessurazione e carsismo;
- depositi alluvionali, depositi ciottolosi e terrosi sul fondo di solchi erosivi, costituiti da ciottoli calcarei frammisti a materiali terrosi, permeabili;
- tufi delle Murge, calcari arenacei od arenaceo-argillosi, bianchi o giallastri, permeabile anche se talvolta le parti pelitiche possono costituire delle marne argillose impermeabili.

Si tratta di formazioni geologiche per definizione da molto permeabili a permeabili, il che ci porta a stabilire che il valore di PE è prossimo al 100%.

Una leggera riduzione è stata applicata al fine di tenere in conto la presenza di alcune piccole aree impermeabili legate alla presenza di fabbricati e piccole aree pavimentate, inoltre per i bacini C e D, data la maggiore percentuale di area ricadente nella formazione geologica "tufi delle murge" ritenuta mediamente permeabile si è optato per una ulteriore riduzione del valore della percentuale di PE .

Riassumendo, dunque, i valori del coefficiente probabilistico di piena C^* che si ricavano dal Va.Pi. sono i seguenti:

	PE	C^*
Bacino A	98.00%	0.0994
Bacino B	98.00%	0.0994
Bacino C	94.00%	0.1182
Bacino D	95.00%	0.1135

Si procede dunque con il calcolo dei valori della piena indice X con riferimento ai valori del coefficiente probabilistico di piena appena riportati e applicando la formula razionale.

Ai valori della piena indice X bisogna applicare il Fattore di Riduzione Areale $K_{(A,d)}$ (funzione della superficie del bacino e della durata dell'evento piovoso di progetto), per calcolare i valori della portata indice Q_{indice} :

$$K_{(A,d)} = 1 - (1 - e^{-(0.0021A)}) e^{(-0.53d^{0.25})}$$

$$Q_{\text{indice}} = K_{(A,d)} X$$

Dunque, si possono calcolare i valori della **portata indice** tenendo conto del coefficiente di riduzione areale risultano pari a:

	A (kmq)	K(A,d)	X indice	Qindice
Bacino A	0.915	0.9987	1.69	1.692
Bacino B	1.141	0.9984	1.94	1.934
Bacino C	1.48	0.9980	2.70	2.696
Bacino D	1.323	0.9982	2.42	2.419

L'ultima operazione consiste nel considerare il fattore di crescita delle portate **Kt** funzione del tempo di ritorno che ci consente di differenziare la portata indice secondo i tempi di ritorno prescelti

$$K_T = 0,1599 + 0,5166 \ln T \quad (\text{per la zona 5-6})$$

$$K_t (30) = 1,92$$

$$K_t (200) = 2,90$$

$$K_t (500) = 3,37$$

Si ottengono in tal modo i seguenti valori di portata per i bacini imbriferi in esame:

SEZIONE DI CHIUSURA	C*	A (Km ²)	Q₃₀ (m ³ /s)	Q₂₀₀ (m ³ /s)	Q₅₀₀ (m ³ /s)
Bacino A	0.0994	0.915	3.24	4.90	5.70
Bacino B	0.0994	1.141	3.71	5.60	6.52
Bacino C	0.1182	1.48	5.17	7.81	9.09
Bacino D	0.1135	1.323	4.64	7.01	8.15

5.3 DEFINIZIONE DEGLI IDROGRAMMI DI PIENA

Gli idrogrammi di piena dei bacini idrografici sono stati ricostruiti a partire dall'idrogramma adimensionale di Mockus ossia una curva dimensionale ricavata da numerosi idrogrammi unitari ottenuti da idrogrammi di piena registrati in bacini di differente estensione e posizione geografica, che mette in relazione il rapporto tra la generica portata Q all'istante t e la portata al colmo Q_p che si verifica all'istante t_a (tempo di accumulo: durata della fase di crescita) con la variabile t/t_a.

La determinazione dell'idrogramma di piena è consistita quindi nell'amplificare l'ascissa e l'ordinata dell'idrogramma unitario di Mockus mediante due fattori, rispettivamente pari a t_a e Q_p caratteristici del bacino.

Il tempo di accumulo è stato calcolato per mezzo della seguente formula:

$$t_a = \frac{t_r}{0.9}$$

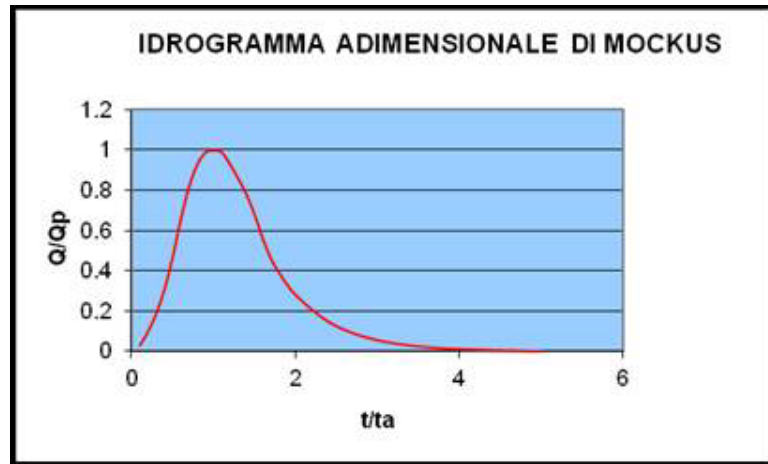


Figura 7 – Idrogramma adimensionale di Mockus

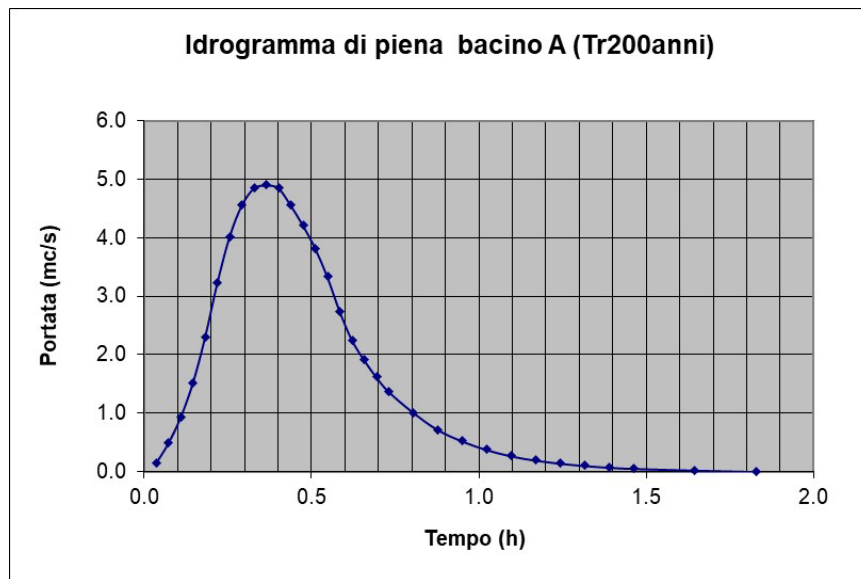


Figura 8 - Idrogramma di piena bacino A (T=200 anni)

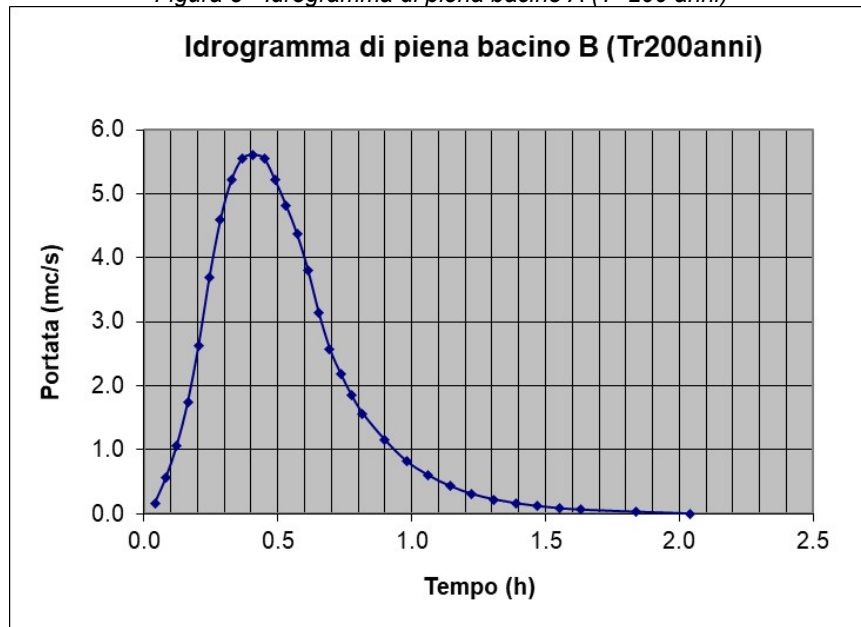


Figura 9 – Idrogramma di piena bacino B (T=200 anni)

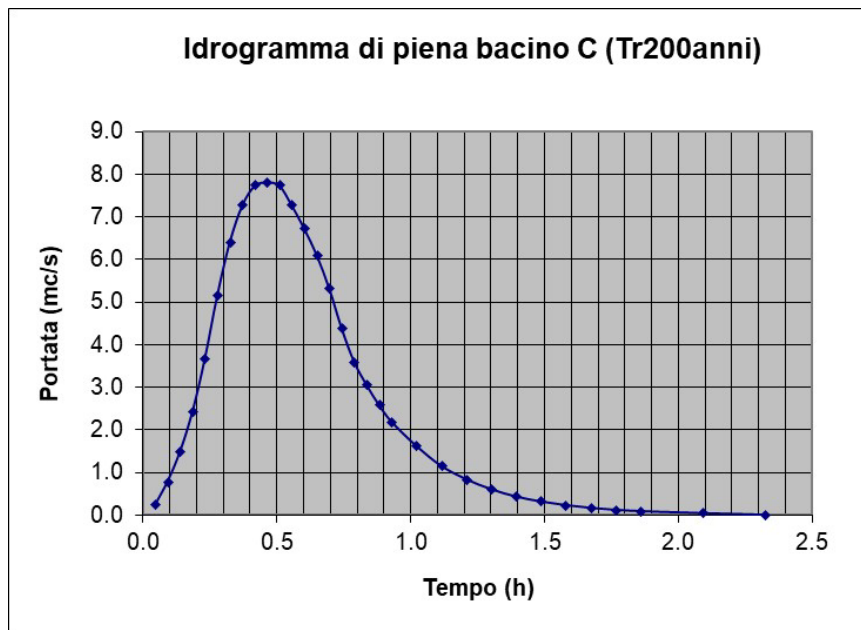


Figura 10 – Idrogramma di piena bacino C (T=200 anni)

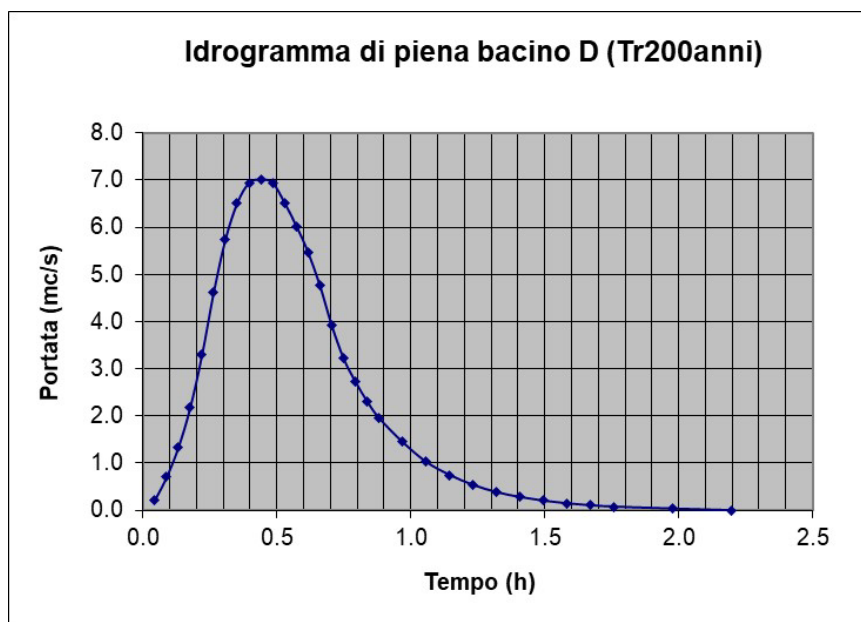


Figura 11 – Idrogramma di piena bacino D (T=200 anni)

6 VERIFICA IDRAULICA – MODELLI BIDIMENSIONALI

Come accennato in precedenza si procede ora con le verifiche idrauliche dell'area di intervento e del suo intorno utilizzando dei modelli di calcolo bidimensionali.

6.1 MODELLO GEOMETRICO DI BASE

In primo luogo, saranno analizzate le condizioni idrauliche relative allo **stato di fatto**, al fine di individuare le aree di allagamento che si generano e ipotizzare delle possibili soluzioni per ripristinare il corretto convogliamento delle portate di piena nell'ambito delle aree di intervento.

Successivamente si procederà a inserire queste opere nel modello di calcolo bidimensionale per verificare lo **stato di progetto**, ovvero il corretto funzionamento idraulico delle opere stesse e le condizioni idrauliche che si instaurano a monte e a valle dell'area stessa.

6.2 TEORIA DEL MODELLO IDRAULICO BIDIMENSIONALE

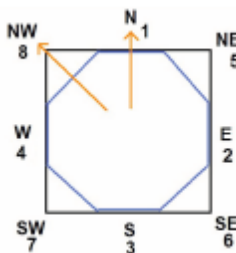
L'analisi idraulica per l'individuazione delle aree inondabili è stata condotta in regime di moto vario e con un modello di calcolo bidimensionale. Il software Flo-2D è accreditato presso la FEMA e la Corps Engineers come modello di calcolo affidabile per lo studio dei fiumi e dei fenomeni di inondazione ed è in grado anche di schematizzare i fenomeni idrologici (precipitazione e infiltrazione del terreno) e la presenza di opere infrastrutturali (canali, strade, edifici, tombini, casse di espansione, etc).

Dal punto di vista fisico-matematico il software di calcolo Flo-2D si basa su modello alle differenze finite basato sulla conservazione dei volumi e risolve le equazioni di De Saint Venant:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad \text{equazione di continuità}$$

$$\frac{\partial y}{\partial x} + \frac{U}{g} \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial U}{\partial t} = i_f - J \quad \text{equazione dinamica}$$

nelle otto potenziali direzioni di deflusso su una griglia di elementi quadrati secondo il seguente schema. Dove i termini corrispondono a: Q portata, A area, U velocità, y tirante idrico, il gradiente idraulico e J cadente idraulica



L'equazione di continuità esprime il bilancio della massa entrante e uscente da una generica cella mentre l'equazione del moto esprime, per la medesima cella, l'equilibrio energetico. Il programma GDS genera una griglia a maglia quadrata ed associa ad ogni cella un valore di elevazione,

interpolando i dati del DTM, e un valore di scabrezza di Manning. La progressione dell'onda di piena nel dominio di calcolo è controllata dalla topografia e dalla scabrezza superficiale. L'algoritmo risolve le equazioni del moto e della conservazione dei volumi, una alla volta, nelle otto possibili direzioni di deflusso e tra due elementi della griglia ad ogni step temporale calcola i parametri idraulici: pendenza, tirante idrico, velocità del flusso e portata.

Il modello di propagazione bidimensionale, il Flo2D, è basato sul principio di conservazione del volume e simula i deflussi superficiali non-confinati utilizzando dei dati topografici estrapolati da un modello digitale del terreno, o da una mappa di base digitalizzata. Consente quindi di simulare il moto dell'acqua in canali, studiare fenomeni non confinati, e ricavare quindi le aree inondate, il trasporto solido e fenomeni a esso legati.

Il software, applicando l'equazione completa del moto di un'onda dinamica ed uno schema centrale alle differenze finite con otto potenziali direzioni di flusso, simula un'inondazione su una topografia complessa e con una data scabrezza.

L'output della simulazione fornisce informazioni quali la profondità massima del flusso e le velocità massime raggiunte, variabili temporanee (tiranti), energia specifica, dati di pressione (sia statica che dinamica) e inoltre le vie di deflusso possono essere visualizzate graficamente.

Un modello in Flo2D è composto da una serie di componenti: pioggia caduta (rainfall), flusso nei canali, flusso in strada, infiltrazione, evaporazione, argini e altre grandezze fisiche, costruiti su di una griglia di elementi con dimensioni comprese tra i 25 ft e i 500 ft, e numero degli teoricamente illimitato. La componente riferita agli argini (levees) può ad esempio essere utilizzata per testare la mitigazione della propagazione nello spazio conseguente alla loro presenza. Il flusso nelle strade viene simulato come il moto in un canale rettangolare, praticamente in maniera monodimensionale a differenza dei flussi non confinati in cui non si può prescindere da un approccio bidimensionale. Se il problema è misto, vengono anche calcolate le interazioni tra strade ed elementi della griglia circostanti, considerando nel bilancio finale della cella, gli scambi di flusso tra i vari elementi.

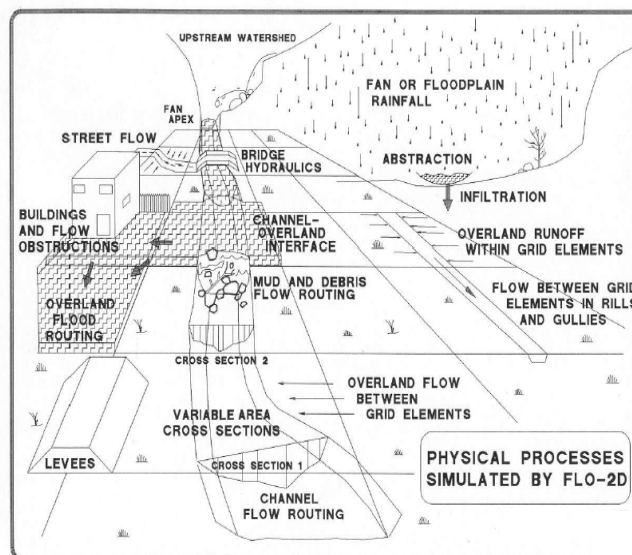


Figura 12 - Fenomeni fisici simulabili con il Flo 2D

Ogni simulazione richiede un idrogramma di piena o uno ietogramma di pioggia. Il Flo2D è in grado di generare un idrogramma di flusso in una specifica zona, utilizzando un modello afflussi-deflussi nella parte a monte del bacino.

L'approccio bidimensionale viene compiuto tramite l'integrazione numerica delle equazioni del moto e di conservazione del volume. L'equazione del moto in Flo2D è meglio definita come quasi-bidimensionale e viene risolta elaborando, per ciascuna direzione del flusso (si ricorda che il modello studia le 8 potenziali direzioni di flusso), i valori medi delle velocità del flusso sugli elementi della griglia. Il calcolo delle velocità per le singole direzioni è essenzialmente monodimensionale, e viene risolto indipendentemente dagli altri sette.

L'equazione di continuità e quella del moto espresse in forma differenziale, sono risolte dal Flo2D con uno schema numerico centrale alle differenze finite. Questo algoritmo esplicito risolve l'equazione del moto in funzione della velocità di flusso attraverso il confine di un elemento di griglia, un elemento per volta. La stabilità di questo schema numerico è basata su uno specifico criterio di controllo della dimensione della variabile computazionale tempo.

La simulazione è condotta inizialmente sulla griglia, e in un secondo momento viene determinato il deflusso nel canale. Successivamente, se sono state introdotte nella geometria di base anche le strade, viene calcolato lo scarico stradale e per ultimo il deflusso dell'acqua nelle 8-direzioni.

Il controllo dei risultati di una simulazione parte dalla verifica della conservazione del volume di tutto il modello restituita tra gli output del software. Verificandone la correttezza, si ha una garanzia sulla stabilità del modello e sulla sua accuratezza. Il volume di afflusso, quello di efflusso, il cambio nell'acqua immagazzinata, e quella persa per infiltrazione ed evaporazione vengono sommate alla fine di ogni timestep. La differenza tra il volume totale di afflusso e la somma tra deflusso, immagazzinamento e perdite, rappresenta la conservazione del volume.

6.3 MODELLO IDRAULICO CON APPROCCIO A PARAMETRI CONCENTRATI

Generalmente nel modello idrologico di trasformazione afflussi-deflussi il bacino idrografico viene considerato come un sistema soggetto ad ingresso variabile nel tempo e nello spazio dell'intensità di pioggia (input), la cui uscita è rappresentata dall'andamento della portata nel tempo (output) defluente attraverso la sezione di chiusura. La risposta del sistema dipende dalla variabilità spaziale e temporale sia delle caratteristiche dell'evento pluviometrico, che di quelle geopedologiche e morfologiche del bacino idrografico.

Poiché non è possibile una conoscenza completa di tutti i processi che influenzano la risposta idrologica del bacino, nel modello idrologico la complessità del sistema reale viene semplificata, esaltando le grandezze fondamentali e trascurando gli elementi ritenuti secondari.

Nel modello idrologico fisicamente basato a parametri distribuiti la complessità del sistema viene rappresentata attraverso tutti i fenomeni fisici coinvolti. Oltre a rappresentare la relazione input-output, sono riprodotte le relazioni interne fra le variabili idrologiche.

Adottando la schematizzazione spaziale a griglia (raster), è possibile infatti attribuire ad ogni cella le informazioni relative a morfologia del bacino, sviluppo del reticolo idrografico, caratteristiche

idrogeologiche del suolo, (anche eventualmente carico inquinante immesso), afflusso meteorico, ecc. che vengono utilizzate nelle varie equazioni di bilancio e di trasferimento.

Il modello restituisce una descrizione dei processi funzionanti in un sistema idrologico in maniera puntuale, mediante la ricerca della soluzione delle equazioni differenziali, esprimenti i bilanci di massa, di quantità di moto e, quando necessario, di energia, che governano i processi medesimi.

Nonostante le ipotesi semplificative necessarie a risolvere le equazioni che governano i vari processi, tali modelli richiedono una cospicua mole di dati e notevoli tempi di calcolo.

Per i bacini idrografici oggetto di studio le variabili che concorrono alla definizione del problema sono:

- idrogrammi di piena;
- durata dell'evento di piena;

I parametri di input sono inseriti nella cella del dominio di calcolo in corrispondenza dell'inizio dei compluvi oggetto di analisi.

Il dato di output per ogni cella risulta essere il deflusso superficiale, che viene elaborato nel suo insieme nel modello idraulico su dominio bidimensionale in funzione delle equazioni di moto ed energia che regolamentano il suo trasferimento in funzione delle condizioni morfologiche del percorso.

6.4 INDIVIDUAZIONE AREE INONDABILI

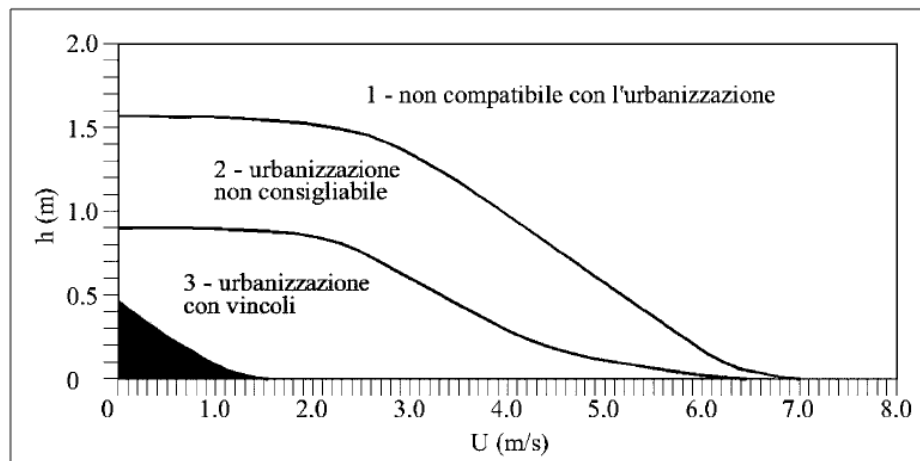
L'indicazione di allagamento di una superficie non rappresenta di per sé un fattore di pericolosità; d'altronde, particolari condizioni di allagamento, possono generare condizioni di pericolo per persone e/o cose presenti nelle aree in cui esse si verificano.

Oltre al tirante idrico, i fattori che influiscono sul livello di pericolosità sono la velocità di scorrimento idrico e la persistenza del fenomeno. A tal proposito, l'Autorità di Bacino del Tevere propone una serie di approcci per la delimitazione delle fasce fluviali, definendo tre differenti tipologie di inondazione:

- Aree di inondazione diretta, in immediata comunicazione con il corso d'acqua, dove l'inondazione è rapida e le velocità di deflusso sono relativamente elevate;
- Aree di inondazione indiretta, inondate solo attraverso passaggi ristretti che limitano drasticamente la rapidità di allagamento;
- Aree di inondazione marginale, in cui la velocità e l'altezza idrica sono talmente basse da non causare seri pericoli alle persone.

Per la determinazione delle aree marginali, l'AdB del Fiume Tevere ha fatto riferimento al diagramma seguente, diagramma velocità- tirante, in cui tramite curve a uguale spinta totale sono determinate combinazioni di diversa pericolosità.

Vengono così definite aree "marginale", quelle ricadenti nella porzione scura del grafico seguente



fonte: A.B. Tevere, 2002

In definitiva viene messo in evidenza il fatto che le condizioni di rischio non dipendono solo dalla presenza/assenza d'acqua e dall'entità del tirante idrico ma anche dal fattore velocità di scorrimento (valutata localmente) che gioca un ruolo nell'attribuzione del livello di danno effettivo.

Nel presente studio, secondo una prassi condivisa con l'AdB Puglia, si è preferito escludere dalla pericolosità idraulica le aree marginali ottenute adottando dei valori soglia di tirante e velocità secondo la seguente relazione matematica:

$$h > 0.2 \text{ m e } v > 0.3 \text{ m/s}$$

6.5 GEOMETRIA E IMPOSTAZIONE DEL MODELLO MATEMATICO BIDIMENSIONALE

La ricostruzione della geometria del modello bidimensionale ha riguardato un dominio di calcolo comprendente i quattro reticoli oggetto di analisi ed esteso verso monte fino all'estensione dei bacini idrografici e verso valle fino ad una distanza di circa 300 m dall'area di intervento.

La geometria è stata ricostruita dal punto di vista altimetrico sulla base del DTM della Regione Puglia con precisione del dato a 8mx8m integrato con i dati del Lidar con precisione 1mx1m sull'intera area del dominio analizzato.

Nel modello è stata generata una griglia di calcolo con cella **5x5 m**.

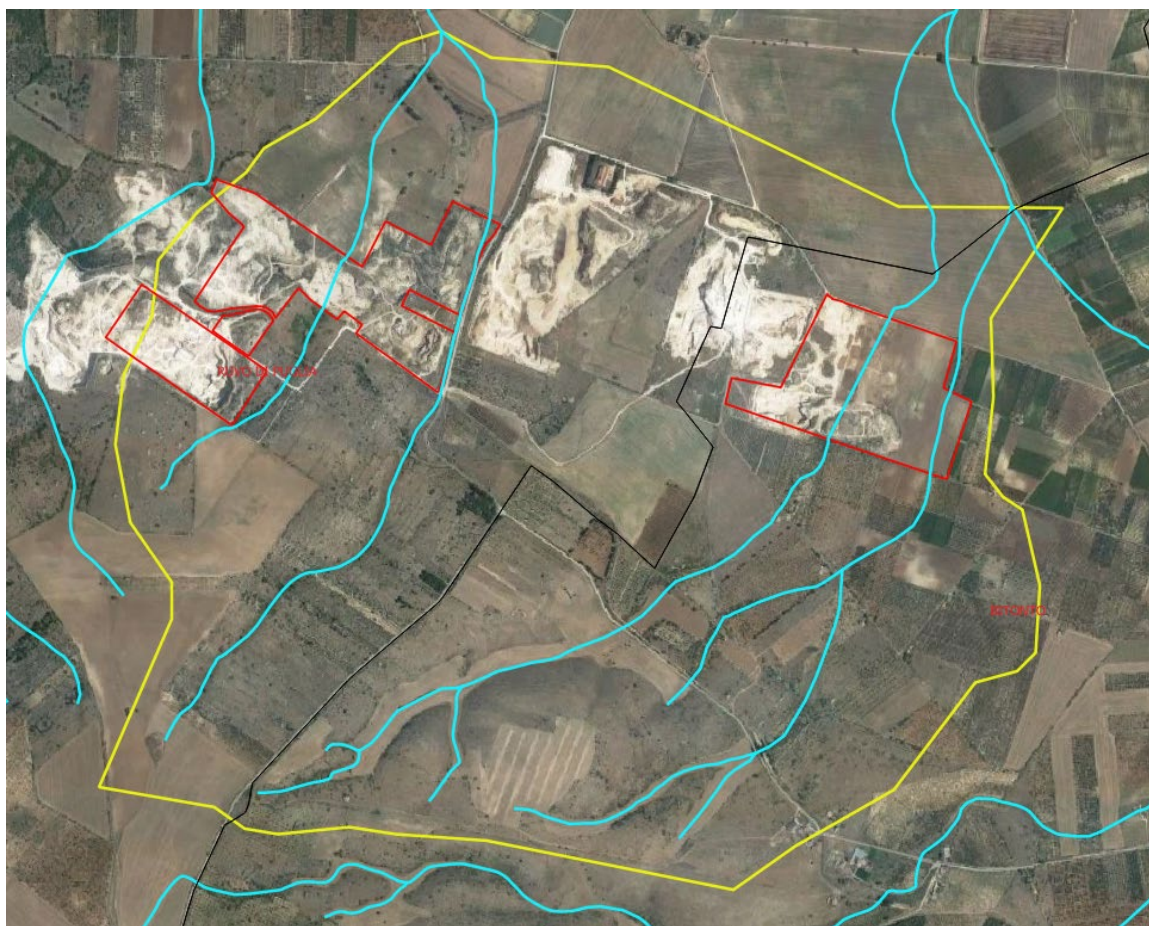


Figura 13 – Dominio di calcolo oggetto di analisi

La scabrezza nell'intero dominio è stata assunta pari 0.04 di Manning.

Nell'impostazione del modello di calcolo, in diverse celle lungo il limite di valle del dominio di calcolo, laddove è presente la traccia del compluvio che poi prosegue verso valle, è stata inserita la funzione di uscita di flusso dal sistema (outflow element) necessaria per consentire il deflusso al di fuori del dominio computazionale evitando erronei punti di accumulo.

Come dati di input nel modello elaborato sono stati inseriti gli idrogrammi di piena per il tempo di ritorno 200 anni in corrispondenza dei vari compluvi afferenti alle aree di intervento,

La durata della simulazione è stata assunta pari a 3.5 ore, leggermente maggiore della massima durata degli idrogrammi considerati (3.2 ore idrogramma bacino C) al fine di ottenere nelle celle di

uscita un idrogramma il cui ramo discendente sia rappresentativo dell'esaurimento della piena, ottenendo così la conservazione dei volumi.

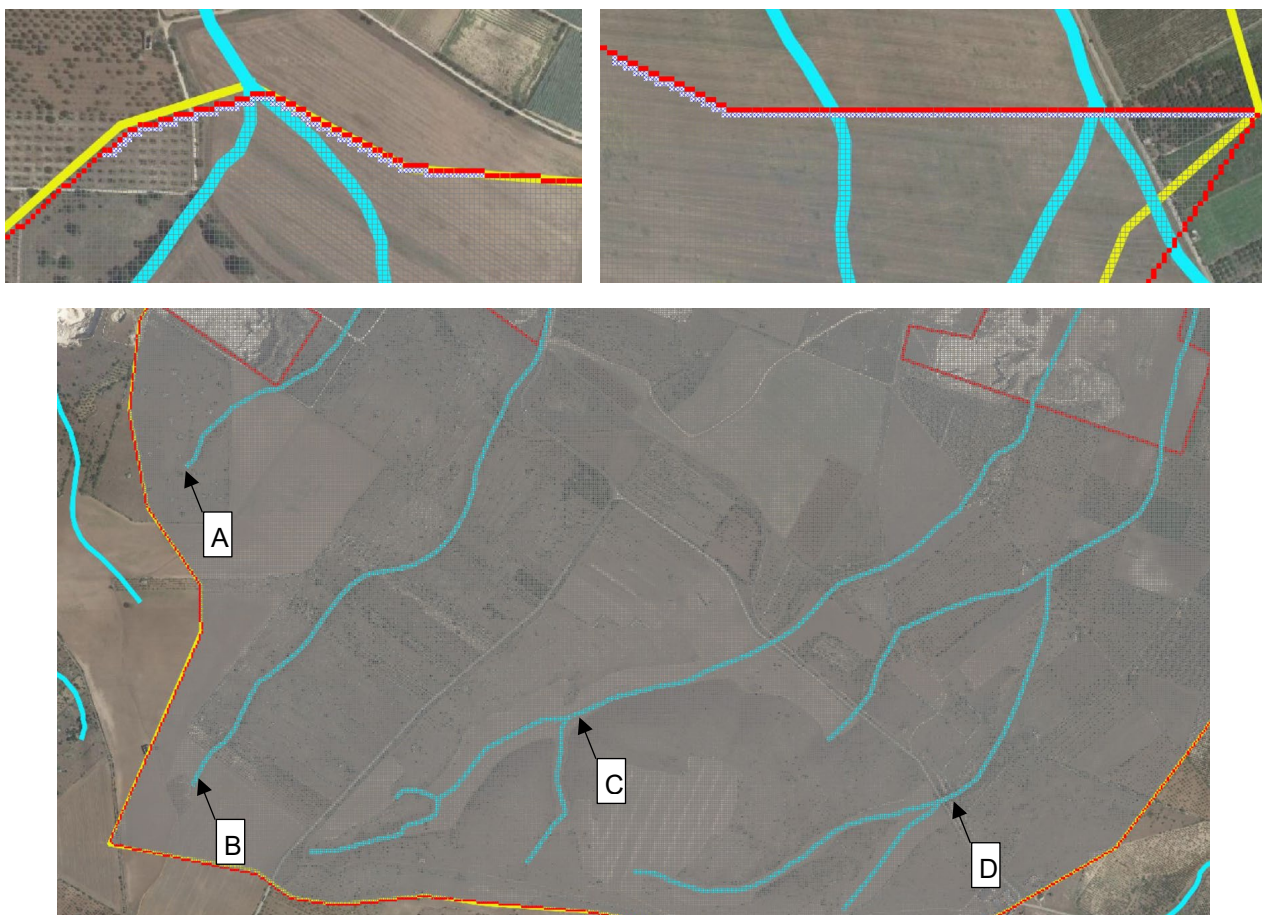


Figura 14 – Geometria del modello di calcolo con celle di outflow e inflow

6.6 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI 2D – STATO DI FATTO

I risultati della simulazione relativa alla condizione dello **stato di fatto**, per il tempo di ritorno 200 anni, riportati di seguito in alcuni stralci, dopo aver filtrato i risultati in base all'equazione di vulnerabilità riportata in precedenza e in uso presso l'AdB Puglia, mostrano le modalità con cui le portate di piena defluiscono nei vari compluvi e nelle aree oggetto di intervento.

In particolare:

- **Compluvio A:** la portata di piena a 200 anni defluisce lungo il compluvio occupando una fascia larga circa 30 m e con tiranti massimi di circa 20-25 cm nel primo tratto; nel suo percorso verso valle e verso l'area di intervento il compluvio intercetta tre stradine la cui presenza blocca a monte le portate già esigue. Soprattutto in corrispondenza della terza stradina, pur essendoci un attraversamento idraulico dotato di luci di deflusso, a causa dello scarso stato di manutenzione dello stesso e della presenza di fitta vegetazione, la portata si accumula a monte dell'attraversamento con tiranti di 2-3 m e solo una piccola aliquota riesce a proseguire verso valle. La portata che prosegue verso valle con tiranti esigui dell'ordine dei 10 cm, raggiunge l'area di cava per poi riversarsi ed esaurirsi in un'area più bassa, oggetto delle operazioni di estrazione.

La portata di piena quindi si esaurisce non procede verso valle oltre l'area di intervento.

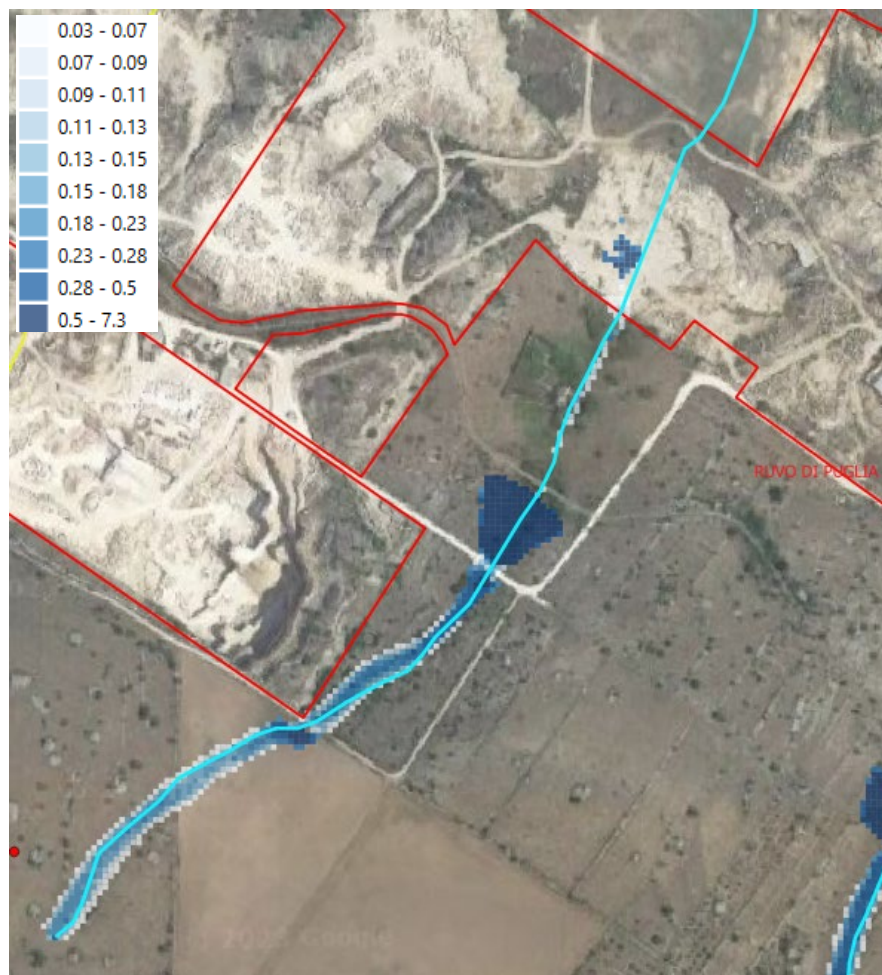


Figura 15 – Tiranti idrici compluvio A (stato di fatto – Tr 200 anni)

- **Compluvio B:** la portata di piena a 200 anni defluisce lungo il compluvio occupando una fascia larga circa 25 m e con tiranti massimi di circa 35-40 cm nel primo tratto per circa 1.2 km. Poco a monte dell'area di intervento, il compluvio intercetta una strada in corrispondenza della quale è presente un attraversamento idraulico, anche in questo caso in condizioni di scarso stato di manutenzione, tanto che la portata di piena si accumula a monte dell'attraversamento e solo una piccola aliquota della portata procede verso valle. Oltre l'attraversamento il deflusso segue il compluvio costeggiando in sinistra la SP 151 e in corrispondenza dell'area di intervento i deflussi attraversano la SP151 con tiranti di circa 13 cm e proseguono il loro percorso a destra della strada per poi raggiungere e disperdersi nell'area di cava caratterizzata da quote più basse. Pertanto, il tracciato del compluvio dall'area di intervento in poi, non risulta essere quello riportato sul reticolo ufficiale, ma seguendo l'orografia del terreno il tracciato devia a destra e si esaurisce nell'area di cava, senza proseguire oltre l'area di intervento che in questo caso non risulta in alcun modo interessata dai deflussi.

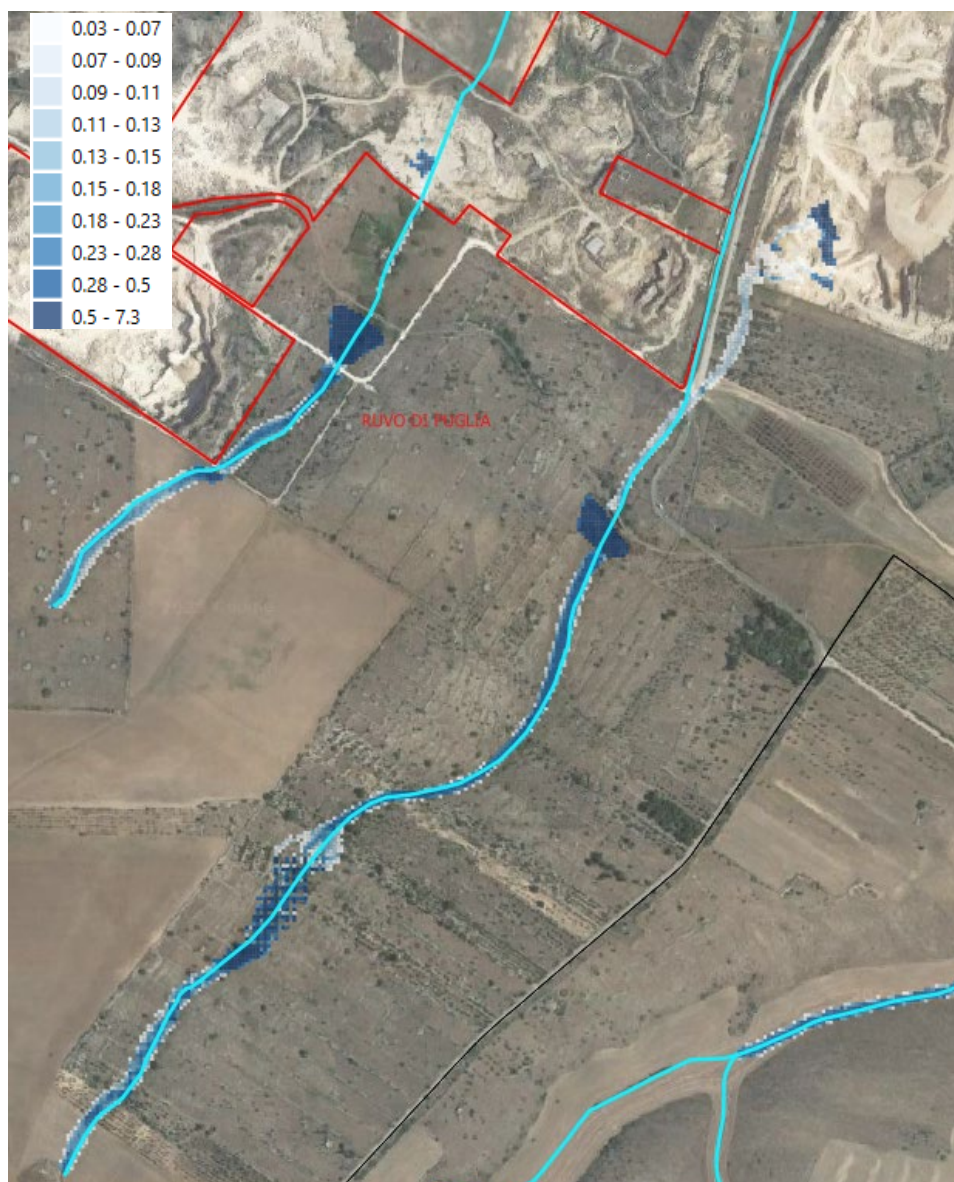


Figura 16 - Tiranti idrici compluvio A (stato di fatto – Tr 200 anni)

- **Compluvio C:** la portata di piena a 200 anni defluisce lungo il compluvio occupando una fascia larga circa 20 m e con tiranti massimi di circa 60-70 cm nel primo tratto per circa 500 m. Proseguendo verso valle la pendenza del compluvio si riduce, e, lungo il tracciato, il compluvio incontra la SP36 e una strada secondaria; i deflussi pertanto interessano una fascia più ampia circa 90-100 m con tiranti più bassi circa 32-30 cm.

Il tracciato, inoltre, per un tratto devia leggermente rispetto a quello originario, per poi riprendere il tracciato originario in poco a monte delle aree di intervento. In prossimità dell'area di cava, a causa della presenza di un accumulo di materiale posizionato lungo il tracciato del compluvio, i deflussi si suddividono in due rami, un ramo prosegue in destra andando a riversarsi nell'altro compluvio (D), l'altro ramo prosegue in sinistra andando in parte ad interessare le aree più depresse della cava, solo una piccola aliquota procede verso valle andando a intercettare il tracciato originario fuori dall'area di intervento.

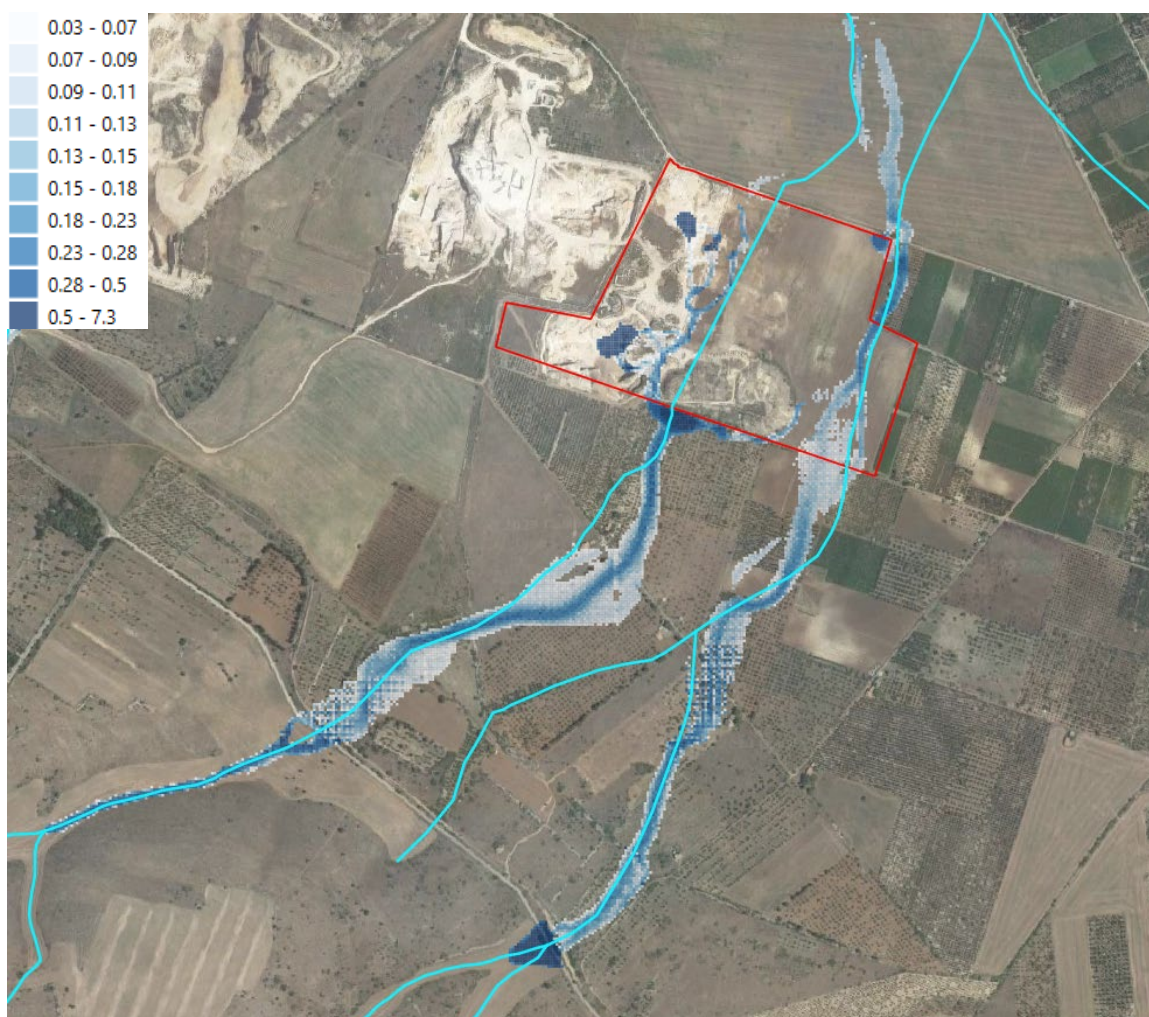


Figura 17 - Tiranti idrici compluvi C e D (stato di fatto – Tr 200 anni)

- **Compluvio D:** la portata di piena a 200 anni, nell'area di immissione del modello, si accumula a monte della SP36, laddove è presente un attraversamento idraulico in scarso stato di manutenzione, per poi proseguire verso valle occupando una fascia di larghezza pari a circa 50 m con tiranti pari a 20-30 cm. In prossimità dell'area di intervento il fronte si allarga fino a raggiungere un'ampiezza di circa 120 m con tiranti di 10-12 cm per poi restringersi

nuovamente verso valle dove riprende il tracciato originario con un fronte di allagamento di circa 20 m e con tiranti di circa 20-30 cm, fino oltre l'area di intervento dove i deflussi, invece di proseguire seguendo il tracciato del compluvio D, deviano e si immettono sul tracciato del compluvio C, in sinistra.

6.7 IPOTESI DI RICONFIGURAZIONE MORFOLOGICA DEI RETICOLI IDROGRAFICI

A seguito dei risultati ottenuti con la modellazione dello stato di fatto, al fine evitare che i deflussi interessino le aree in cui sarà posizionato l'impianto fotovoltaico, sono stati ipotizzati degli interventi risolutivi che prevedono la riconfigurazione dei reticoli idrografici preesistenti nelle aree di cava e di intervento, prima che le stesse venissero utilizzate per le operazioni di cava.

In concomitanza con la riconfigurazione dei reticoli si prevede anche la realizzazione di argini a monte per la corretta captazione delle portate di piena e il corretto convogliamento nei reticoli riconfigurati.

Di seguito si riportano le soluzioni geometriche adottate per i compluvi analizzati che saranno successivamente verificate, implementando le stesse nel modello bidimensionale, per verificarne la correttezza dal punto di vista idraulico.

Compluvio A

Nel tratto in cui il compluvio A attraversa l'area di intervento, si prevede di spostare il tracciato in destra rispetto al tracciato originario di circa 10 m, riconfigurandolo con una sezione trapezoidale ampia circa 5 m e profonda circa 20 cm (considerando che i tiranti nella configurazione iniziale risultano di circa 3 cm).

Il compluvio riconfigurato avrà quota di scorrimento iniziale pari a circa 358 m e quota finale pari a circa 347 m per raccordarsi alle quote del terreno dell'area oltre l'area di intervento, sviluppo complessivo pari a circa 180 m e pendenza dell'ordine del 6.00 %.

A monte del tratto di riconfigurazione si prevede la realizzazione in sinistra idraulica, trasversalmente al tracciato del compluvio, di un argine di lunghezza pari a circa 45 m e di altezza pari a circa 1.00 m per captare adeguatamente le portate in arrivo e la riconfigurazione delle aree al piede dell'argine al fine di creare una pendenza che sia in grado di convogliare adeguatamente le portate intercettate nel canale di progetto.

Ad ogni modo, nell'ambito dell'area di intervento, il canale riconfigurato sarà posizionato al centro di una fascia di sicurezza larga 20 m, che sarà oggetto di rinaturalizzazione.

Compluvio B

Per il compluvio B, la modellazione dello stato di fatto ha messo in evidenza il fatto che i deflussi non interessano l'area di intervento, poiché il tracciato effettivo del compluvio è diverso da quello originario, pertanto, non risulterebbe necessario nessuna riconfigurazione morfologica del reticolo.

Tuttavia, dato che, in prossimità dell'area dell'angolo più a Sud dell'area di intervento a sinistra della SP151 il tracciato originario interseca l'area di cava, si è optato per la creazione di un'area di rinaturalizzazione, larga circa 20 m con rivestimento in pietrame della parte centrale, che ricalca

pressappoco il tracciato originario del compluvio in questo tratto, al fine di garantirne comunque la continuità.

Compluvio C

Nel tratto in cui il compluvio C attraversa l'area di intervento si prevede di spostare il tracciato del compluvio leggermente verso sinistra, per collocarlo a ridosso dell'attuale limite delimitata da blocchi in pietrame, per poi ricongiungersi al tracciato originario nella parte terminale, in prossimità del limite dell'area di intervento.

Il compluvio sarà riconfigurato con una sezione trapezoidale ampia circa 5 m e profonda circa 1.50 m, con quota di scorrimento iniziale pari a circa 332.20 m e quota finale pari a circa 322.40 m per raccordarsi alle quote del terreno dell'area oltre l'area di intervento, con sviluppo complessivo pari a circa 460 m e pendenza dell'ordine del 2.10 %.

Nell'ambito dell'area di intervento, il canale riconfigurato sarà posizionato al centro di una fascia di sicurezza larga 10 m, che sarà oggetto di rinaturalizzazione.

A monte del tratto di riconfigurazione si prevede trasversalmente al tracciato del compluvio la realizzazione di due tratti arginati, uno in sinistra idraulica di lunghezza pari a circa 70.00 m e di altezza pari a circa 1.00 m e uno in destra idraulica di lunghezza pari a 330 m e di altezza pari a 1.60 m (fino al compluvio D) per captare adeguatamente le portate in arrivo. Si prevede inoltre la riconfigurazione delle aree a monte al piede dell'argine al fine di creare una pendenza che sia in grado di convogliare adeguatamente le portate intercettate nel canale di progetto.

Compluvio D

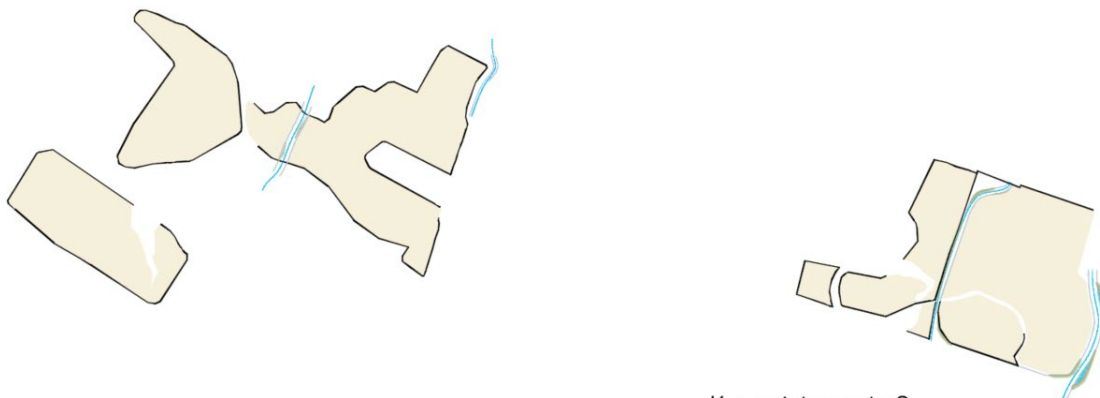
Nel tratto in cui il compluvio D attraversa l'area di intervento si prevede di spostare il tracciato del compluvio leggermente verso destra, di circa 20 m, spostandolo verso il limite est dell'area di intervento, per poi ricongiungersi al tracciato originario nella parte terminale, in prossimità del limite dell'area di intervento.

Il compluvio sarà riconfigurato con una sezione trapezoidale ampia circa 5.00 m e profonda circa 1.50 m, con quota di scorrimento iniziale pari a circa 329.80 m e quota finale pari a circa 324.00 m per raccordarsi alle quote del terreno dell'area oltre l'area di intervento, con sviluppo complessivo pari a circa 264 m e pendenza dell'ordine del 2.20%. In destra del compluvio riconfigurato è inoltre prevista la presenza di due aree ad allagamento controllato, una in prossimità del tratto iniziale e l'altra in prossimità del tratto finale, al fine di rinaturalizzare l'area mediante la creazione di due laghetti artificiali in cui è prevista la piantumazione di adeguate essenze.

Nell'ambito dell'area di intervento, il canale riconfigurato sarà posizionato al centro di una fascia di sicurezza larga 20 m, che sarà oggetto di rinaturalizzazione.

A monte del tratto di riconfigurazione si prevede trasversalmente al tracciato del compluvio la realizzazione di due tratti arginati, uno in sinistra idraulica di lunghezza pari a 330 m e di altezza pari a 1.50 m (fino al compluvio C) già considerato nella descrizione del compluvio C, e uno in destra idraulica di lunghezza pari a 40 m e di altezza pari a 0.50 m per captare adeguatamente le portate in arrivo. Si prevede inoltre la riconfigurazione delle aree a monte al piede dell'argine al fine di creare

una pendenza che sia in grado di convogliare adeguatamente le portate intercettate nel canale di progetto.



K map intervento 6

Complessivamente, il progetto di rinaturalizzazione relativo alla ricostruzione dei tracciati e la rinaturalizzazione delle aree interessate dal reticolo idrografico, prevede la rimodellazione del terreno e la realizzazione di appositi argini per garantire l'adeguato convogliamento delle portate di piena. Le aree di deflusso e le fasce di "rispetto" verranno lasciate libere da ogni installazione e in alcuni casi, come descritto per il bacino D, è prevista la formazione di aree, opportunamente impermeabilizzate mediante una coltre di terreno argilloso, che episodicamente saranno interessate dai deflussi derivanti dal reticolo principali e che potranno trattenere l'acqua piovana a formare dei piccoli stagni temporanei. La vegetazione degli stagni sarà afferente all'*Habitat* 3170 (come meglio specificato nella relazione "*PRR.2_Piano di dismissione dell'attività di cava – studio ambientale, vegetazionale e faunistico*") e la presenza dell'acqua stagnante sarà temporanea e limitata ad alcuni periodi dell'anno, la vegetazione igrofila evolutiva tipica dell'habitat menzionato vi si istallerà naturalmente.



6.8 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI 2D – STATO DI PROGETTO

A seguito delle riconfigurazioni morfologiche ipotizzate per i vari reticoli idrografici interferenti con le aree di intervento, si è proceduto con l'impostazione del modello bidimensionale relativo allo **stato di progetto**, per verificare che le riconfigurazioni ipotizzate siano idraulicamente efficienti, ovvero che siano in grado di convogliare i deflussi garantendo le condizioni di sicurezza idraulica nelle aree in cui sarà installato l'impianto fotovoltaico.

A tal fine la geometria del modello dello stato di fatto è stata opportunamente modificata adeguando i seguenti elementi:

- Modifica delle quote di scorrimento dei reticoli **A, C e D** secondo le quote e le pendenze riportate al paragrafo precedente;
- Inserimento degli elementi argine in destra e in sinistra dei compluvi;
- Inserimento degli elementi argine trasversalmente alle direzioni dei canali e riconfigurazione delle quote al piede dell'argine per il corretto convogliamento delle portate verso i reticoli.

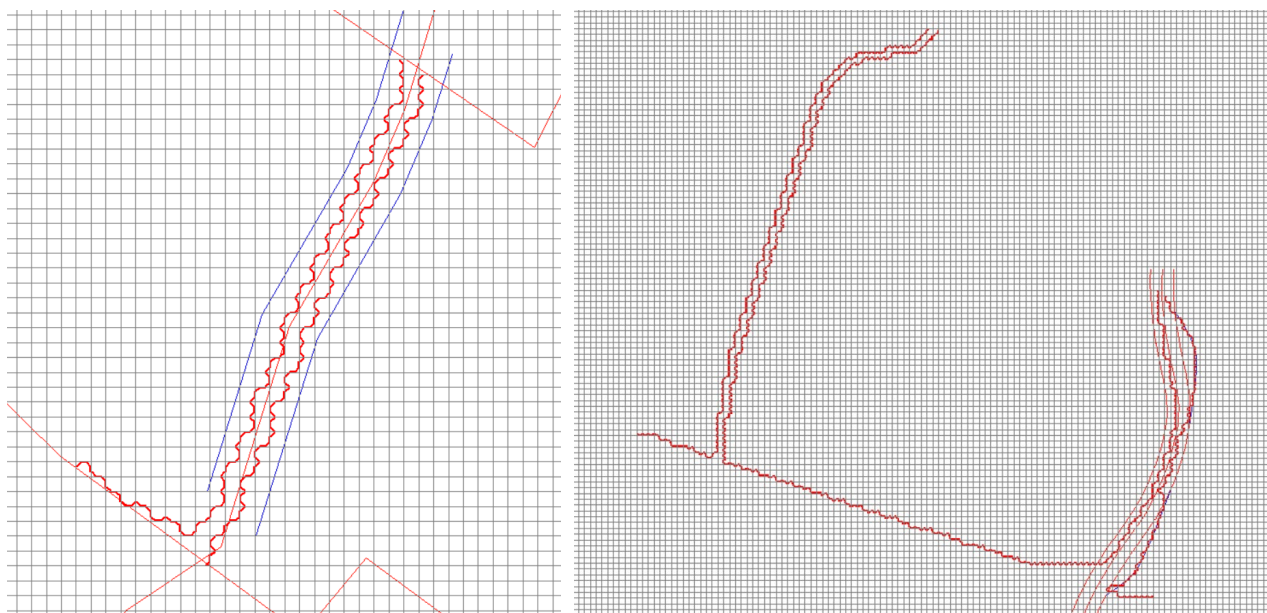


Figura 18 – Inserimento delle ipotesi progettuali nella geometria del modello

I risultati della simulazione relativa alla condizione dello **stato di progetto**, per il tempo di ritorno 200 anni, riportati di seguito in alcuni stralci, dopo aver filtrato i risultati in base all'equazione di vulnerabilità riportata in precedenza e in uso presso l'AdB Puglia, mostrano le modalità con cui le portate di piena defluiscono nei vari compluvi e nelle aree oggetto di intervento.

In particolare:

- **Compluvio A** la portata con tempo di ritorno 200 anni dopo essere defluita nel compluvio naturale a monte dell'area di intervento, in prossimità delle aree di cava si accumula a monte dell'argine trasversale previsto all'interno dell'area di intervento e viene adeguatamente convogliata verso il reticolo riconfigurato, laddove continua a defluire con tiranti esigui, dell'ordine dei 3 cm fino ad esaurirsi completamente prima del termine dell'area di intervento.

Pertanto, a seguito della configurazione prevista per il compluvio A, si può concludere che le aree esterne interessate dall'installazione dell'impianto fotovoltaico si trovano in condizioni di sicurezza idraulica.

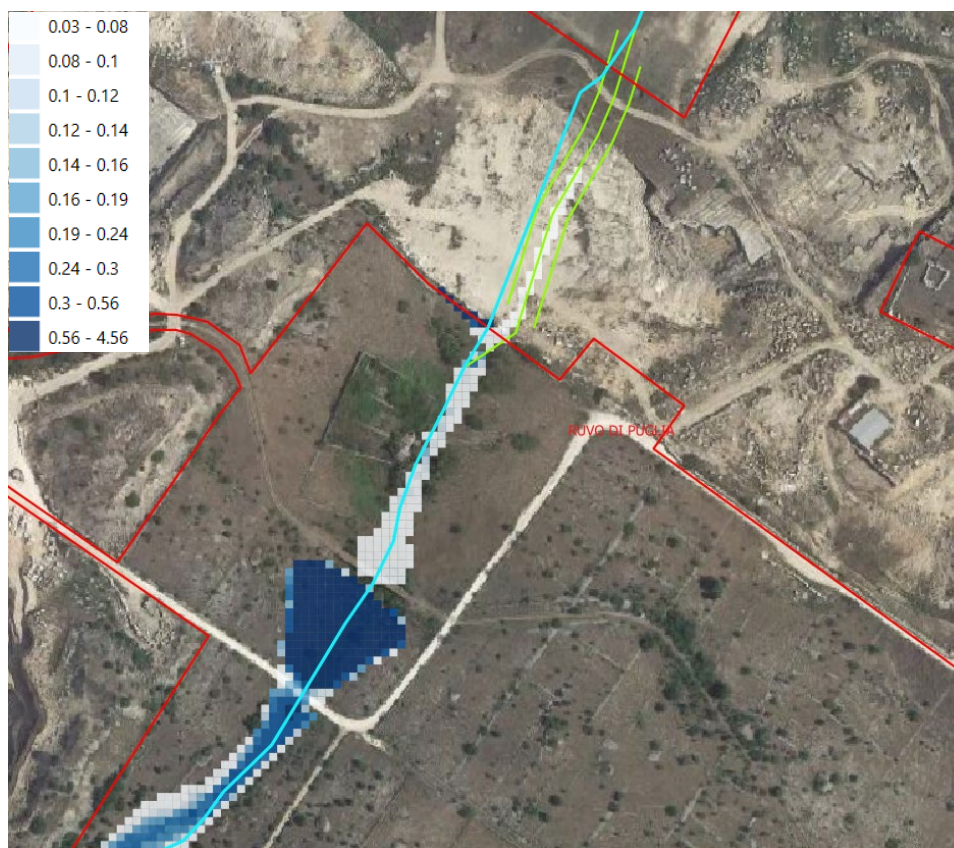


Figura 19 - Tiranti idrici compluvio A (stato di progetto – Tr 200 anni)

- **Compluvio C** la portata con tempo di ritorno 200 anni dopo essere defluita nel compluvio naturale a monte dell'area di intervento, in prossimità delle aree di cava si accumula a monte degli argini trasversali previsto all'interno dell'area di intervento, in sinistra e in destra idraulica, e viene adeguatamente convogliata verso il reticolo riconfigurato.

Lungo il reticolo riconfigurato i deflussi procedono con tiranti massimi dell'ordine degli 80-85 cm fino al limite dell'area oggetto di intervento, laddove il reticolo riconfigurato si ricongiunge al tracciato originario del compluvio al di fuori delle aree di intervento.

Anche in questo caso, **si può concludere che a seguito della riconfigurazione prevista per il compluvio C, le aree esterne interessate dall'installazione dell'impianto fotovoltaico si trovano in condizioni di sicurezza idraulica.**



Figura 20 - Tiranti idrici compluvio C (stato di progetto – Tr 200 anni)

- **Compluvio D** la portata con tempo di ritorno 200 anni dopo essere defluita nel compluvio naturale a monte dell'area di intervento, in prossimità delle aree di cava si accumula a monte degli argini trasversali previsti all'interno dell'area di intervento, in sinistra e in destra idraulica, e viene adeguatamente convogliata verso il reticolo riconfigurato e nei due laghetti temporanei previsti in destra del reticolo riconfigurato.

Lungo il reticolo riconfigurato i deflussi procedono con tiranti massimi dell'ordine degli 1.50 cm fino al limite dell'area oggetto di intervento, laddove il reticolo riconfigurato si ricongiunge al tracciato originario del compluvio al di fuori delle aree di intervento.

Anche in questo caso, **si può concludere che a seguito della riconfigurazione prevista per il compluvio D, le aree esterne interessate dall'installazione dell'impianto**

fotovoltaico, in sinistra rispetto al reticolo riconfigurato si trovano in condizioni di sicurezza idraulica.

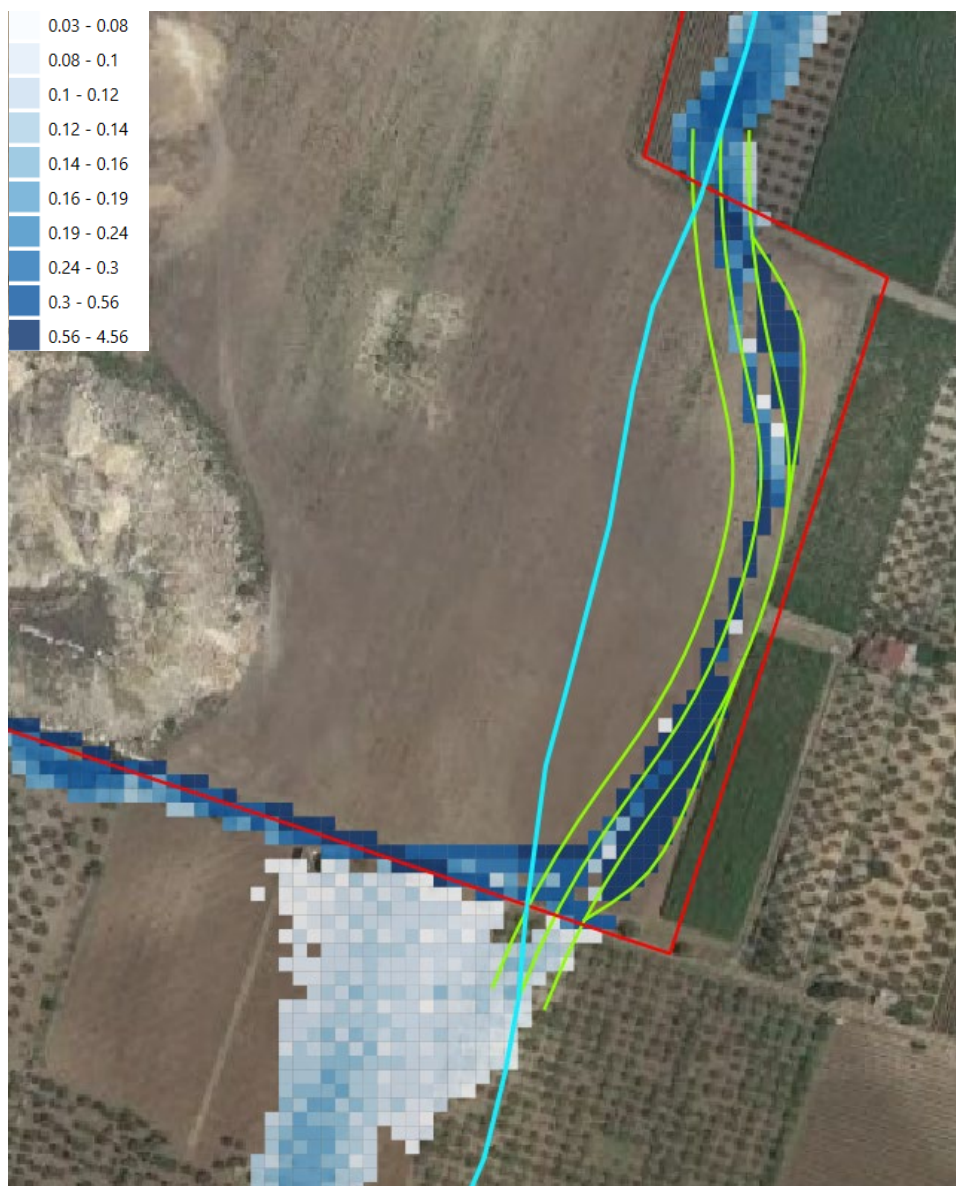


Figura 21 - Tiranti idrici compluvio D (stato di progetto – Tr 200 anni)

7 CONCLUSIONI

L'area studiata ricade a Sud del centro abitato di Ruvo di Puglia e riguarda due porzioni di territorio ricadenti rispettivamente nel territorio Comunale di Ruvo di Puglia (porzione in sinistra) e di Bitonto (porzione in destra).

Le aree sono attualmente utilizzate come cave di pietra calcarea da taglio e non suscettibili di ulteriore sfruttamento sulle suddette aree è prevista la realizzazione di un impianto fotovoltaico della potenza nominale di circa 37,0 MWp.

Le aree di cava sono attraversate da alcuni reticoli idrografici secondari superficiali, l'attività estrattiva ha contribuito a trasformare questi elementi, eliminandoli o rendendoli di natura episodica.

Nell'ambito del progetto, al fine di garantire la sicurezza idraulica delle aree in cui sarà installato l'impianto fotovoltaico, è stata prevista la riconfigurazione morfologica dei reticoli presenti secondo tracciati opportunamente studiati e verificati, dotati di arginature laterali e arginature trasversali per il corretto convogliamento delle portate di piena a 200 anni.

Le verifiche idrauliche eseguite con modelli bidimensionali hanno messo in evidenza l'efficienza idraulica delle soluzioni individuate per la riconfigurazione dei reticoli idrografici; pertanto, le aree esterne ai reticoli riconfigurati, laddove si prevede l'installazione dell'impianto fotovoltaico risultano in condizioni di **sicurezza idraulica**.