

**IMPIANTO AGRIVOLTAICO**  
SITO NEL COMUNE DI ORTA NOVA  
IN PROVINCIA DI FOGGIA

**Valutazione di Impatto Ambientale**

(artt. 23-24-25 del D.Lgs. 152/2006)

**Commissione Tecnica PNRR-PNIEC**

(art. 17 del D.L. 77/2021, convertito in L. 108/2021)

**Prot. CIAE: DPE-0007123-P-10/08/2020**

Idea progettuale, modello insediativo e coordinamento generale: **AG Advisory S.r.l.**

Paesaggio e supervisione generale: **CRETA S.r.l.**

Elaborazioni grafiche: **Eclettico Design**

Assistenza legale: **Studio Legale Sticchi Damiani**

**Progettisti:**

Responsabili VIA: **CRETA S.r.l.**

**Arch. Sandra Vecchietti**

**Arch. Filippo Boschi**

**Arch. Anna Trazzi**

**Arch. Giulia Bortolotto**

**Arch. Mattia Zannoni**

**Contributi specialistici:**

Acustica: **Dott. Gabriele Totaro**

Agronomia: **Dott. Agr. Barnaba Marinosci**

Agronomia: **Dott. Agr. Giuseppe Palladino**

Archeologia: **Dott.ssa Caterina Polito**

Archeologia: **Dott.ssa Michela Ruggie**

Asseverazione PEF: **Omnia Fiduciaria S.r.l.**

Fauna: **Dott. Giacomo Marzano**

Geologia: **Geol. Pietro Pepe**

Idraulica: **Arke' Ingegneria S.r.l. (DT -Ing. L.Fanelli)**

Piano Economico Finanziario: **Dott. Marco Marincola**

Vegetazione e microclima: **Dott. Leonardo Beccarisi**

Cartella **VIA\_3/**

Sottocartella **DOC\_SPECIALIS/**

Identificatore:  
**DOCSPEC14**

**Relazione verifica trascinamento**

Descrizione **Relazione di verifica al trascinamento**

**Nome del file:**

**DOCSPEC14.pdf**

**Tipologia**

**Relazione**

**Scala**

**-**

**Autori elaborato:** IArke' Ingegneria S.r.l. (DT -Ing. L.Fanelli)

<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Descrizione</b>
00	01/02/2022	Prima emissione
01		
02		

**Spazio riservato agli Enti:**

## Indice

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>L'intervento proposto .....</b>	<b>3</b>
2.1.1	Il progetto agrivoltaico: le sue componenti sinergiche.....	3
2.1.2	Dati di sintesi dell'intervento proposto.....	4
2.1.3	Ulteriori elementi che caratterizzano il progetto .....	5
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO GENERALE.....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>COMPATIBILITÀ IDROLOGICO - IDRAULICA PAI .....</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>VERIFICA TRASCINAMENTO E FENOMENI EROSIVI .....</b>	<b>10</b>
<b>5.1</b>	<b>Interferenze (n. 1 – n. 6; n. 8 – n.9) impluvi minori .....</b>	<b>10</b>
<b>5.2</b>	<b>Interferenza 7 Carapelle .....</b>	<b>10</b>
5.2.1	Procedure per il calcolo della portata di piena – VAPI Piene .....	11
5.2.1.1	Individuazione Bacino idrografico.....	11
5.2.1.2	Procedure Vapi .....	12
5.2.2	Modello idraulico interferenza 7.....	14
<b>5.3</b>	<b>Verifica erosione .....</b>	<b>17</b>
<b>5.4</b>	<b>Calcolo profondità di posa.....</b>	<b>19</b>

## INDICE Tabelle

Tab. 5.1	Verifica fenomeni erosivi e calcolo profondità di posa.....	19
Tab. 5.2	Profondità di posa cavidotti di progetto.....	21

## Figura INDICE

Fig. 3.1	Inquadramento generale su ortofoto. ....	6
Fig. 3.2	Inquadramento generale su IGM 1:25000. ....	7
Fig. 4.1	PAI Puglia: Pericolosità idraulica e rischio (fonte AdB Puglia) Allegato 2.....	9
Fig. 5.1	Bacino Carapelle.....	12
Fig. 5.2	Planimetria modello idraulico .....	15
Fig. 5.3	Portata di input inserita nel modello idraulico.....	16
Fig. 5.4	Profilo idraulico .....	16
Fig. 5.5	Output del modello planimetria aree allagabili per il tempo di ritorno di 200 anni. ....	17

Codice	Titolo	
RVT	Relazione Verifica Trascinamento	Pag. 1 di 21

## 1 PREMESSA

Il presente documento viene redatto a corredo del progetto “**Impianto agrivoltaico**” sito nel comune di Orta Nova in provincia di Foggia per l’attivazione dell’iter di acquisizione dell’Autorizzazione Unica (AU), ai sensi dell’art. 12 D.Lgs 387/2003.

Nel seguito sono riportate, per ciascun ambito di valutazione, le eventuali interferenze.

Codice	Titolo	
RVT	Relazione Verifica Trascinamento	Pag. 2 di 21

## 2 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO

### 2.1 L'intervento proposto

Il progetto è volto alla realizzazione e messa in esercizio di un impianto agrivoltaico, che vede combinarsi la piantumazione e coltivazione di 10.704 piante di olivo tollerante a Xylella con la produzione annua di 35.129,56 MWh di energia, grazie a un impianto fotovoltaico elevato da terra della potenza nominale di 22,14 MWp, e relative opere di connessione, fino alla SSE, nel Comune di Orta Nova in Provincia di Foggia. La soluzione agrivoltaica scelta prevede l'alternanza di file di pannelli fotovoltaici elevati da terra a filari di olivi della varietà FS-17 o Favolosa.

#### 2.1.1 Il progetto agrivoltaico: le sue componenti sinergiche

Il progetto agrivoltaico sito nel Comune di Orta Nova, composto da due aree, insieme agli altri impianti proposti nella provincia di Foggia, si basa su un innovativo modello produttivo integrato che, utilizzando le migliori e più avanzate tecnologie disponibili, intende raccogliere la sfida lanciata dalla filiera agroindustriale pugliese sul fronte dell'efficiamento produttivo, sfruttando una piena sinergia con la produzione di energia rinnovabile.

Due sono quindi le componenti in gioco che caratterizzano il progetto agrivoltaico, che complessivamente sulle due aree, consiste in:

1. *Il progetto agricolo* – prevede la coltivazione biologica, con sistema di sub-irrigazione, dell'olivo, quale coltura arborea che offre le più alte garanzie di conseguimento delle potenzialità sinergiche con il fotovoltaico. È prevista la piantumazione di 10.704 piante di olivo su una porzione di terreno di 186.819 mq, mentre un'area di circa 36.567 mq vedrà la coltivazione di altre colture ad elevato grado di meccanizzazione. È, inoltre, prevista la realizzazione di un'azienda agricola per la gestione delle suddette colture su un'ulteriore area di 2.234 mq;
2. *L'impianto fotovoltaico* – a supporto e integrazione della produzione agricola, che a questa si alterna sul terreno agricolo, della potenza nominale di 22,14 MWp, ottenuta dall'impiego di 33.294 moduli fotovoltaici da 665 Wp da installare su strutture metalliche ad inseguimento di rollio (Est- Ovest) infisse a terra, costituite da inseguitori monoassiali disposti secondo l'asse nord-sud con un interasse di oltre 10,5 m (distanza necessaria all'alternanza con la coltura olivo), per una estensione complessiva di 226.272 mq. Completano l'impianto fotovoltaico un cavidotto interrato di circa 20 km di lunghezza da realizzarsi prevalentemente su strada pubblica e la Stazione di utenza SU di nuova costruzione, connessi alla stazione elettrica esistente denominata "Manfredonia" in località Macchia Rotonda.

Codice	Titolo	Pag. 3 di 21
RVT	Relazione Verifica Trascinamento	

## 2.1.2 Dati di sintesi dell'intervento proposto

### Area 1

		<i>mq</i>	<i>ha/are/ca</i>
<b>(A)</b>	<b>Estensione totale area di analisi</b>	<b>395.455,52</b>	<b>39.54.55</b>
<b>(B)</b>	<b>Estensione area impianto agrivoltaico</b>	<b>382.985,52</b>	<b>38.29.85</b>
<b>(B1)</b>	<b>Estensione componente agricola</b>	<b>195.554,22</b>	<b>19.55.54</b>
	<i>a) Area dedicata alla coltura biologica dell'olivo</i>	<i>157.377,47</i>	<i>15.73.77</i>
	<i>b) Area dedicata a colture ad elevato grado di meccanizzazione diverse dall'olivo</i>	<i>36.566,75</i>	<i>03.65.67</i>
	<i>c) Azienda agricola</i>	<i>1.600,00</i>	<i>00.16.00</i>
<b>(B2)</b>	<b>Estensione componente fotovoltaico</b>	<b>187.441,30</b>	<b>18.74.41</b>
	<i>a) Superfici Totali moduli/tracker</i>	<i>88.575,40</i>	<i>08.85.75</i>
	<i>b) Superfici Totali copertura cabine</i>	<i>343,36</i>	<i>00.03.43</i>
	<i>c) Superfici Totali viabilità interna</i>	<i>35.127,46</i>	<i>03.51.27</i>
	<i>d) Superfici Totali fasce di mitigazione</i>	<i>63.395,08</i>	<i>06.33.95</i>
<b>(C)</b>	<b>Estensione aree vincolate e di rispetto</b>	<b>12.470,00</b>	<b>01.24.70</b>
		<i>%</i>	
<b>(B1/B)</b>	<b>% Componente agricola</b>	<b>51,06%</b>	
<b>(B2/B)</b>	<b>% Componente fotovoltaico</b>	<b>48,94%</b>	

### Area 2

		<i>mq</i>	<i>ha/are/ca</i>
<b>(A)</b>	<b>Estensione totale area di analisi</b>	<b>101.557,10</b>	<b>10.15.57</b>
<b>(B)</b>	<b>Estensione area impianto agrivoltaico</b>	<b>68.907,13</b>	<b>06.89.07</b>
<b>(B1)</b>	<b>Estensione componente agricola</b>	<b>30.075,61</b>	<b>03.00.76</b>
	<i>a) Area dedicata alla coltura biologica dell'olivo</i>	<i>29.441,61</i>	<i>02.94.42</i>
	<i>b) Azienda agricola</i>	<i>634,00</i>	<i>00.06.34</i>
<b>(B2)</b>	<b>Estensione componente fotovoltaico</b>	<b>38.831,52</b>	<b>03.88.32</b>
	<i>a) Superfici Totali moduli/tracker</i>	<i>17.168,80</i>	<i>01.71.69</i>
	<i>b) Superfici Totali copertura cabine</i>	<i>141,68</i>	<i>00.01.42</i>
	<i>c) Superfici Totali viabilità interna</i>	<i>5.460,94</i>	<i>00.54.61</i>

Codice	Titolo	Pag. 4 di 21
RVT	Relazione Verifica Trascinamento	

	<i>d) Superfici Totali fasce di mitigazione</i>	<i>16.060,10</i>	<i>01.60.60</i>
(C)	<b>Estensione aree vincolate e di rispetto</b>	<b>32.649,97</b>	<b>03.26.50</b>
		%	
(B1/B)	<b>% Componente agricola</b>	<b>43,65%</b>	
(B2/B)	<b>% Componente fotovoltaico</b>	<b>56,35%</b>	

### **2.1.3 Ulteriori elementi che caratterizzano il progetto**

Il progetto:

- costituisce un'opera di preminente interesse pubblico, come confermato dalla più recente e autorevole giurisprudenza del Consiglio di Stato, secondo cui “[l]a produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili è infatti un'attività di interesse pubblico che contribuisce anch'essa non solo alla salvaguardia degli interessi ambientali ma, sia pure indirettamente, anche a quella dei valori paesaggistici” (cfr., **Cons. St., IV, Sent. n. 2983/2021**), nonché alla luce **dell'art. 18 del decreto-legge 31 maggio 2021, n. 77**, convertito in Legge 29 luglio 2021, n. 108, un'opera di pubblica utilità strategica per gli obiettivi previsti dal PNRR e approvati in sede euro-unitaria;
- è localizzato in area agricola e **non intercetta vincoli paesaggistici o archeologici**, nonché in un **sito idoneo** ai sensi del d.m. 10.9.2010 e del regolamento regionale n. 24/2010;
- coniuga, **in linea con la normativa di riferimento e le più recenti tendenze regolamentari** (d.m. 10.9.2010, PNRR, articolo 31 del decreto-legge 31 maggio 2021, n. 77, D.G.R. n. 400 del 15.3.2021), l'attività di produzione di energia da fonti rinnovabili con l'attività agricola;

è caratterizzato da **imponenti misure di mitigazione** (tali da costituire un corridoio ecologico coerente con il contesto paesaggistico) e **innovative misure di compensazione ambientale** (consistenti nel recupero di vecchie masserie e nel ripristino ecologico di aree in stato di abbandono).

Codice	Titolo	Pag. 5 di 21
RVT	Relazione Verifica Trascinamento	

### 3 INQUADRAMENTO GENERALE

L'area in cui saranno realizzati gli interventi previsti in progetto ricade a nord-est del territorio di Orta Nova (FG), quasi al confine con Cerignola, a quote variabili comprese tra 40 e 50 m s.l.m.

La figura 3.1 mostra il perimetro dell'area di stretto interesse.

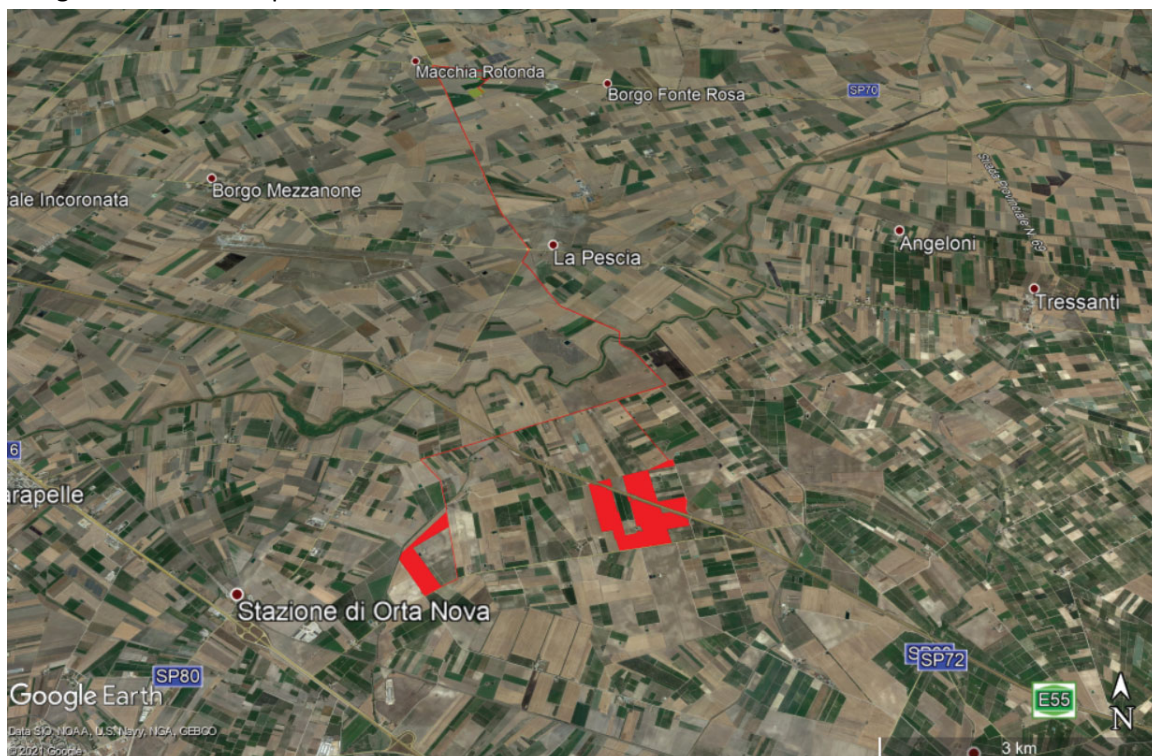


Fig. 3.1 Inquadramento generale su ortofoto.

Cartograficamente l'area rientra nella Tavoleta 422 dell'I.G.M. 1:25.000, riportata nello stralcio in Figura 3.2.

Codice	Titolo	Pag. 6 di 21
RVT	Relazione Verifica Trascinamento	

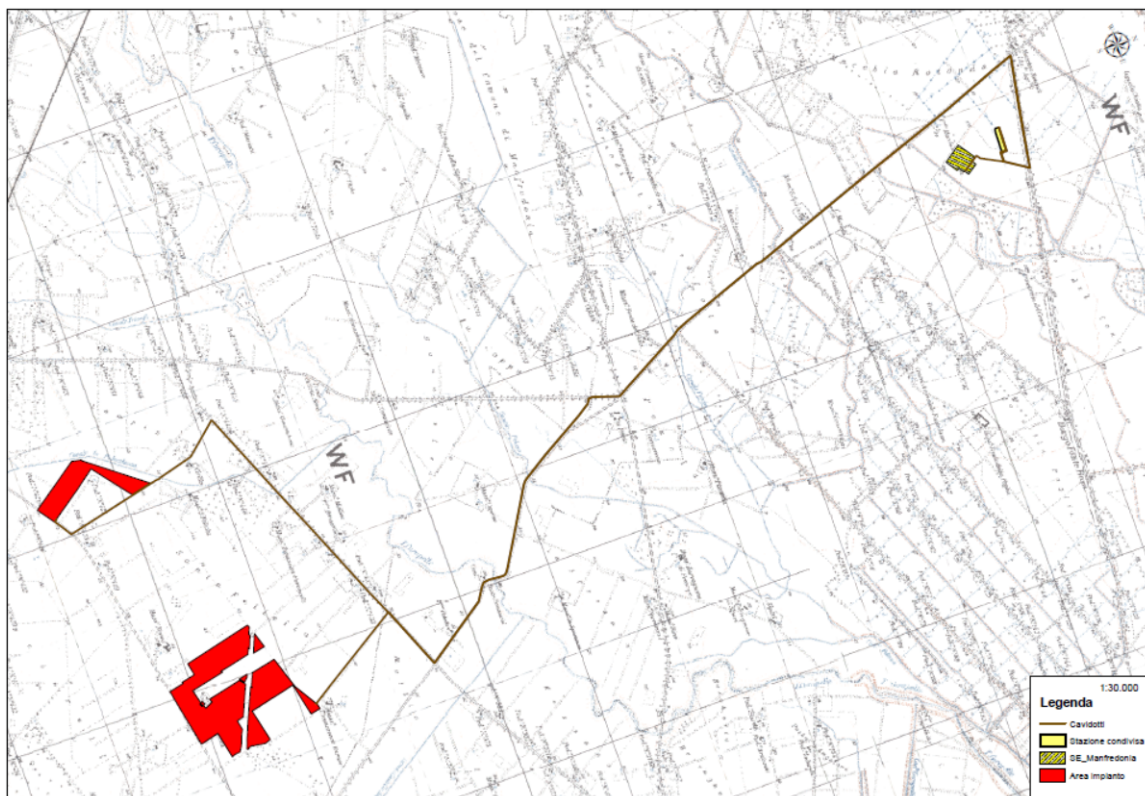


Fig. 3.2 Inquadramento generale su IGM 1:25000.

Gli interventi in progetto con riferimento all'area destinata all'ubicazione dei pannelli **non interferiscono con la viabilità principale** della zona, le superfici interessate risultano essere aree ad uso agricolo, per quanto concerne i cavidotti di progetto questi per quasi tutta la loro estensione saranno posati parallelamente all'asse stradale ed esclusivamente in poche occasioni saranno posati trasversalmente, i questi ultimi casi saranno posati mediante utilizzo della tecnica TOC.

Si specifica che gli studi, oggetto della presente relazione, sono stati condotti tenendo in debito conto quanto riportato dal PAI/Puglia approvato il 30/11/2005, dalle relative Norme Tecniche di Attuazione.

La verifica della presenza del reticolo idrografico è stata condotta mediante sovrapposizione dell'area di intervento con la cartografia IGM in scala 1:25.000, e la carta Idrogeomorfologica elaborata dall'Autorità di Bacino di Puglia, da tale verifica è emerso che l'area attorno alla zona di intervento è solcata da tre importanti fiumi: il Cervaro il Carapelle e l'Ofanto e da tutta una rete di tributari che hanno spesso un deflusso esclusivamente stagionale, tuttavia nella specifica area di interesse con riferimento all'area destinata all'ubicazione dei pannelli non si evincono segni rilevanti dell'idrografia della zona pertanto la stessa **non risulta attraversata da**

Codice	Titolo	
RVT	Relazione Verifica Trascinamento	Pag. 7 di 21



**tratti di reticolo idrografico superficiale** e che pertanto il deflusso si esplica solo per brevi percorsi condizionati sostanzialmente dall'andamento generale delle pendenze. Al contrario per quanto concerne i cavidotti di progetto gli stessi risultano interferire in diverse occasioni con il reticolo idrografico (cfr. **Allegato 1**), per tale ragione si è resa necessaria effettuare la verifica dei fenomeni di erosione a ridosso delle intersezioni tra reticolo idrografico e cavidotti di progetto al fine di individuare l'opportuna profondità di posa. La verifica dei fenomeni di erosione viene presentata nei paragrafi a seguire.

Codice	Titolo	
RVT	Relazione Verifica Trascinamento	Pag. <b>8</b> di 21

#### 4 COMPATIBILITÀ IDROLOGICO - IDRAULICA PAI

Con riferimento al PAI Piano per l'Assetto Idrogeologico della Regione Puglia, l'esame delle perimetrazioni attualmente in vigore, ha rilevato che **le aree interessate dalla localizzazione dei pannelli non interferiscono con alcuna perimetrazione**, contrariamente invece la stazione condivisa risulta ubicata in un'area perimetrata come area a media e bassa pericolosità idraulica (Figura 4.1 – Allegato 2). Relativamente a quest'ultima rilevanza, per la successiva fase progettuale, si propone un approccio risolutivo basato sul concetto di invarianza idraulica secondo cui il volume sottratto all'espandersi della piena deve essere compensato con opere di compensazione di eguale volumetria quali vasche di accumulo e dispersione o simili.

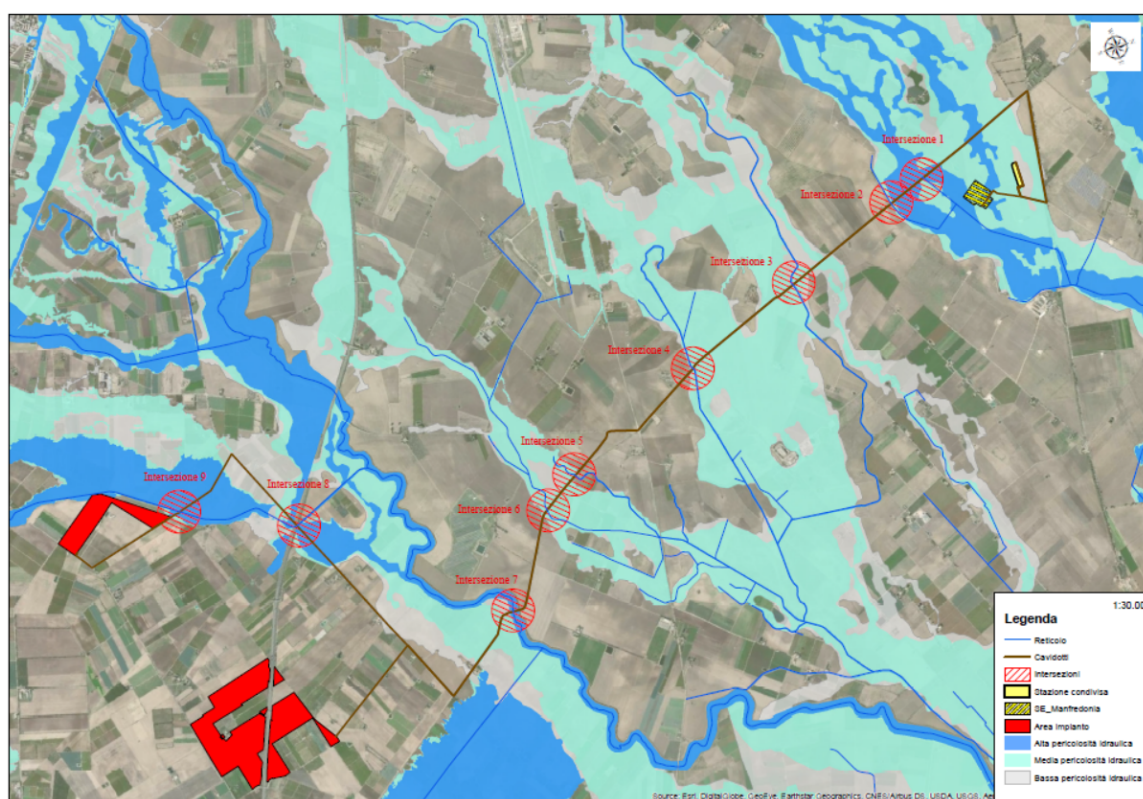


Fig. 4.1 PAI Puglia: Pericolosità idraulica e rischio (fonte AdB Puglia)

Codice	Titolo	Pag. 9 di 21
RVT	Relazione Verifica Trascinamento	

## 5 VERIFICA TRASCINAMENTO E FENOMENI EROSIVI

In questo paragrafo si intende affrontare la problematica dell'erosione causata al seguito del verificarsi di piena bicentenari, come richiesto dall'Autorità di Bacino della Puglia. Tale studio ha il fine di individuare, nel caso di un evento di piena bicentenario, se il terreno è soggetto ad erosione e, nel caso lo fosse, ha il fine di definire, valutando l'entità del materiale mobilizzato dalla spinta idrodinamica dell'acqua, la profondità di posa dei cavidotti in interferenza con i reticoli idrografici garantendo in tal modo la sicurezza degli stessi.

A tale scopo, come accennato in precedenza sulla scorta dell'analisi della Carta Idrogeomorfologica, sono state individuate le intersezioni tra il cavidotto ed il reticolo idrografico (cfr. Allegato grafico).

A tal proposito si riporta una breve descrizione delle interferenze.

### 5.1 Interferenze (n. 1 – n. 6; n. 8 – n.9) impluvi minori

Le interferenze rilevate sono complessivamente 9, 8 si verificano in corrispondenza di corsi d'acqua di minore importanza, corsi d'acqua naturali in terra e non rivestiti, una si verifica invece in corrispondenza di un corso d'acqua naturale in terra ma geometricamente ed idrologicamente importante: il Carapelle. In corrispondenza di quest'ultimo, come meglio descritto nel seguito, è stato effettuato il calcolo della portata di piena relativa al tempo di ritorno di 200 anni ed è stata condotta un'analisi idraulica mediante utilizzo del modello di calcolo hec-ras per la verifica dei tiranti e delle velocità che in esso si instaurano.

Per tutte le intersezioni si è effettuato uno studio dei fenomeni erosivi al fine di determinare, al verificarsi di un evento di piena bicentenario, la profondità massima di erosione. Tale profondità, come richiesto dall'AdB Puglia, dovrà essere incrementata di almeno un metro (franco di sicurezza).

Si precisa che a vantaggio di sicurezza è stato usato un diametro caratteristico cautelativo pari a 0,08 mm pari al passaggio tra limi e sabbia ed è stato usato un peso specifico del materiale molto basso (quindi cautelativo) per sabbie- limose, e pari a  $\gamma_s=1800 \text{ kg/m}^3$ .

### 5.2 Interferenza 7 Carapelle

Come accennato in corrispondenza del Carapelle, corso d'acqua importante e fortemente inciso, al fine di individuare le condizioni di deflusso ed i parametri idraulici caratteristici di tirante idraulico e velocità è stato effettuato uno studio idrologico ed idraulico per l'individuazione della portata di piena avente tempo di ritorno 200 anni e successivamente è stata effettuata l'analisi idraulica.

Per l'analisi idraulica si è utilizzato, il programma di calcolo e modellazione HEC RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System), software prodotto dallo US ARMY

Codice	Titolo	
RVT	Relazione Verifica Trascinamento	Pag. 10 di 21

engineering corps, e reso freeware attraverso internet. Di seguito si illustrano brevemente i contenuti del modello, rimandando ad ogni approfondimento, ai documenti presenti sul sito ufficiale ([www.hec.usace.army.mil](http://www.hec.usace.army.mil)).

HEC-RAS è un programma realizzato per effettuare calcoli idraulici monodimensionali per reticoli idrografici (indifferentemente naturali ed artificiali); il software può lavorare in regime di moto permanente o vario.

Le simulazioni effettuate, per lo studio in oggetto, sono state condotte in regime di moto permanente.

### **5.2.1 Procedure per il calcolo della portata di piena – VAPI Piene**

Sul Bacino del Carapelle è possibile applicare le procedure del VAPI Piene in quanto lo stesso risulta strumentato.

#### 5.2.1.1 Individuazione Bacino idrografico

Il primo passo, per procedere con lo studio idrologico, è quello di individuare il bacino idrografico nella zona d'interesse.

Il bacino idrografico è la superficie topografica dalla quale le acque di pioggia, defluendo naturalmente, confluiscono nella sezione d'interesse chiamata sezione di chiusura. La linea che delimita un bacino idrografico è una linea sempre ortogonale alle curve di livello e passante per i punti singolari di displuvio. La delimitazione dei bacini idrografici è pertanto eseguita mediante utilizzo delle curve di livello e dei punti quotati.

La determinazione del bacino idrografico, consente di passare all'individuazione dei principali parametri morfologici geologici e climatici, utili alla caratterizzazione delle variabili idrologiche utilizzate nei modelli di calcolo per la stima dei deflussi attesi.

La Fig. 5.1 a seguire mostra la delimitazione del bacino idrografico.

Il bacino presenta un'estensione pari a 824 Km<sup>2</sup>.

Codice	Titolo	Pag. 11 di 21
RVT	Relazione Verifica Trascinamento	

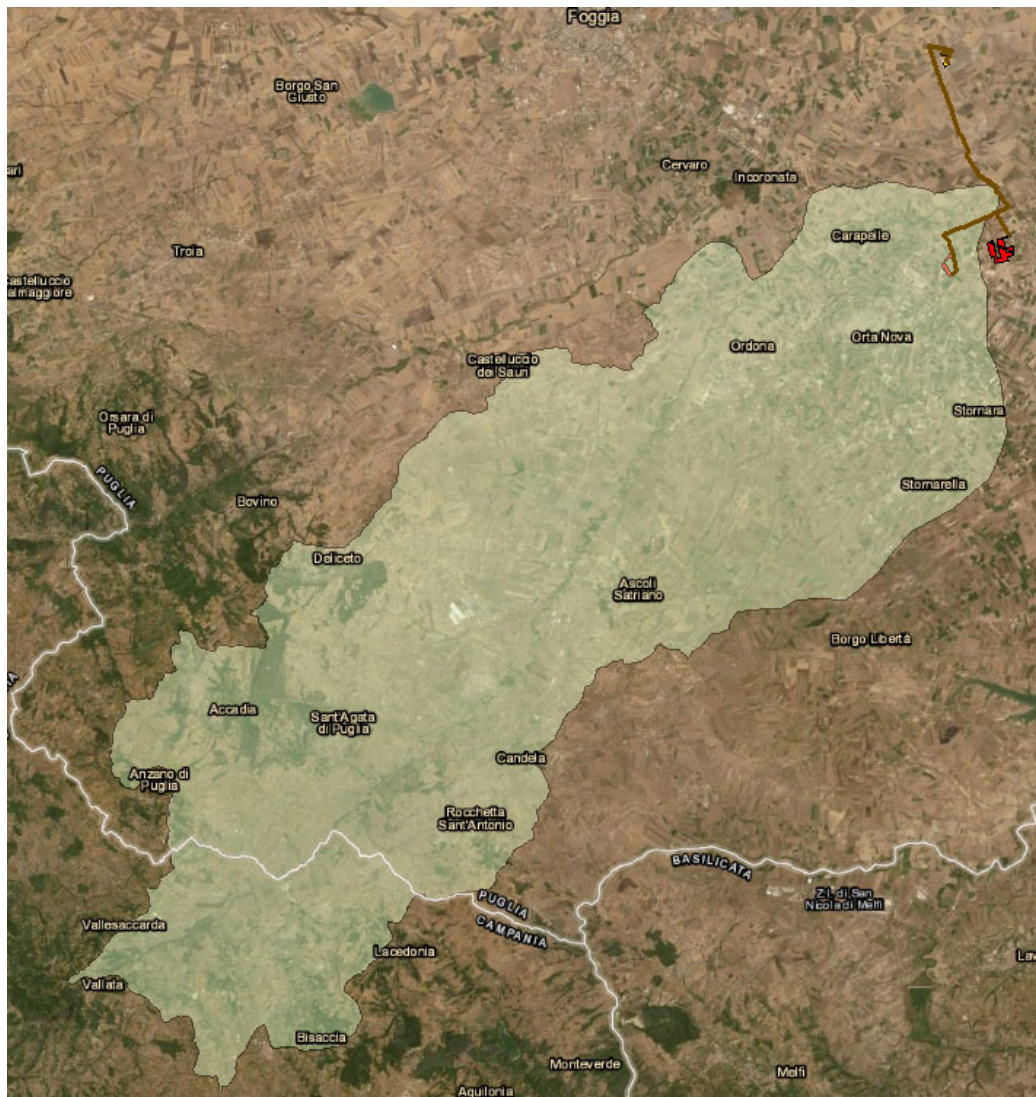


Fig. 5.1 Bacino Carapelle

### 5.2.1.2 Procedure Vapi

Come anticipato in premessa, per il calcolo delle portate di piena è stato adottato il metodo VAPI, in particolare si è fatto riferimento alla valutazione delle piene condotte nell’ambito del VAPI Piene della regione Puglia.

Parte dell’area settentrionale della regione Puglia e parte dell’area centro-settentrionale è interessata dalla presenza di diverse sezioni per le quali sono disponibili le misure di portata al colmo, ove tali misure sono disponibili è stato applicato il VAPI piene secondo quanto di seguito descritto.

Codice	Titolo	Pag. 12 di 21
RVT	Relazione Verifica Trascinamento	

Nel VAPI Puglia, sono disponibili le misure di portata per 20 stazioni (rif. Tab. 10.5 del VAPI Piene) corrispondenti a 20 bacini relativamente ai quali sono anche disponibili i valori del coefficiente probabilistico di piena  $C^*$ , coefficiente tramite cui si considerano le perdite idrologiche dovute principalmente al fenomeno dell'infiltrazione nel suolo ed a quello dell'intercettazione da parte della vegetazione, lo stesso è infatti valutato in funzione della geologia del suolo e della copertura.

Tab. 10.5. Caratteristiche principali delle serie inerenti il terzo livello di regionalizzazione delle piene.

Cod	Sezione	Area (Km <sup>2</sup> )	$\bar{x}$ (m <sup>3</sup> /s)	$t_r(A)$ (h)	$I(t_r)$ (mm/h)	$C^*$	$\frac{A \cdot I(t_r)}{3.6}$
1.0	Ofanto a S.Samuele di Cafiero	2702.8	517.60	17.93	3.70	0.185	2793.5
1.1	Ofanto a Cairano	266.4	208.00	5.67	5.36	0.513	405.3
1.2	Atella a P.te sotto Atella	175.9	61.30	4.32	7.09	0.197	311.2
1.4	Ofanto a Rocchetta S.Antonio	1111.0	436.70	11.52	2.78	0.505	864.1
1.5	Arcidiaconata a P. Rap.-Lavello	123.9	44.90	3.83	7.97	0.164	274.4
1.6	Lapilloso a P.te s.s. 168	28.5	10.40	1.87	14.74	0.086	120.8
1.7	Venosa a P.te Ferroviario	204.0	39.90	4.88	6.29	0.114	350.9
1.8	Venosa a P.te S.Angelo	263.0	55.80	5.56	5.48	0.140	397.6
1.9	Locone a P.te Brandi	219.4	43.30	5.09	6.01	0.118	365.8
2.0	Carapelle a Carapelle	714.9	283.70	9.23	3.31	0.428	662.4
3.0	Cervaro ad Inconata	539.3	215.80	7.99	3.78	0.381	566.5
4.0	Candelaro a Str. Bonifica N.24	1777.9	140.70	14.55	2.79	0.102	1384.2
4.1	Celone a S.Vincenzo	92.5	31.80	3.19	9.70	0.138	231.1
4.3	Celone a P.te Foggia-S.Severo	233.5	45.70	5.50	5.44	0.118	386.8
4.4	Vulgano a P.te Troia-Lucera	94.1	74.70	3.34	8.98	0.319	234.5
4.5	Salsola a Casanova	44.1	45.50	2.26	13.63	0.279	163.2
4.6	Casanova a P.te Lucera-Motta	57.3	27.50	2.49	12.28	0.154	178.4
4.7	Salsola a P.te Foggia-S.Severo	455.4	76.10	7.40	3.94	0.150	506.4
4.8	Triolo a P. Lucera-Torremagg.	55.9	36.50	2.52	17.04	0.143	254.6
4.9	Canale S.Maria	58.1	18.90	2.66	11.43	0.100	189.8

Codice	Titolo	Pag. 13 di 21
RVT	Relazione Verifica Trascinamento	

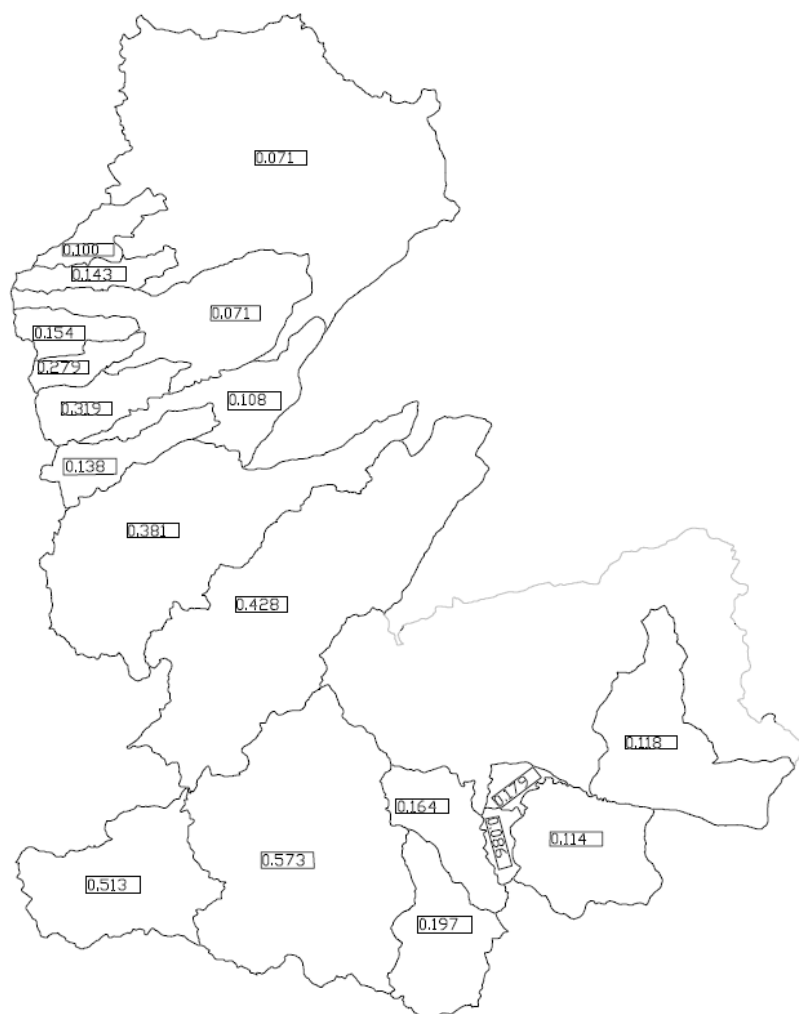


Fig. 10.11. Coefficienti probabilistici di piena (C\*) relativi alle diverse aree delimitate dai bacini idrografici della Puglia Settentrionale sottesi dalle stazioni del S.I.M.I.

Attraverso l'applicazione del VAPI piene è stata calcolata la portata di piena bicentaria, risultata pari a 1435,00 m<sup>3</sup>/s.

### 5.2.2 Modello idraulico interferenza 7

L'applicazione del modello ha riguardato, in prima battuta, la definizione della geometria del reticolo idrografico in oggetto per la quale si è utilizzato il rilievo lidar, nelle disponibilità dello scrivente

Codice	Titolo	Pag. 14 di 21
RVT	Relazione Verifica Trascinamento	

Un'ulteriore analisi ha riguardato le condizioni al contorno. Come riportato nella più volte citata Relazione Generale del PAI, *"in particolare, quando si conduce una verifica idraulica in moto permanente o vario occorre che, agli estremi del tronco oggetto di studio, le condizioni al contorno siano univocamente determinabili"*.

Di seguito si riportano i dettagli del modello idraulico.

Questo modello è stato realizzato per determinare i valori della forza di trascinamento in corrispondenza dell'interferenza denominata "7", tra cavidotto e reticolo.

In figura si riporta lo schema planimetrico del reticolo inserito nel software HEC-RAS.

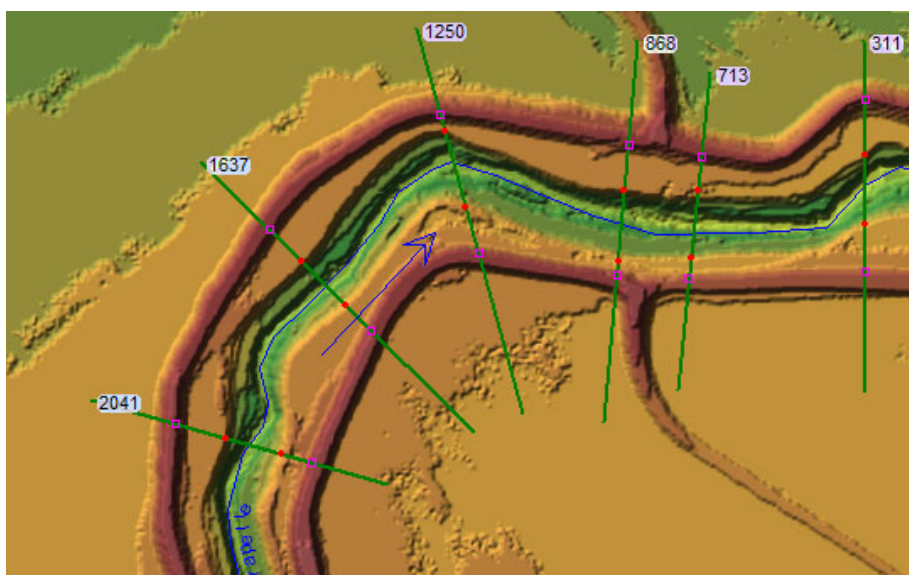


Fig. 5.2 Planimetria modello idraulico

Al fine di individuare le velocità ed i tiranti in corrispondenza dell'interferenza "7" dovuti al transito della portata di piena bicentenaria, è stata condotta una verifica idraulica in condizioni di moto permanente.

In figura si riporta l'input di portata considerato.

Codice	Titolo	Pag. 15 di 21
RVT	Relazione Verifica Trascinamento	



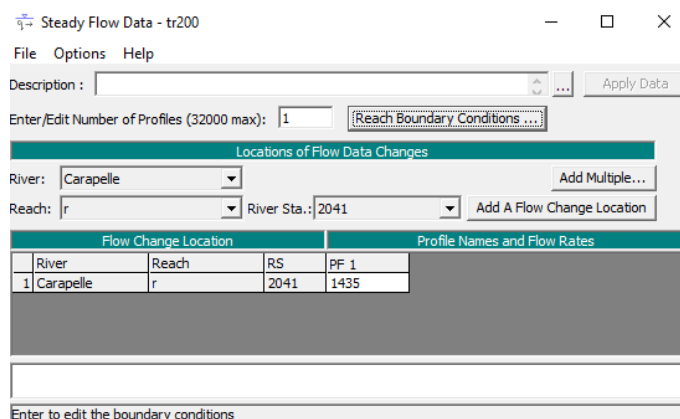


Fig. 5.3 Portata di input inserita nel modello idraulico

Alle sezioni trasversali del canale, a seguito dei sopralluoghi effettuati, si è assegnato un coefficiente di scabrezza di Manning pari a  $0.03 \text{ s/m}^{1/3}$ .

Di seguito si riporta il profilo idraulico del modello.

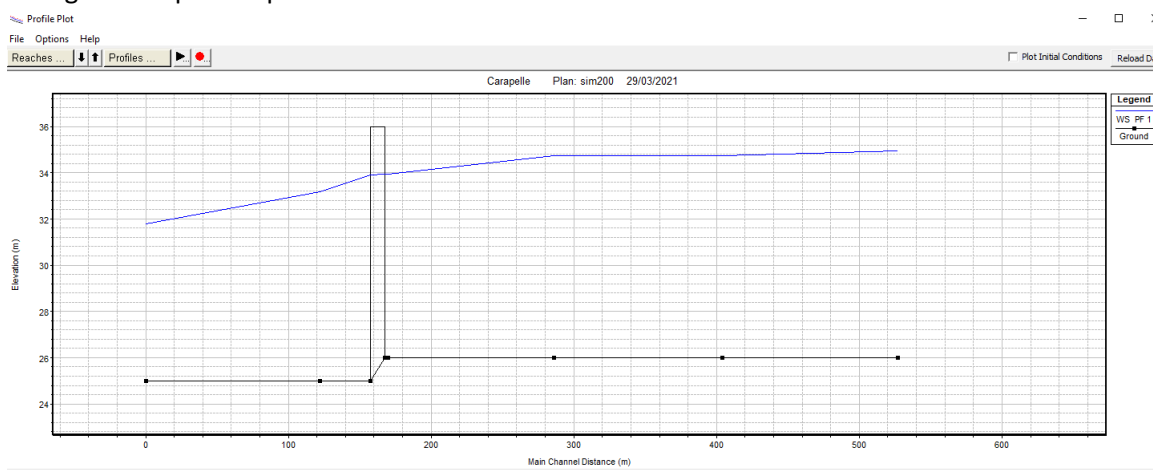


Fig. 5.4 Profilo idraulico

Nella figura seguente infine, si mostra l'output delle aree allagabili ottenuto dal modello per il tempo di ritorno di 200 anni.

Codice	Titolo	Pag. 16 di 21
RVT	Relazione Verifica Trascinamento	

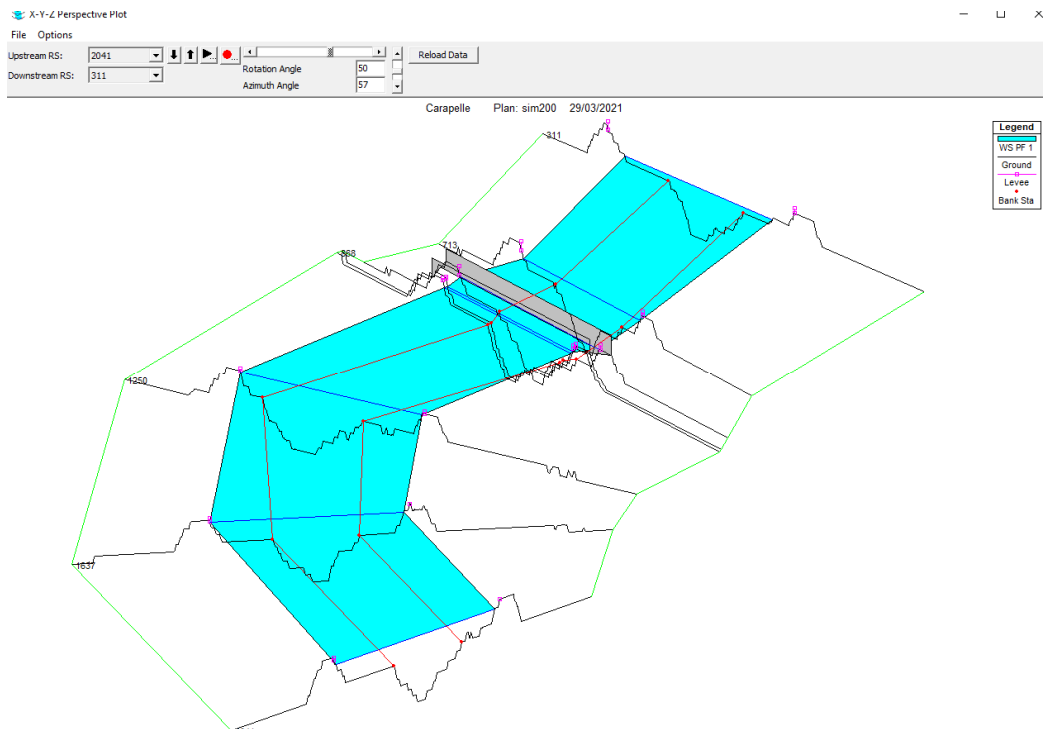


Fig. 5.5 Output del modello planimetria aree allagabili per il tempo di ritorno di 200 anni.

Dai risultati del modello sono stati dedotti i parametri utili al calcolo della profondità di posa secondo le modalità descritte di seguito.

### 5.3 Verifica erosione

Sulla scorta dell'analisi delle interferenze con il reticolo idrografico e le perimetrazioni PAI sono stati individuati i parametri idraulici utili per lo studio dell'erosione quali: tirante idrico  $h$  (m), pendenza media dell'asta principale  $[i_{med}]$ , e velocità della corrente nel punto di verifica.

La Spinta idrodinamica dell'acqua nelle zone di esondazione si esprime con la seguente

$$\tau_0 = \gamma h i$$

Dove

- $\gamma$  rappresenta il peso specifico dell'acqua
- $h$  il tirante idrico
- $i$  la pendenza media

Per definire l'effettivo grado di erosione cui è soggetto il terreno interessato dall'evento di piena si è utilizzata la **teoria di Shields**. Tale teoria si basa sull'ipotesi che la spinta esercitata dalla corrente sulla particella solida è proporzionale alla superficie investita, a sua volta funzione del diametro delle particelle solide e sull'assunzione che la forza resistente dipende

Codice	Titolo	Pag. 17 di 21
RVT	Relazione Verifica Trascinamento	

esclusivamente dalla forma del terreno soggetto ad esondazione. A seguito di tale teoria è stato definito l'Abaco di Shields, nel quale è messo in relazione il parametro di Shields [ $Y_c$ ] con il numero di Reynolds di attrito [ $Re^*$ ]. Tale Abaco assume:

- un andamento lineare decrescente di  $Y_c$  per un [ $Re^* < 1$ ] a flusso laminare;
- un andamento costante per [ $Re^* > 400$ ] con [ $Y_c = 0,056$ ] a flusso turbolento;
- un andamento non lineare di  $Y_c$  per un [ $1 < Re^* < 400$ ] zona intermedia.

Il numero di Reynolds di attrito [ $Re^*$ ] è espresso dalla seguente:

$$Re = \frac{\rho V d}{\mu}$$

Dove

- $\rho$  rappresenta la densità del fluido
- $V$  la velocità del fluido
- $d$  il diametro delle particelle solide
- $\mu$  la viscosità cinematica

Nel caso in esame per tutte le interferenze esaminate il numero di Reynolds risulta superior a 400 pertanto il parametro  $Y_c$  viene posto pari a 0,056.

Definito il parametro di Shields è possibile ricavare la tensione tangenziale di moto incipiente che rappresenta il valore limite delle resistenze del terreno, dopo di cui il materiale subisce erosione.

$$\tau_{cri} = Y_c \times (\gamma_c - \gamma) \times d_{car}$$

Confrontando il valore di tensione tangenziale della spinta idrodinamica dell'acqua nelle zone di esondazione con quella critica del moto incipiente è evidente che il materiale nelle zone di esondazione è soggetto ad erosione, come riepilogato nella tabella seguente.

Intersezione	h [m]	v [m/s]	i [m/m]	$\gamma_w$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\tau$ [kg/m <sup>2</sup> ]	$Re$	$\gamma_s$ [kg/m <sup>3</sup> ]	d [m]	$Y_c$	$\tau_{cri}$ [kg/m <sup>2</sup> ]	$\psi$	$q_s$ [m <sup>3</sup> /sm]	$V_{M mat. Solido}$ [m <sup>3</sup> ]	X [m]
1 - Reticolo	1.00	2.00	0.005	1000	5.00	160000	1800	0.08	0.056	3.58	0.007	0.05	1.00	0.05
2 - Reticolo	3.00	2.00	0.005	1000	15.00	160000	1800	0.08	0.056	3.58	0.007	1.13	1.00	1.13
3 - Reticolo	1.50	2.00	0.020	1000	30.00	160000	1800	0.08	0.056	3.58	0.007	5.25	1.00	5.25
4 - Reticolo	2.00	2.00	0.005	1000	10.00	160000	1800	0.08	0.056	3.58	0.007	0.42	1.00	0.42
5 - Reticolo	1.00	2.00	0.007	1000	6.67	160000	1800	0.08	0.056	3.58	0.007	0.14	1.00	0.14
6 - Reticolo	2.00	2.00	0.005	1000	10.67	160000	1800	0.08	0.056	3.58	0.007	0.50	1.00	0.50
7 - Carapelle	8.00	5.00	0.005	1000	36.92	400000	1800	0.08	0.056	3.58	0.007	8.15	2.50	3.26

Codice	Titolo	Pag. 18 di 21
RVT	Relazione Verifica Trascinamento	

8 - Reticolo	1.00	2.00	0.004	1000	3.75	160000	1800	0.08	0.056	3.58	0.007	0.00	1.00	0.00
9 - Reticolo	2.00	2.00	0.004	1000	8.89	160000	1800	0.08	0.056	3.58	0.007	0.31	1.00	0.31

Tab. 5.1 Verifica fenomeni erosivi e calcolo profondità di posa

#### 5.4 Calcolo profondità di posa

Dopo aver dimostrato, al verificarsi di un'onda di piena con tempo di ritorno di 200 anni, che le zone assoggettate ad esondazione sono soggette ad erosione, si quantifica il materiale eroso al fine di determinare la massima profondità a cui tale erosione può arrivare. A tal fine si utilizza lo studio di Du Boys, le cui equazioni mettono in conto l'eccesso di tensione tangenziale rispetto al valore critico  $\tau_{cri}$ .

Il modello di trasporto proposto da Du Boys considera un volume avente lunghezza, nella direzione del fluido, ed una larghezza d'alveo unitaria. In questo modo è possibile definire la massima profondità a cui può arrivare l'erosione del terreno, definita come portata solida volumetrica. Al fine di definire tale portata solida volumetrica è necessario calcolare il parametro  $\psi$  definito come coefficiente caratteristico del materiale secondo Du Boys e dedotto dalle esperienze di Zeller in funzione del diametro caratteristico del materiale e del suo peso per unità di volume.

**Zeller (1963)**

$[\gamma_s \text{ (kg m}^{-3}\text{)} - d \text{ (mm)}]$

$$\psi = \frac{d * V_s}{2\tau_c^2} = \frac{1,8143}{\gamma_s d^{0,7453}}$$

La portata volumetrica erosa  $q_s$

$$q_s = y t (t - t_{cri})$$

Per passare dalla portata solida volumetrica alla quantità di materiale eroso, facciamo riferimento ad una velocità media del fluido in m/s, desunta dal modello idraulico bidimensionale (involuppo delle velocità); il modello utilizzato da Du Boys considera un volume di osservazione avente lunghezza e larghezza unitaria, quindi l'unica incognita (X) rimane la profondità.

$$V_{mat.solido} = lung * larg * prof = 1 * 1 * X = X m^3$$

È necessario sottolineare alcune delle assunzioni del modello, ossia che il materiale solido a contatto con il fluido assume la stessa velocità e l'andamento della velocità con la profondità decresce linearmente, fino ad una profondità a cui il materiale solido non è soggetto ad erosione. Quindi la velocità del materiale solido eroso varia da quella del fluido al valor nullo.

Codice	Titolo	Pag. 19 di 21
RVT	Relazione Verifica Trascinamento	

$$v_{M mat.solido} = \frac{v_{MAX} + v_{MIN}}{2} = \frac{v_{fluido} + 0}{2}$$

Partendo dalla portata solida volumetrica possiamo ricavare la profondità a cui il materiale è soggetto ad erosione.

$$q_s = v_{M mat.solido} * l arg * prof = 1 * 1 * X = X m^3$$

$$X = \frac{q_s}{v_{M mat.solido} * l arg}$$

In base al modello di trasporto, sopra citato, la portata volumetrica è stata calcolata con una lunghezza e larghezza unitaria tale da rendere incognita solo la profondità del volume trasportato. Quest'ultima, dunque coinciderà con la profondità (in metri) della materia erosa

Pertanto di seguito si riporta la sintesi dei risultati; la "profondità da calcolo" rappresenta la massima erosione dal piano campagna già comprensiva di 1 m di franco, così come richiesto dall'Autorità di Bacino della Puglia. Possiamo quindi definire il materiale al di sotto di tale profondità stabile e non soggetto ad alcun tipo di erosione.

Si sottolinea che nello studio dei fenomeni erosivi condotto, si è ipotizzato il terreno di tipo monogranulare. La presenza, invece, di materiale più grossolano anche se in quantità minori, tende a fornire un effetto di schermatura sulle particelle fini. In considerazione di tale erosione selettiva sarebbe stato possibile introdurre parametri correttivi che in questa analisi sono stati omessi, quindi si ritiene che tale studio sia cautelativo.

In sintesi, anche dove l'erosione è trascurabile si è fissata una distanza tra fondo canale e generatrice superiore del tubo di protezione pari ad 1.50 metri, scelta per un'ulteriore sicurezza dal punto di vista geomorfologico. La tabella seguente riassume i risultati delle verifiche, indicando come "profondità di progetto" la distanza da garantire tra fondo canale e generatrice superiore della condotta.

Intersezione	X [m]	Franco AdB [m]	Profondità calcolata [m]	Profondità progetto [m]
1 - Reticolo	0.05	1.00	1.05	<b>1.10</b>
2 - Reticolo	1.13	1.00	2.13	<b>2.15</b>
3 - Reticolo	5.25	1.00	6.25	<b>6.30</b>
4 - Reticolo	0.42	1.00	1.42	<b>1.45</b>
5 - Reticolo	0.14	1.00	1.14	<b>1.15</b>
6 - Reticolo	0.50	1.00	1.50	<b>1.60</b>

Codice	Titolo	Pag. 20 di 21
RVT	Relazione Verifica Trascinamento	

7 - Carapelle	3.26	1.00	4.26	<b>4.30</b>
8 - Reticolo	0.00	1.00	1.00	<b>1.10</b>
9 - Reticolo	0.31	1.00	1.31	<b>1.35</b>

Tab. 5.2 Profondità di posa cavidotti di progetto

**Nel complesso le opere in progetto risultano avere impatto nullo sui deflussi superficiali che interessano l'area. Le modalità costruttive brevemente descritte, infatti, garantiscono la minima interferenza tra deflussi ed opere stesse la cui presenza non altera i naturali processi di ruscellamento.**

**Le opere pertanto risultano compatibili dal punto di vista idrologico-idraulico.**

Codice	Titolo	Pag. <b>21</b> di 21
RVT	Relazione Verifica Trascinamento	