

# Elements Green Demetra S.r.l.

## REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DENOMINATO "SASSARI 4" CON PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEL COMUNE DI SASSARI (SS)

### Tecnico

dott. Giovanni Paolo OTTOMANELLI

ELABORATO		TITOLO	COMMESSA	TIPOLOGIA	
<b>C07</b>		<b>VERIFICA IDRAULICA</b>	<b>22166</b>	<b>D</b>	
			CODICE ELABORATO		
			<b>DC22166D-C07</b>		
REVISIONE		Tutte le informazioni tecniche contenute nel presente documento sono di proprietà esclusiva della Studio Tecnico BFP S.r.l e non possono essere riprodotte, divulgate o comunque utilizzate senza la sua preventiva autorizzazione scritta. All technical information contained in this document is the exclusive property of Studio Tecnico BFP S.r.l. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. (art. 2575 c.c.)	SOSTITUISCE	SOSTITUITO DA	
<b>00</b>			-	-	
			NOME FILE	PAGINE	
			<b>DC22166D-C07.doc</b>	<b>29 + copertina</b>	
REV	DATA		MODIFICA	Elaborato	Controllato
00	giugno 23	Emissione	Ottomanelli	Ottomanelli	Ottomanelli
01					
02					
03					
04					
05					
06					

# REGIONE SARDEGNA



*COMUNE di*  
**SASSARI**



## STUDIO GEOLOGICO PER MESSA IN OPERA DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO

**Committenza:** ELEMENTS GREEN DEMETRA S.R.L.

**Località:** SP EXSS291 – STR. VICINALE BADDE REBUDDU – SASSARI (SS) - 07100

**VERIFICA IDRAULICA**



# GeoTechnology

**IL GEOLOGO**

Dott. Giovanni Paolo Ottomanelli



**DATA:** GIUGNO 2023

Rev. 1



## SOMMARIO

<b>1. PREMESSA</b>	Pag. 02
<b>2. MODELLAZIONE IDRAULICA</b>	Pag. 03
<b>3. METODO UTILIZZATO</b>	Pag. 05
<b>4. ANALISI IDRAULICA</b>	Pag. 12
<b>5. RISULTATI DELL'ANALISI IDRAULICA</b>	Pag. 20

## 1. PREMESSA

Il sottoscritto:

- Geologo Ottomanelli Giovanni Paolo nato a Bari (BA) il 25/08/1980 (C.F. **TTMGNN80M25A662M**) e residente in Bari (BA) alla Via Vito Vittorio Lenoci n° 4, iscritto all'Albo Professionale dell'*Ordine dei Geologi della Regione Puglia* al n° **877** - sez. A "**Geologi Specialisti**",

con **STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA** avente sede in BARI (BA) alla Via Vittorio Lenoci n° 4, il quale ha eseguito uno studio di carattere geologico - tecnico nel tenimento del Comune di **SASSARI** a corredo del Progetto denominato "**STUDIO GEOLOGICO PER MESSA IN OPERA DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO**" su incarico del committente **ELEMENTS GREEN DEMETRA S.R.L.**

È stato effettuato un primo sopralluogo per constatare lo stato di fatto della zona di studio.

In seguito, sono stati compiuti ulteriori sopralluoghi, sia sull'area interessata dall'intervento che nelle aree adiacenti, allo scopo di ottenere una visione globale del territorio in cui si trova la zona interessata.

Lo studio idrogeologico ed idraulico è stato così strutturato:

1. studio morfologico e litologico del bacino sotteso, con la caratterizzazione del reticolo idrografico;
2. quantificazione idrologica dei deflussi;
3. simulazione idraulica delle portate transienti con l'impiego del codice **HEC – RAS** secondo lo schema di moto permanente monodimensionale

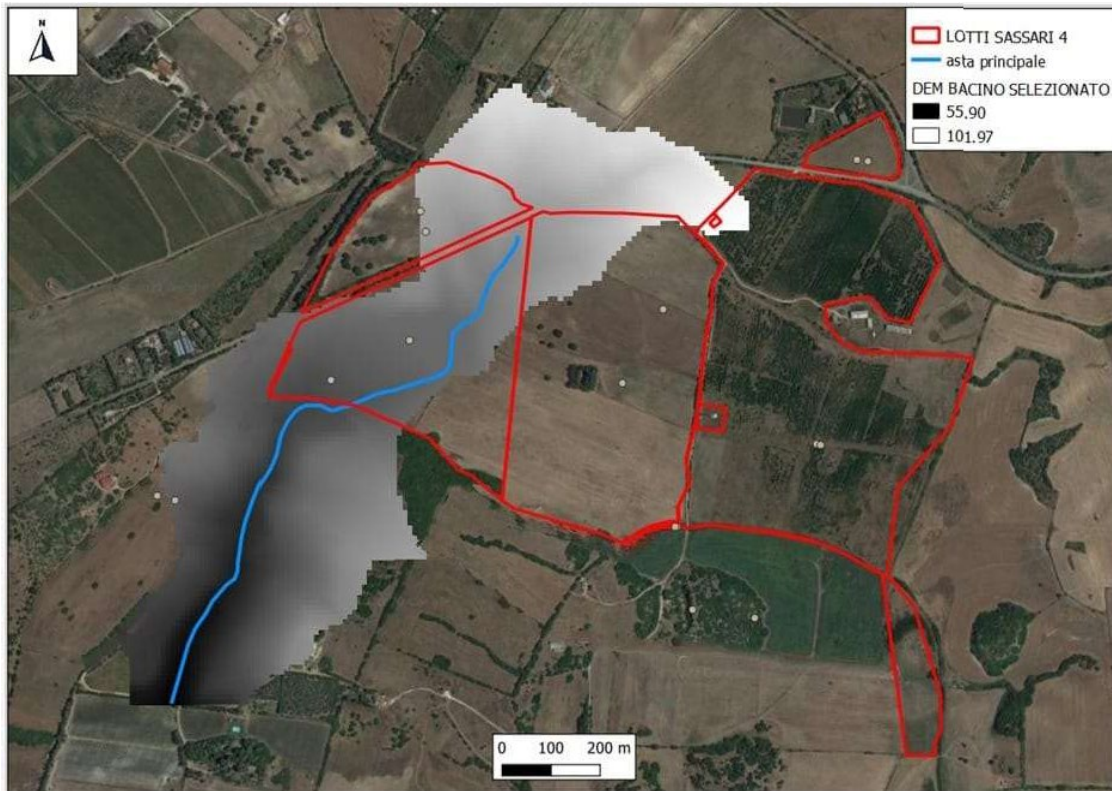
## 2. MODELLAZIONE IDRAULICA

### LOTTO 3

L'area di studio è ubicata nel tenimento del territorio comunale di Sassari (SS) ed è interessata da un impluvio che raccoglie le acque di ruscellamento superficiali di un'area di circa 0.558 km<sup>2</sup>.

È presente un reticolo idrografico superficiale con una serie di fossi di ruscellamento a carattere torrentizio e di canali artificiali di deflusso delle acque meteoriche, con alvei secchi per gran parte dell'anno.

Le acque superficiali che scorrono lungo i versanti se non regimate esercitano un modellamento degli stessi con l'erosione e con processi di imbibizione dei termini più allentati delle porzioni superficiali.



***Fig. 1a: Identificazione del bacino idrografico 1 a nord***

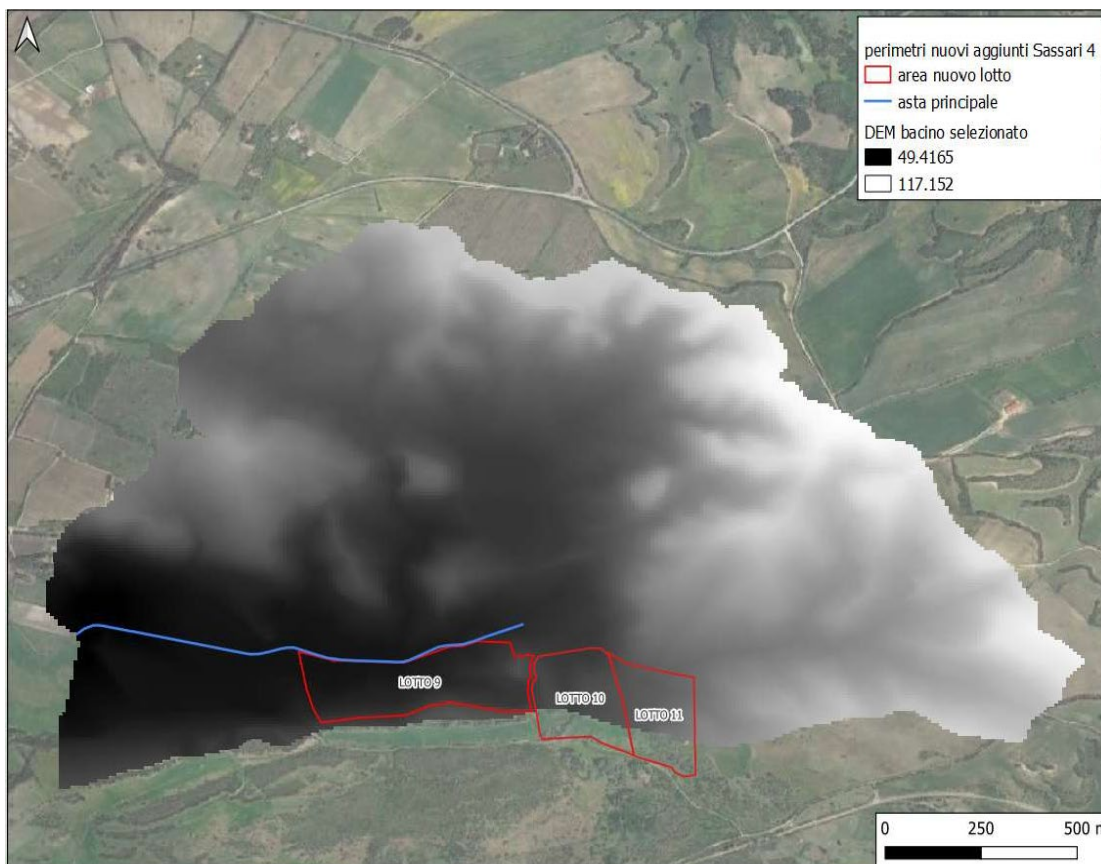
DOTT. GEOL. OTTOMANELLI GIOVANNI PAOLO  
specializzato in GEOLOGIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA E ALL'AMBIENTE  
iscritto all'Albo Professionale dell'Ordine dei Geologi della Regione Puglia al n° 877 - sez. A.

## LOTTO 9

L'area di studio è ubicata nel tenimento del territorio comunale di Sassari (SS) ed è interessata da un impluvio che raccoglie le acque di ruscellamento superficiali di un'area di circa 2,994 km<sup>2</sup>.

È presente un reticolo idrografico superficiale con una serie di fossi di ruscellamento a carattere torrentizio e di canali artificiali di deflusso delle acque meteoriche, con alvei secchi per gran parte dell'anno.

Le acque superficiali che scorrono lungo i versanti se non regimate esercitano un modellamento degli stessi con l'erosione e con processi di imbibizione dei termini più allentati delle porzioni superficiali.



**Fig. 1b: Identificazione del bacino idrografico 2 a sud.**



### 3. METODO UTILIZZATO

Per la determinazione delle portate al colmo di piena si è proceduto alla stima delle stesse, utilizzando il metodo del *Soil Conservation Service Runoff Curve Number (CN)*;

Di seguito si espongono i risultati di cui si tratta in questa relazione di verifica idraulica e le considerazioni emerse dallo studio effettuato.

#### **CALCOLO DELLE PORTATE - METODO RUNOFF CURVE NUMBER**

Secondo questo metodo, la stima del deflusso superficiale è effettuata come differenza fra volumi di precipitazione e perdite; in queste ultime si inglobano, oltre alle perdite per infiltrazione anche quelle per intercettazione da parte delle piante, per accumulo sulle depressioni superficiali e per l'imbibizione iniziale del terreno.

I parametri di tale modello sono stati calibrati sulla scorta di prove di laboratorio e di misure di campo su un gran numero di bacini di diverse dimensioni negli Stati Uniti in relazione con i diversi tipi pedologici e di uso del suolo di ciascun bacino.



Il volume di deflusso  $V$  (netto) si esprime come:

$$V = \frac{(P - 0,2 \cdot S)^2}{(P + 0,8 \cdot S)}$$

in cui:

$P$ : *Volume di precipitazione lorda*

$S = 25,4 \cdot \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right)$ : *Massimo volume di saturazione del terreno*

$CN$  è legato a:

- *tipologia litologica del suolo*
- *uso del suolo*
- *grado di umidità del suolo prima dell'evento meteorico esaminato*
- *stagione vegetativa.*

Il metodo  $CN$  consente la ricostruzione dell'idrogramma di piena in corrispondenza di un dato evento di pioggia o, più semplicemente, consente la determinazione del valore di portata al colmo di piena, attraverso la relazione:

$$Q = 0,208 \cdot \frac{V \cdot A}{t_a}$$

I fattori indicati rappresentano:

$V$ : Volume di deflusso netto in mm (espressione precedente)

$A$ : Area del bacino in  $\text{km}^2$ ,

$t_a$ : durata della fase crescente dell'idrogramma di piena in ore.



Per la valutazione di  $t_a$  si utilizza la relazione sperimentale:

$$t_a = \frac{t_L}{0,9},$$

dove  $t_L$  è il tempo di ritardo del bacino che può essere determinato in base alla relazione di

Mockus:

$$t_L = 0,342 \frac{L^{0,8}}{s^{0,5}} \cdot \left( \frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0,7},$$

dove:

- $L$  = lunghezza dell'asta principale in km;
- $s$  = è la pendenza del bacino espressa in %.

La pioggia critica  $P$ , ovvero la pioggia che massimizza la portata al colmo di piena in corrispondenza di un assegnato periodo di ritorno  $T$ , si determina come la pioggia avente durata pari al tempo di corrivazione del bacino, utilizzando le curve di possibilità pluviometrica; anche per tale durata, il metodo propone una relazione sperimentale:

$$\frac{t_L}{t_c} = 0,6.$$



Il metodo propone quattro gruppi idrologici di suolo (V. Ferro, “*La sistemazione dei bacini idrografici*” 2006):

<b>TIPO IDROLOGICO DI SUOLO</b>	<b>DESCRIZIONE</b>
<b>A</b>	<b><u>Bassa capacità di formazione del deflusso.</u></b> Suoli con elevata infiltrabilità anche in condizioni di completa saturazione. Si tratta di sabbie o ghiaie profonde molto ben drenate. La conducibilità idrica alla saturazione è elevata
<b>B</b>	<b><u>Suoli con modesta infiltrabilità se saturi</u></b> Discretamente drenati e profondi, sono caratterizzati da una tessitura medio-grossa e da una conducibilità idrica non molto elevata
<b>C</b>	<b><u>Suoli con bassa infiltrabilità se saturi</u></b> Sono per lo più suoli con uno strato che impedisce il movimento dell'acqua verso il basso (a drenaggio impedito) oppure suoli con tessitura medio-fine a bassa infiltrabilità. La conducibilità idrica è bassa
<b>D</b>	<b><u>Suoli ad elevata capacità di formazione del deflusso</u></b> Appartengono a questo gruppo i suoli ricchi di argilla con capacità rigonfianti, i suoli con uno strato di argilla presso la superficie, i suoli poco profondi su substrati impermeabili. La conducibilità idrica è estremamente bassa.
<b>Classificazione dei suoli in base alle potenzialità di formazione del deflusso superficiale</b>	



## CLASSI AMC (*ANTECEDENT MOISTURE CONDITION*)

Per tener conto dello stato iniziale di umidità del suolo, sono state individuate tre classi caratterizzate da differenti condizioni iniziali di umidità (*AMC*) a seconda del valore assunto dall'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni precedenti l'evento meteorico e della stagione vegetativa:

<b>Periodo vegetativo</b>	<b>Riposo vegetativo</b>	<b>Classe AMC</b>
Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento <b>&lt; 35 mm</b>	Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento <b>&lt; 13 mm</b>	<b>Classe I (Secca)</b>
Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento <b>35 mm ÷ 53 mm</b>	Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento <b>13 mm ÷ 28 mm</b>	<b>Classe II (Media)</b>
Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento <b>&gt; 53 mm</b>	Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento <b>&gt; 28 mm</b>	<b>Classe III (Umida)</b>
<b>Classi di AMC (fonte: V. Ferro – La sistemazione dei bacini idrografici – 2006)</b>		

In base all'uso del suolo, è proposta la seguente classificazione (fonte: V. Ferro “*La sistemazione dei bacini idrografici*” 2006):



Destinazione	Sistemazione	Condizione idrica	CLASSE DI SUOLO			
			A	B	C	D
Incolto			77	86	91	94
Coltivazioni in filari	Rittochino	Povera	72	81	88	91
		Buona	67	78	85	89
	Girapoggio	Povera	70	79	84	88
		Buona	65	75	82	86
	Terrazzato	Povera	66	74	80	82
		Buona	62	71	78	81
Cereali da granella	Rittochino	Povera	65	76	84	88
		Buona	63	75	83	87
	Girapoggio	Povera	63	74	82	85
		Buona	61	73	81	84
	Terrazzato	Povera	61	72	79	82
		Buona	58	70	78	81
Prati di leguminose o a rotazione	Rittochino	Povera	66	77	85	89
		Buona	58	72	81	85
	Girapoggio	Povera	64	75	83	85
		Buona	55	69	78	83
	Terrazzato	Povera	63	73	80	83
		Buona	51	67	76	80
Prato permanente		Buona	30	58	71	78
Boschi		Povera	45	66	77	83
		Discreta	36	60	73	79
		Buona	25	55	70	77
Strade sterrate			74	84	90	92
Superfici impermeabili e superfici d'acqua			100	100	100	100



## DETERMINAZIONE DEL CN

Classificazione in base alla geolitologia	Classificazione in base all'Uso del Suolo	CN(II)
Depositi alluvionali eterogenei <b>CLASSE DI PERMEABILITÀ ELEVATA</b> <b>CLASSE DI SUOLO A</b>	OLIVETI (Superfici coltivate in filari)	<b>72</b>
	AREE AGRICOLE CESPUGLIATE (Boschi, condizione idrica discreta)	<b>36</b>
	CEDUI CASTANILI DA FRUTTO (Boschi, condizione idrica discreta)	<b>36</b>
Depositi alluvionali eterogenei <b>CLASSE DI PERMEABILITÀ ELEVATA</b> <b>CLASSE DI SUOLO A</b>	OLIVETI (Superfici coltivate in filari)	<b>81</b>
	AREE AGRICOLE CESPUGLIATE (Boschi, condizione idrica discreta)	---
	CEDUI CASTANILI DA FRUTTO (Boschi, condizione idrica discreta)	---
<b>Valori del CN (II) - Curve Number in condizioni medie di umidità</b>		<b>67,44</b>

Ai fini del calcolo delle portate di verifica, a vantaggio di sicurezza, si assumono condizioni elevate di umidità del suolo; pertanto, il parametro *CN* corrisponde al *CN (III)*:

$$F_{III} = 3,4212 - 1,1999 \log CN(II) = 1,23 \text{ (Fattore di correzione per condizione umida)}$$

## 4. ANALISI IDRAULICA

L'analisi è stata effettuata utilizzando il software *HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System)*. *HEC-RAS* è un modello di calcolo monodimensionale che consente la simulazione dei flussi idrici ed il calcolo del profilo del pelo libero della corrente.

Il lavoro si è articolato come di seguito indicato:

1. input dei dati geometrici;
2. inserimento dei dati inerenti le portate di verifica;
3. definizione delle condizioni al contorno;
4. esecuzione della modellazione.

Si riporta di seguito il tracciato geometrico, il profilo longitudinale e le sezioni caratteristiche del tratto di canale analizzato dell'impluvio.

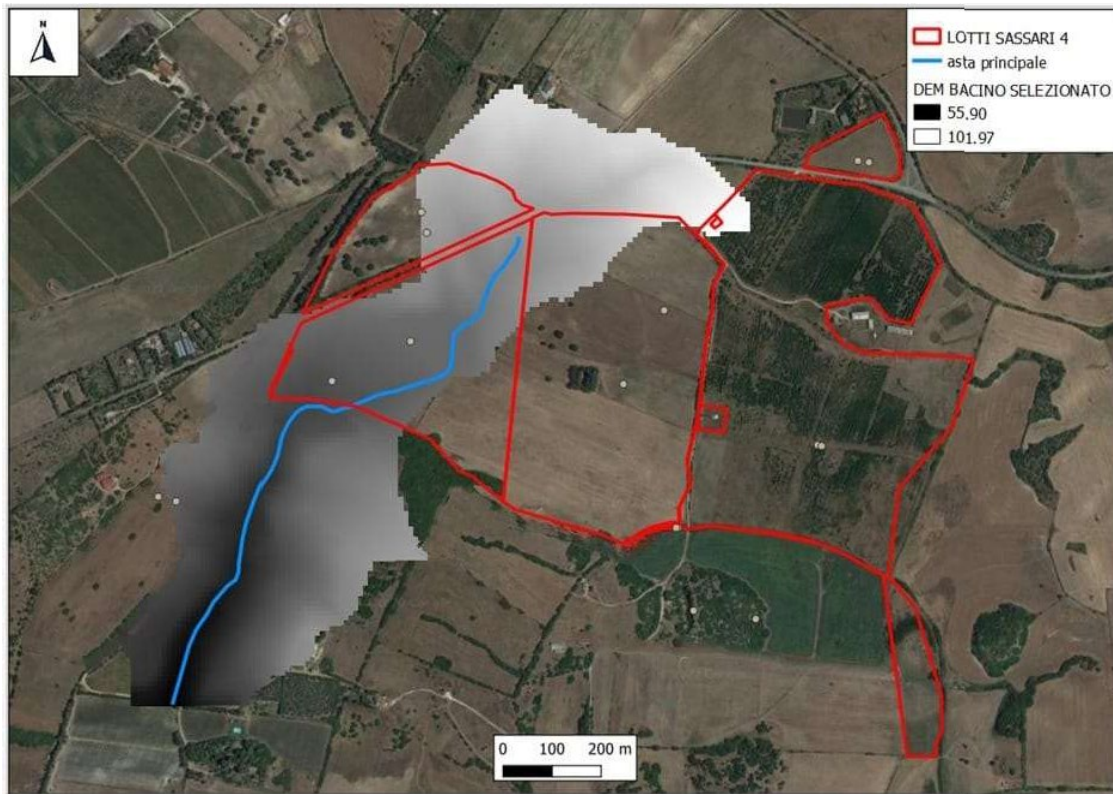
Per tutte le sezioni esaminate è stato assunto come coefficiente di Manning pari a 0.045 scaturito dallo studio analitico dei luoghi eseguito secondo l'equazione di Cowan:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) m_5 \quad \text{dove:}$$

- $n_0$  = la quota parte di scabrezza corrispondente ad un alveo rettilineo con andamento uniformeregolare;
- $n_1$  = il valore aggiuntivo che tiene conto delle irregolarità della superficie dell'alveo;
- $n_2$  = il contributo alla scabrezza dovuto alle variazioni di forma e dimensioni delle sezioni trasversali lungo il tratto in esame;
- $n_3$  = il valore tiene conto di ostruzioni quali detriti, alberi morti, ecc;
- $n_4$  = il contributo dovuto alla presenza di vegetazione;
- $m_5$  = un fattore di correzione per alveo meandriforme;

I coefficienti di espansione e contrazione assunti, sono compresi tra 0,1 e 0,3 (infatti, non ci sono bruschi cambiamenti di sezione).

## Caratteristiche morfometriche del bacino 1 a nord



*Fig.2: Bacino 1 nord e asta principale di verifica selezionati*

BACINO 1 a nord			
Superficie del bacino	<b>A</b>	0.558	Km <sup>2</sup>
Lunghezza percorso idraulico principale	<b>L</b>	1296	m
Pendenza media bacino	<b>Pb</b>	0.060	m/m
Pendenza media asta	<b>Pa</b>	0.020	m/m
Altitudine media bacino	<b>H<sub>m</sub></b>	77.6	m (s.l.m.)
Altitudine massima bacino	<b>H<sub>max</sub></b>	101.97	m (s.l.m.)
Altitudine minima bacino	<b>H<sub>min</sub></b>	55.91	m (s.l.m.)

Per il bacino si riporta di seguito la tabella con le principali caratteristiche geomorfologiche e i principali parametri di riferimento utilizzati per la definizione delle portate di progetto.

DOTT. GEOL. OTTOMANELLI GIOVANNI PAOLO  
 specializzato in GEOLOGIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA E ALL'AMBIENTE  
 iscritto all'Albo Professionale dell'Ordine dei Geologi della Regione Puglia al n° 877 - sez. A.



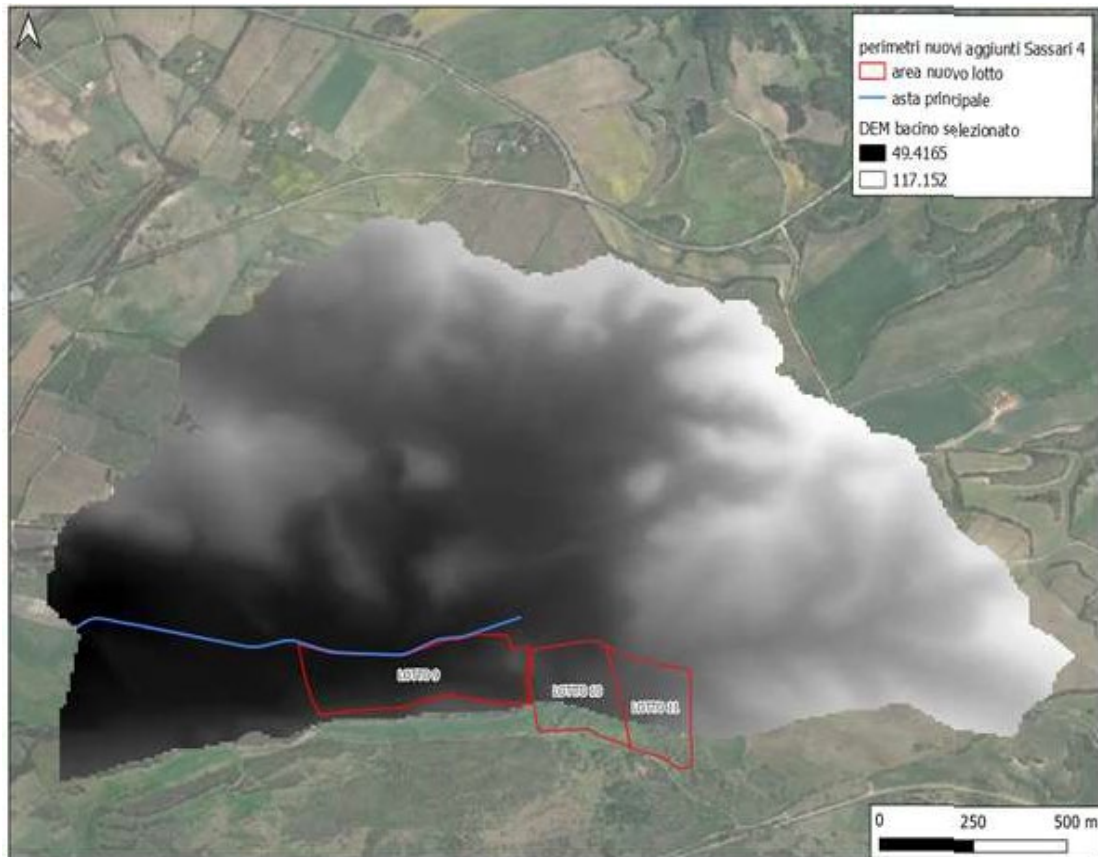
BACINO 1 NORD		
Area =	0.558	(area bacino in km <sup>2</sup> )
slope (s) =	0.060	(pendenza del bacino espressa in m/m)
L =	1296	(lunghezza asta principale espressa in m)
CNII =	91	<i>Curve Number</i>
CNIII =	97.41971	

Per quanto attiene la stima del *CN* (*Curve Number*) da utilizzarsi per il calcolo delle portate di piena, si è utilizzata la formula relativa alla media pesata tra le aree in relazione alla loro uso del suolo. A fini cautelativi, il gruppo idrologico considerato è il **Tipo D**, a conducibilità estremamente bassa in quanto su tutto il bacino idrografico affiorano litologie riferibili a coltri eluvio-colluviali sabbiose limo-argillose.

L'analisi della distribuzione delle coperture vegetali è sintetizzata nella seguente tabella utilizzata per il calcolo del CN.



## Caratteristiche morfometriche del bacino 2 a sud



*Fig.3 Bacino 2 sud e asta principale di verifica selezionati*

BACINO 2 a sud			
Superficie del bacino	<b>A</b>	2.994	Km <sup>2</sup>
Lunghezza percorso idraulico principale	<b>L</b>	1217.0	m
Pendenza media bacino	<b>Pb</b>	0.075	m/m
Pendenza media asta	<b>Pa</b>	0.009	m/m
Altitudine media bacino	<b>H<sub>m</sub></b>	75.92	m (s.l.m.)
Altitudine massima bacino	<b>H<sub>max</sub></b>	117.04	m (s.l.m.)
Altitudine minima bacino	<b>H<sub>min</sub></b>	49.42	m (s.l.m.)



Per il bacino si riporta di seguito la tabella con le principali caratteristiche geomorfologiche e i principali parametri di riferimento utilizzati per la definizione delle portate di progetto.

BACINO 2 SUD		
Area =	2.994	(area bacino in km <sup>2</sup> )
slope (s) =	0.075	(pendenza del bacino espressa in m/m)
L =	1217	(lunghezza asta principale espressa in m)
CNII =	90.9519	<i>Curve Number</i>
CNIII =	97.39327	

Per quanto attiene la stima del *CN* (*Curve Number*) da utilizzarsi per il calcolo delle portate di piena, si è utilizzata la formula relativa alla media pesata tra le aree in relazione alla loro uso del suolo. A fini cautelativi, il gruppo idrologico considerato è il **Tipo D**, a conducibilità estremamente bassa in quanto su tutto il bacino idrografico affiorano litologie riferibili a coltri eluvio-colluviali sabbiose limo-argillose.

L'analisi della distribuzione delle coperture vegetali è sintetizzata nella seguente tabella utilizzata per il calcolo del CN.



## BACINO 1 NORD

id	TIPO DI COPERTURA	TIPO DI SUOLO		D	CN II	CN I	CN III
		CN	AREA (mq)				
	TERRENO COLTIVATO				91	79.96716	97.41971
1	Senza trattamento di conservazione	91		0.5580			
2	Con interventi di conservazione	81		0.000			
	TERRENO DA PASCOLO						
3	Cattive condizioni	89		0.000			
4	Buone condizioni	90		0.000			
	PRATERIE						
5	Buone condizioni	78		0.000			
	TERRENI BOSCOSSI O FORESTATI						
6	Terreno sottile, sottobosco povero senza foglie	83		0.000			
7	Sottobosco e copertura buoni	77		0.000			
	SPAZI APERTI, PRATI RASATI, PARCHI						
8	Buone condizioni con copertura erbosa	80		0.000			
9	Condizioni normali, copertura erbosa intorno al 50%	84		0.000			
10	AREE COMMERCIALI	95		0.000			
11	DISTRETTI INDUSTRIALI	93					
	AREE RESIDENZIALI						
12	Impermeabilità media	92					
13	65	87		0.000			
14	38	86		0.000			
15	30	85		0.000			
16	25	84		0.000			
17	PARCHEGGI IMPERMEABILIZZATI	98		0.000			
	STRADE						
18	Pavimentate	100		0.000			
19	Inghiaiate	91		0.000			
20	In terra battuta	89		0.000			
				<b>0</b>			
				<b>0.5580</b>			



## BACINO 2 SUD

id	TIPO DI COPERTURA	TIPO DI SUOLO			CN II	CN I	CN III
		CN	AREA (mq)	AREA (kmq)			
	TERRENO COLTIVATO				90,9519	79,89707	97,39327
1	Senza trattamento di conservazione	91		2,976			
2	Con interventi di conservazione	81		0,000			
	TERRENO DA PASCOLO						
3	Cattive condizioni	89		0,000			
4	Buone condizioni	90		0,000			
	PRATERIE						
5	Buone condizioni	78		0,000			
	TERRENI BOSCOSI O FORESTATI						
6	Terreno sottile, sottobosco povero senza foglie	83		0,018			
7	Sottobosco e copertura buoni	77		0,000			
	SPAZI APERTI, PRATI RASATI, PARCHI						
8	Buone condizioni con copertura erbosa	80		0,000			
9	Condizioni normali, copertura erbosa intorno al 50%	84		0,000			
10	AREE COMMERCIALI	95		0,000			
11	DISTRETTI INDUSTRIALI	93					
	AREE RESIDENZIALI						
12	Impermeabilità media	92		0,000			
13	65	87		0,000			
14	38	86		0,000			
15	30	85		0,000			
16	25	84		0,000			
17	PARCHEGGI IMPERMEABILIZZATI	98		0,000			
	STRADE						
18	Pavimentate	100		0,000			
19	Inghiaiate	91		0,000			
20	In terra battuta	89		0,000			
				0	2,994		

Dal calcolo del *CN (II)*, ovvero in condizioni *AMC II* (condizioni medie che prevedono precipitazioni comprese tra 35 e 53 mm nei precedenti 5 giorni nel caso del periodo vegetativo e precipitazioni comprese tra 13 e 28 mm nei cinque giorni precedenti nel caso del periodo di riposo vegetativo), si è calcolato il fattore di correzione (*FIII*) per rapportare il *CN (II)* alla condizione più critica *CN (III)* a favore di sicurezza che prevede condizioni di umidità del suolo antecedenti l'evento di progetto con precipitazioni maggiori di 53 mm di pioggia nei 5 giorni precedenti durante il periodo vegetativo e precipitazioni maggiori di 28 mm di pioggia durante il periodo di riposo vegetativo.

Ad ogni modo, per il calcolo delle portate di progetto è stato utilizzato in *CN II* in quanto, essendo il bacino idrografico molto esteso, diventa poco realistico che si realizzi l'imbibizione completa del terreno su tutto il bacino come ipotizzato nel *CN III*.

### Determinazione della portata di piena

Per la modellazione idrologica è stata calcolata la portata alla sezione di chiusura considerata per il bacino in funzione del tempo di ritorno ( $T_r$ ) pari a 5, 10 e 20 anni ed è stato utilizzato, a fini di sicurezza, il medesimo valore di portata anche per le sezioni posizionate in corrispondenza dell'area interessata dal progetto, a monte della sezione di chiusura considerata. I valori delle portate calcolate sono sintetizzati nella tabella seguente.

#### Determinazione della Portata Q (mc/s) con $T_r = 5 - 10 - 20$ anni

Tale verifica idraulica, si basa sulle risultanze della modellazione delle curve di probabilità pluviometriche messe a disposizione dalla Regione Autonoma della Sardegna.

Pertanto, si è fatto riferimento alle altezze di pioggia calcolate nel dettaglio per il suddetto bacino, considerando un  $T_r$  pari a 5, 10 e 20 anni, da cui si sono poi calcolate le portate al colmo per il bacino in esame, di seguito riportate:

#### PORTATE BACINO 1 NORD

$h_{1(t_c, T_r)}$	$h_{2(t_c, T_r)}$	$h_{3(t_c, T_r)}$	Q(tr5)mc/s	Q(tr10) mc/s	Q(tr20) mc/s
68.00	82.00	97.00	2.93	3.53	4.18

#### PORTATE BACINO 2 SUD

Altezze di pioggia critica			Valori di portata critica		
$h_{1(T_r5)}$	$h_{2(T_r10)}$	$h_{3(T_r20)}$	Q(tr5)mc/s	Q(tr10) mc/s	Q(tr20) mc/s
68,00	82,00	97,00	8,91	10,75	12,71

## RISULTATI DELL'ANALISI IDRAULICA

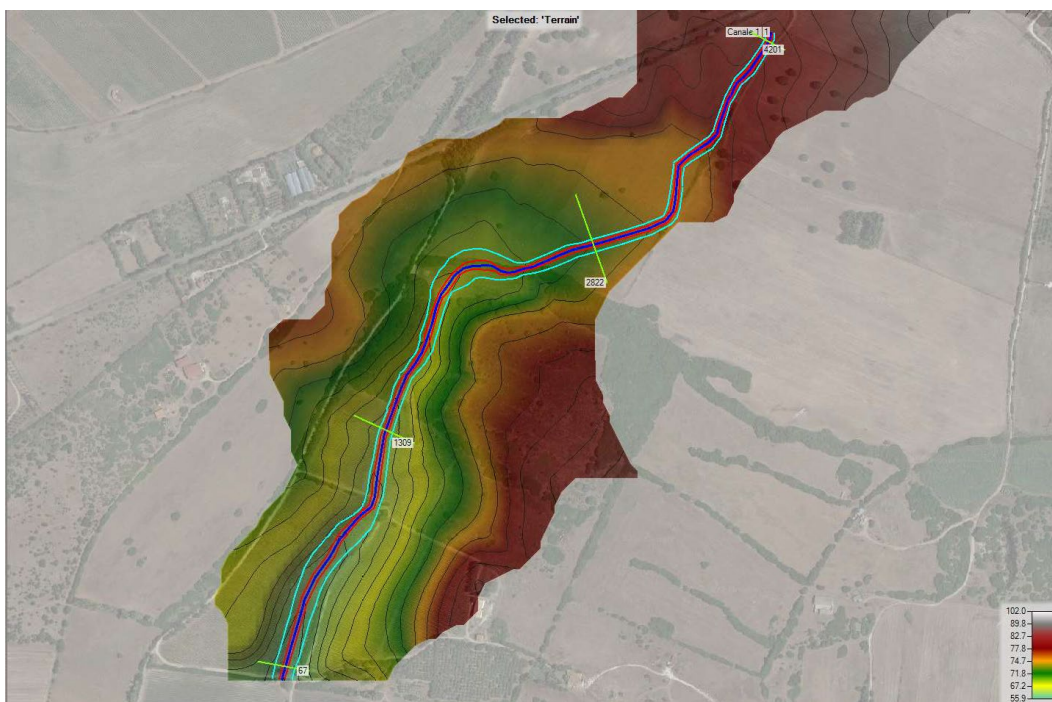
### Risultati della simulazione con $tr = 5 - 10 - 20$ anni

Con i dati ottenuti dall'analisi idrologica, si è potuta effettuare una modellazione idraulica con il programma *HEC-RAS v5.0.7*. Per la costruzione del modello geometrico del bacino è stato utilizzato il *DEM (Digital Elevation Model)* derivante da *TINITALY (IGM)*, da cui sono state estrapolate le curve di livello e ricavate le sezioni trasversali.

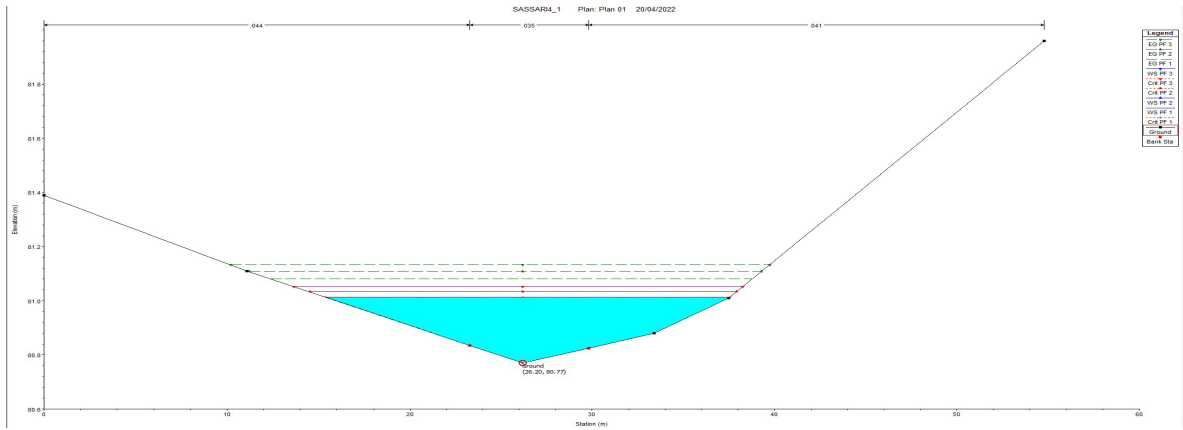
La simulazione idraulica è stata realizzata in *steady flow condition* e per ciascuna sezione sono stati ottenuti i dati dei tiranti idrici per tempi di ritorno di 5 - 10 - 20 anni.

Nelle immagini seguenti si illustrano i risultati della simulazione realizzata con la perimetrazione delle aree inondabili nel tratto interessato dal progetto per tempi di ritorno di 5 - 10 - 20 anni.

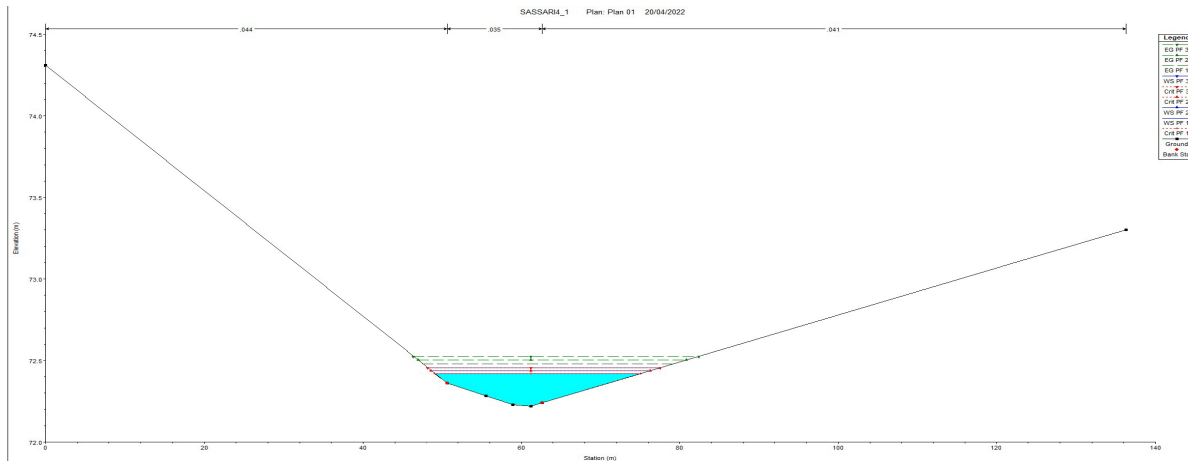
### Planimetria delle sezioni BACINO 1 NORD



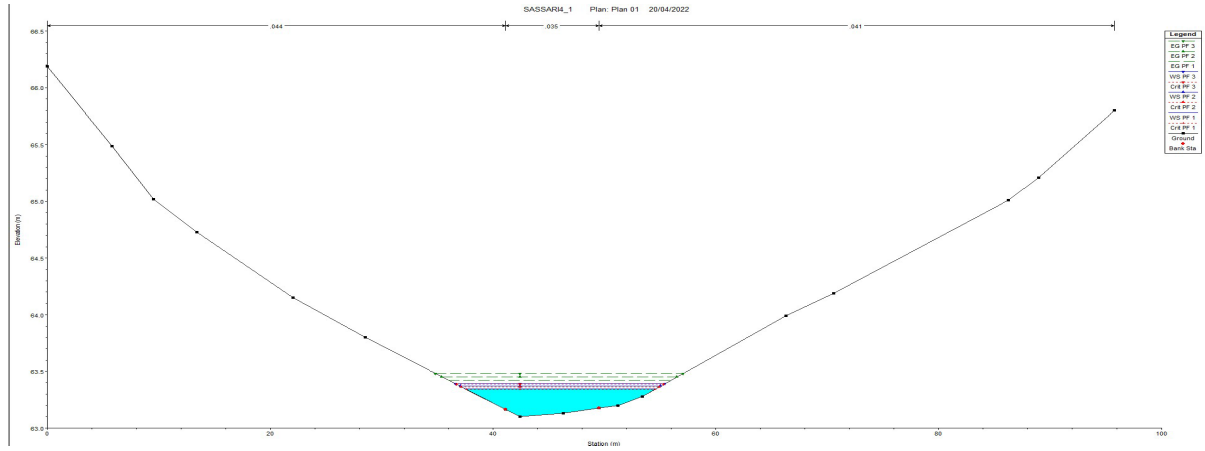
**Fig. 4:** sezioni di verifica analizzate nell'ambito del bacino 1 nord selezionato.



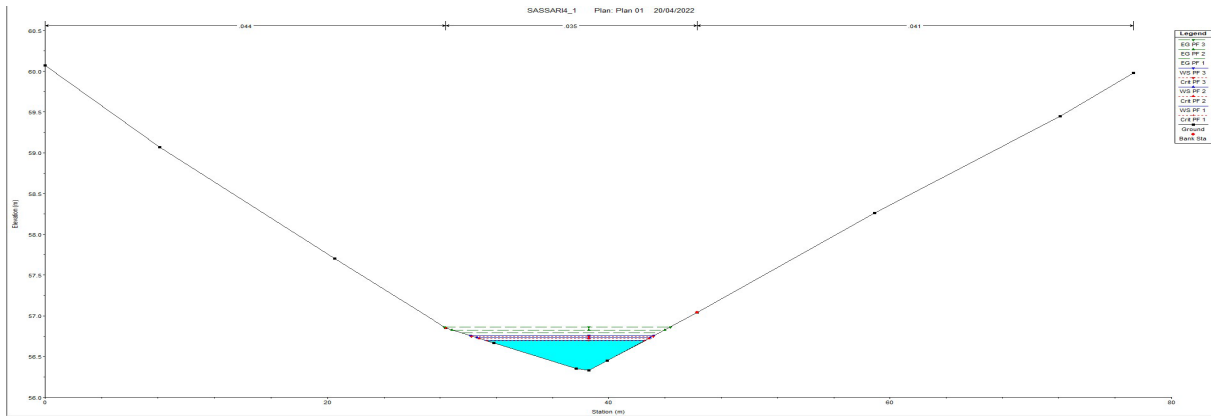
**Fig.5: Sezione di verifica 4201**



**Fig.6: Sezione di verifica 2822**



**Fig.7: Sezione di verifica 1309**

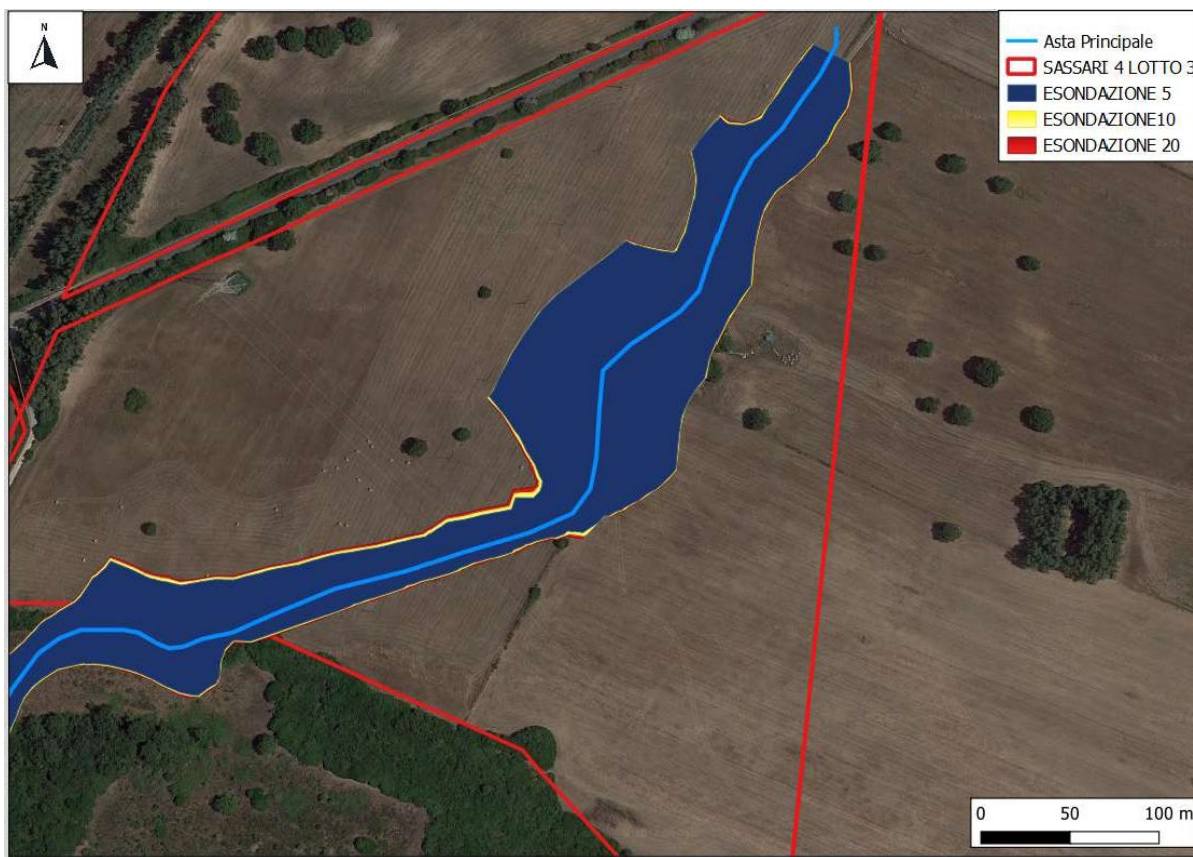


**Fig.8: Sezione di verifica 67**



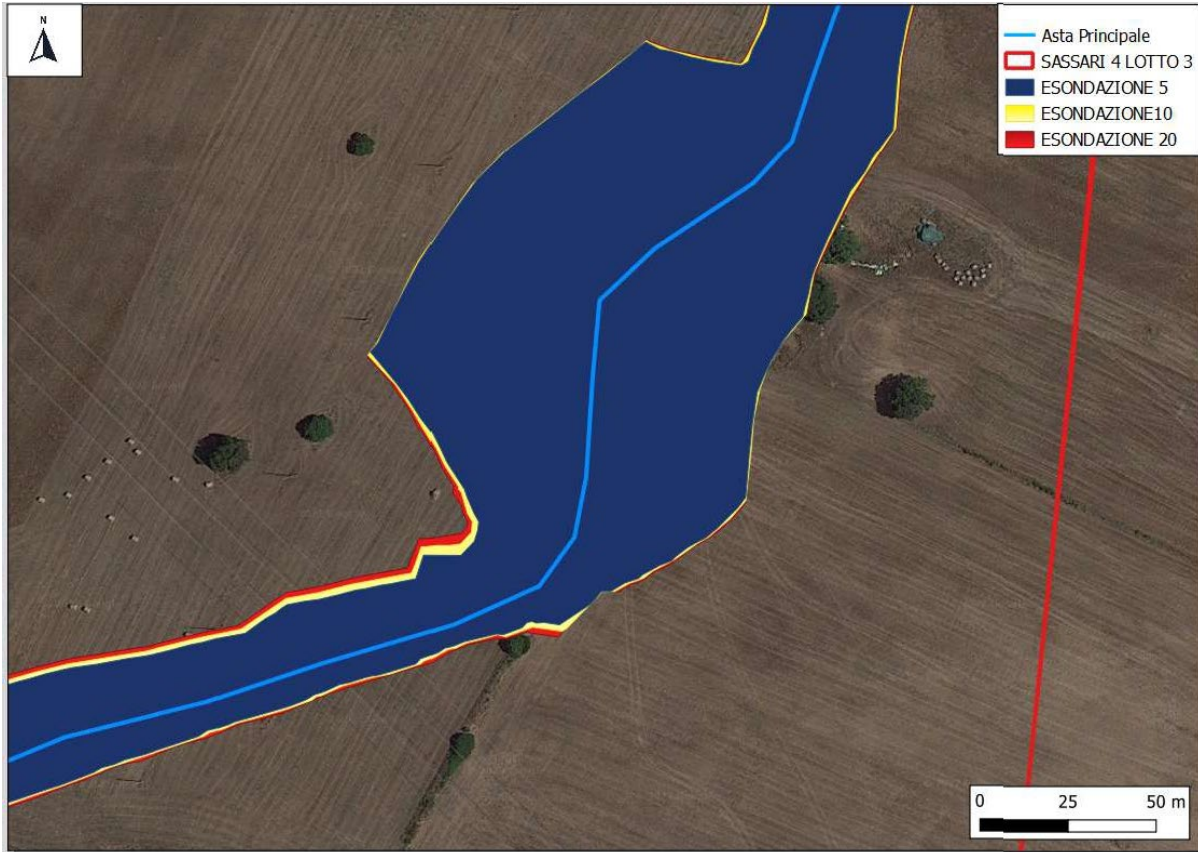
È ben evidente, dalle quattro sezioni di cui sopra con le portate considerate ai tempi di ritorno 5 - 10 - 20 anni, la presenza di aree potenzialmente soggette ad allagamento, lungo tutto il percorso dell'asta idraulica analizzata. In particolare, si notano altezze d'acqua di circa 10/15 cm in tutte le sezioni considerate, sebbene comunque non superino le soglie critiche individuate dal software *HEC-RAS* in funzione delle altezze di pioggia. Si specifica che i calcoli per le portate di piena sono eseguiti con i dati disponibili per l'area.

L'area complessiva soggetta a potenziali allagamenti, strettamente connessa al lotto in considerazione, si estende su una superficie (riportata di seguito) pari a circa 0.028 km<sup>2</sup>.



**Fig.8a:** La figura riporta le aree potenzialmente esondabili i tempi di ritorno di 5 anni (in blu), a 10 anni (in giallo) e a 20 anni (in rosso) per il lotto 3

Si allega di seguito anche un'immagine a maggior dettaglio dell'area esondabile per risolvere meglio la distinzione delle superfici inondabili a seconda dei tempi di ritorno.

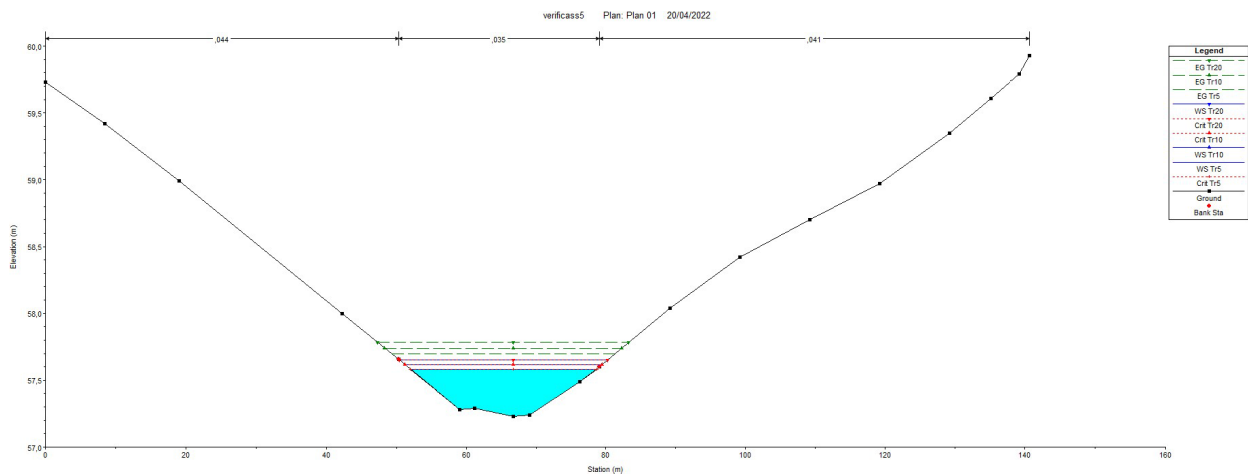


**Fig.8b:** La figura riporta le aree potenzialmente esondabili i tempi di ritorno di 5 anni (in blu), a 10 anni (in giallo) e a 20 anni (in rosso) per il lotto3 .

## Planimetria delle sezioni BACINO 2 sud

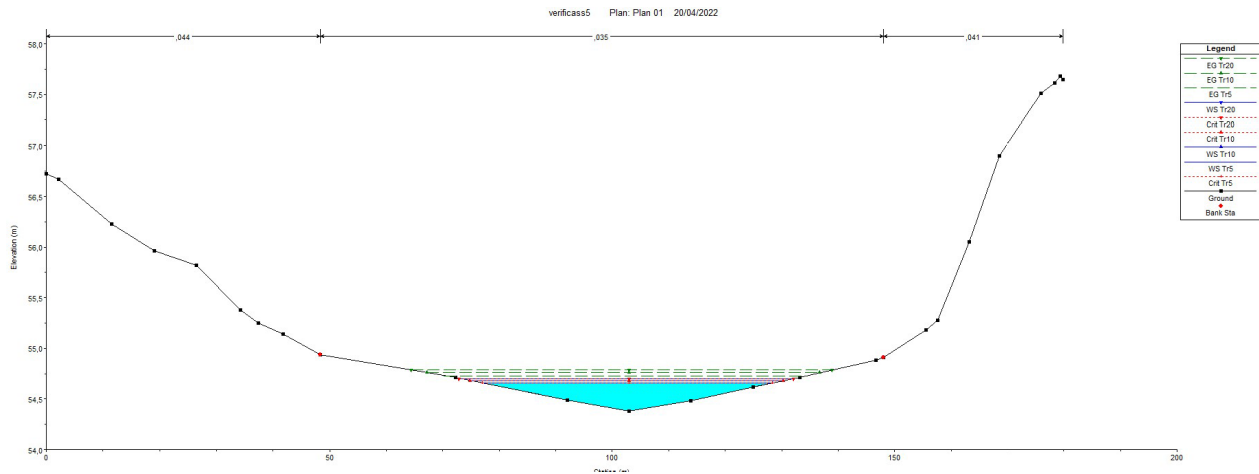


**Fig. 9: sezioni di verifica analizzate nell'ambito del bacino 2 sud analizzato**

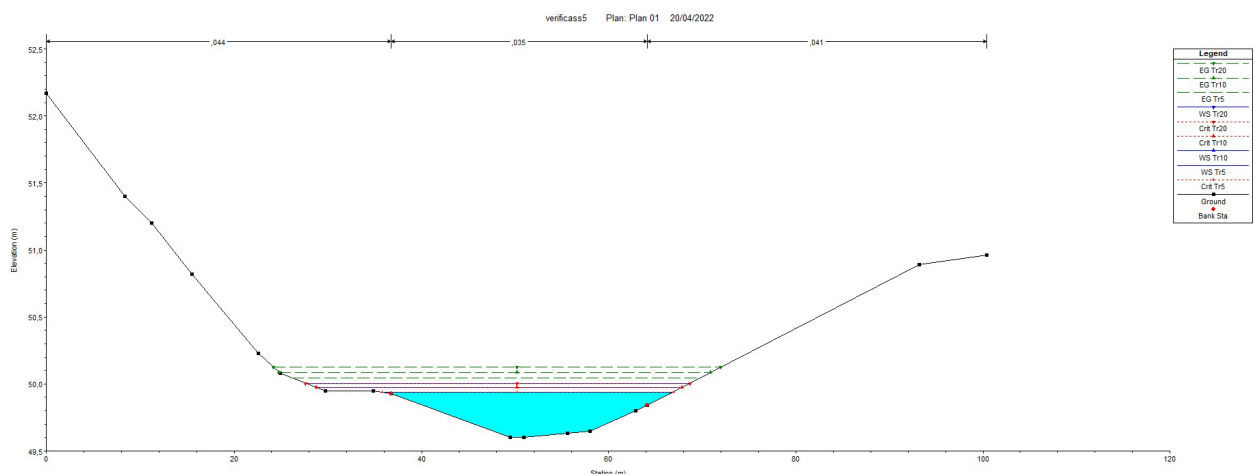


**Fig.10: Sezione di verifica 3395**

DOTT. GEOL. OTTOMANELLI GIOVANNI PAOLO  
 specializzato in GEOLOGIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA E ALL'AMBIENTE  
 iscritto all'Albo Professionale dell'Ordine dei Geologi della Regione Puglia al n° 877 - sez. A.



**Fig.11: Sezione di verifica 1790**

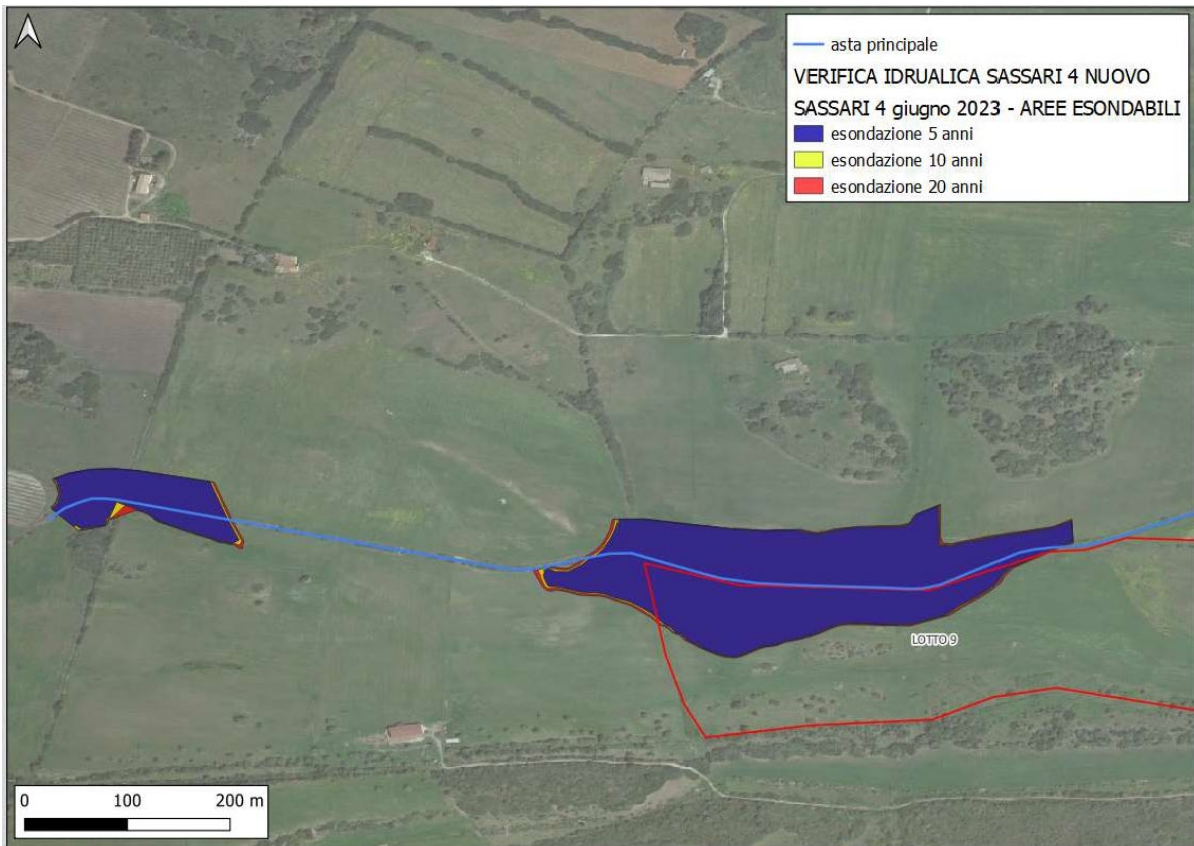


**Fig.12: Sezione di verifica 41**

È ben evidente dalle tre sezioni di cui sopra che con le portate considerate ai tempi di ritorno 5 - 10 - 20 anni, la presenza di aree potenzialmente soggette ad allagamento, specialmente nelle parti mediali e di chiusura dell'asta idraulica analizzata (**sezioni 1790 e 41**). In particolare, si notano altezze d'acqua di circa 30-35 cm in tutte le sezioni considerate, sebbene comunque non superino le

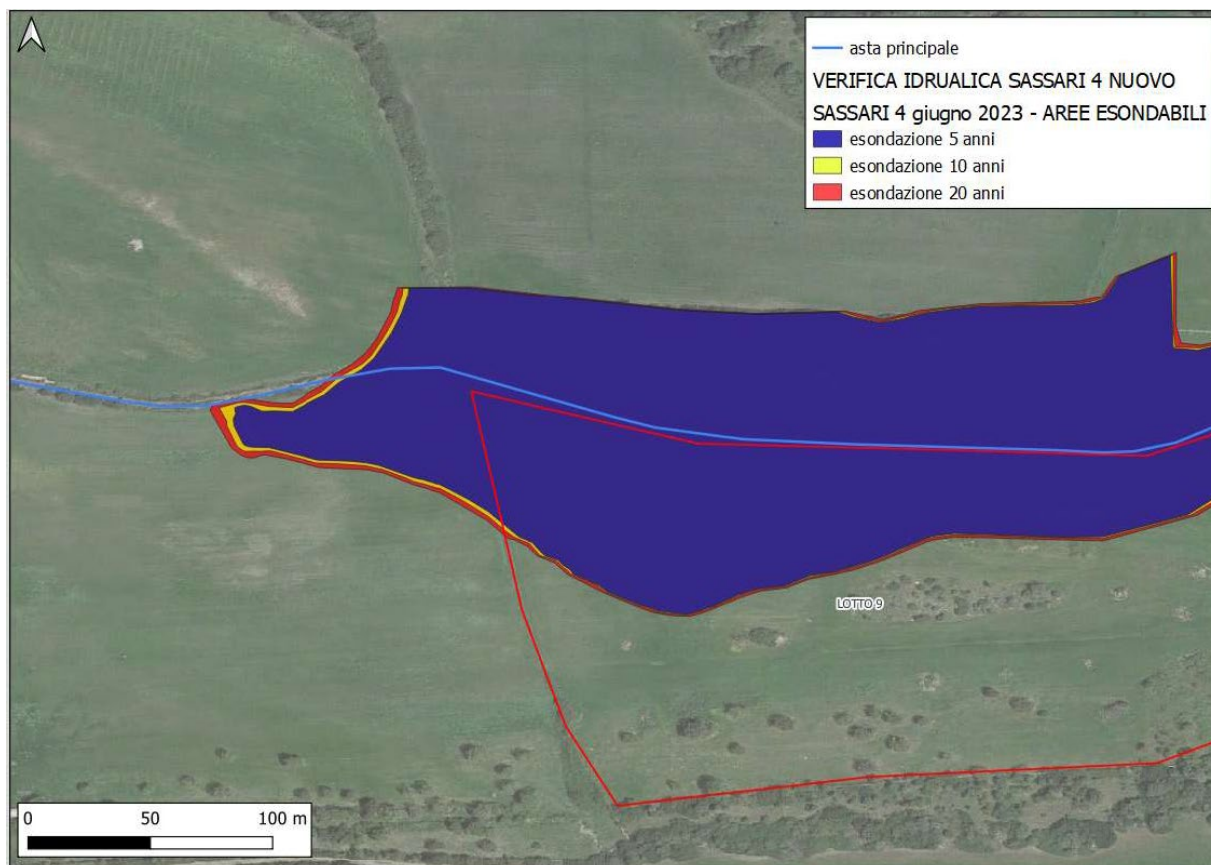
soglie critiche individuate dal software *HEC-RAS* in funzione delle altezze di pioggia. Si specifica che i calcoli per le portate di piena sono eseguiti con i dati disponibili per l'area.

L'area complessiva soggetta a potenziali allagamenti si estende su due superfici separate (riportare di seguito) le cui dimensioni ammontano a circa 11000 m<sup>2</sup> per la parte più a Ovest e 54200 m<sup>2</sup> per quella più grande a Est.



**Fig.13a:** La figura riporta le aree potenzialmente esondabili i tempi di ritorno di 5 anni (in blu), a 10 anni (in giallo) e a 20 anni ( in rosso) per il lotto 9

Si allega di seguito anche un'immagine a maggior dettaglio dell'area esondabile per risolvere meglio la distinzione delle superfici inondabili a seconda dei tempi di ritorno.



*Fig.13b: La figura riporta le aree potenzialmente esondabili i tempi di ritorno di 5 anni (in blu), a 10 anni (in giallo) e a 20 anni ( in rosso) per il lotto 9.*

## IL GEOLOGO

Dott. Geol. OTTOMANELLI Giovanni Paolo



DOTT. GEOL. OTTOMANELLI GIOVANNI PAOLO  
specializzato in GEOLOGIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA E ALL'AMBIENTE  
iscritto all'Albo Professionale dell'Ordine dei Geologi della Regione Puglia al n° 877 - sez. A.