



Comune di Assemini

Città Metropolitana di Cagliari

Via Monti - 09032 - ASSEMINI

Tel. 070/949.1- Telefax 070/940.977

Sito Internet: www.comune.assemini.ca.it

Area Tecnica

Servizio Pianificazione Territoriale,
Edilizia Privata e Pubblica, Vigilanza Edilizia, Condono, Patrimonio,
D.U.A.A.P. Pubblico Spettacolo

RL08.1

coordinamento progettuale

ERMES CONSULTING - ARCH. IVANO ROMANINI

ERMES CONSULTING s.r.l.
Via Torchio, 6 - 29010 CADEO (PC)
P.I. / C.F.: 01241260338
L'Amministratore Unico
(Arch. Ivano Romanini)

progetto



studio professionisti associati srl

piazza Garibaldi 4
09127 Cagliari
Italia

tel +39 070 655 732
fax +39 070 655 732
CF | PI 03076170921

studio@spacagliari.it
spacagliari@pec.it
www.spacagliari.it

contributi specialistici



[aspetti viabilistici]

ING. ANTONIO VINCIS

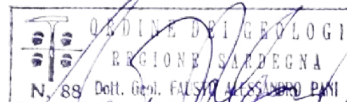
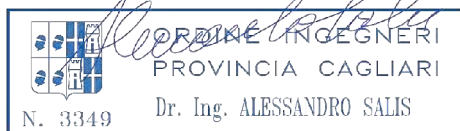
[aspetti viabilistici]

DOTT. GEOL. FAUSTO ALESSANDRO PANI

[bonifiche e aspetti geologici]

ING. GIAN LUCA CADEDDU

[acustica]



Provincia di Cagliari | Comune di Assemini PROPOSTA DI VARIANTE AL PIANO URBANISTICO COMUNALE VIGENTE finalizzata alla realizzazione di un insediamento commerciale nell'area D2.5 in località Truncu Is Follas

ELABORATO

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

NOME FILE		LAYOUT								SCALA	
ID. PROG.	AC65	CODICE ELABORATO								-	
		V	U	R	L	0	8	1	1		
5											
4											
3											
2											
1	VARIANTE	06/10/2017		F.P./A.S.		P.A.		M.F.			
0	EMISSIONE	30/08/2017		F.P./A.S.		P.A.		M.F.			
REV.	DESCRIZIONE	DATA		REDATTO		VERIFICATO		APPROVATO			

Indice

1.	PREMESSA	2
2.	INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREA DI STUDIO E SISTEMA DRENANTE SUPERFICIALE	3
2.1.	Regime vincolistico vigente.	6
3.	ANALISI IDROLOGICA	10
4.	ANALISI IDRAULICA	15
4.1.	Metodologia utilizzata.	16
4.2.	Codice di calcolo.	16
4.3.	Descrizione della geometria e risultanze della modellazione.	19
4.3.1.	<i>Compluvio principale di Truncu Is Follas</i>	20
4.3.2.	<i>Compluvio secondario di Truncu Is Follas (tronco B)</i>	33
4.3.3.	<i>Scorrimento delle acque zenitali sull'are di Truncu Is Follas</i>	38
4.3.4.	<i>Area di pericolosità proposta</i>	39

1. PREMESSA

Il presente documento si inquadra come elemento di supporto e analisi delle interazioni idrologiche ed idrauliche nel contesto territoriale individuato come Truncu Is Follas all'interno del comune di Assemini al fine della predisposizione della *PROPOSTA DI VARIANTE AL PIANO URBANISTICO COMUNALE VIGENTE finalizzata alla realizzazione di un insediamento commerciale nell'area D2.5 in località Truncu Is Follas*.

L'area è oggetto di analisi in quanto su di essa si incentra una proposta progettuale finalizzata alla trasformazione dell'area Gecopre; ex stabilimento industriale per la produzione di manufatti prefabbricati in calcestruzzo armato e precompresso. Il fine ultimo prevede un possibile riutilizzo dell'area per la realizzazione di un insediamento commerciale.

L'area contermine è stata oggetto di analisi in ottemperanza all'art. 8 c. 2 da parte del comune di Elmas prima e subito dopo da parte del Comune di Assemini, attualmente il comune di Assemini, così come il comune di Elmas hanno in fase istruttoria presso gli uffici competenti regionali lo studio Ex art. 37 di variante al PAI.

Gli studi condotti da entrambe le Amministrazioni hanno evidenziato nell'area in esame un contesto di criticità legato principalmente alle acque di ruscellamento, in concomitanza di eventi meteorici di rilevante intensità, che convergono proprio verso l'insediamento di Truncu is Follas. A valle della SS 130 tali deflussi convergevano storicamente verso il compluvio denominato Rio Molentis (coincidente con l'attuale via del Pino Solitario ad Elmas).

Come esposto, si rende necessaria un'analisi di ulteriore dettaglio dal punto di vista idraulico, in particolare sull'elemento idrico individuato nel reticolo idrografico di riferimento ai fini del PAI così come definito con Deliberazione N. 3 del 30.07.20151 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino

Per quanto attiene le specificità sui contenuti dello studio, presente relazione contiene le risultanze dello studio effettuato in ottemperanza a quanto disposto dagli articoli 8 e 26 delle Norme Tecniche di Attuazione del P.A.I.

Le N.T.A. del PAI richiamano i seguenti articoli:

ARTICOLO 8 Indirizzi per la pianificazione urbanistica e per l'uso di aree di costa

2. Indipendentemente dall'esistenza di aree perimetrate dal P.A.I., in sede di adozione di nuovi strumenti urbanistici anche di livello attuativo e di varianti generali agli strumenti urbanistici vigenti i Comuni [...] assumono e valutano le indicazioni di appositi studi di compatibilità idraulica geologica e geotecnica, predisposti in osservanza dei successivi articoli 24 e 25, riferiti a tutto il territorio comunale o alle sole aree interessate dagli atti proposti all'adozione.

¹ Direttiva 2007/60/CE – D.Lgs.49/2010 “Valutazione e gestione dei rischi di alluvioni – Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni del Distretto Idrografico della Regione Autonoma della Sardegna — Reticolo idrografico di riferimento per le finalità di applicazione delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI e delle relative Direttive

5. In applicazione dell'articolo 26, comma 3, delle presenti norme negli atti di adeguamento dei piani urbanistici comunali al P.A.I. sono delimitate puntualmente alla scala 1: 2.000 le aree a significativa pericolosità idraulica o geomorfologica non direttamente perimetrate dal P.A.I.

ARTICOLO 26 Aree pericolose non perimetrate nella cartografia di piano

1. Possiedono significativa pericolosità idraulica le seguenti tipologie di aree idrografiche appartenenti al bacino idrografico unico della Regione Sardegna:

a. reticolo minore gravante sui centri edificati;

[..]

Inoltre, la Deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna n.3 del 30.07.2015 all'art. 1, recita che:

1. per le finalità di applicazione delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI e delle relative Direttive, di identificare quale reticolo idrografico di riferimento per l'intero territorio regionale l'insieme degli elementi idrici contenuti nell'ultimo aggiornamento dello strato informativo 04_ELEMENTO_IDRICO.shp del DBGT_10k_Versione 0.1 (Data Base Geo Topografico 1:10.000), da integrare con gli ulteriori elementi idrici eventualmente rappresentati nella cartografia dell'Istituto Geografico Militare (IGM), Carta topografica d'Italia - serie 25V edita per la Sardegna dal 1958 al 1965.

Il presente documento è stato sviluppato andando a definire i seguenti aspetti:

Inquadramento territoriale: consegna una breve descrizione del territorio comunale unitamente all'elencazione del quadro informativo territoriale utilizzato.

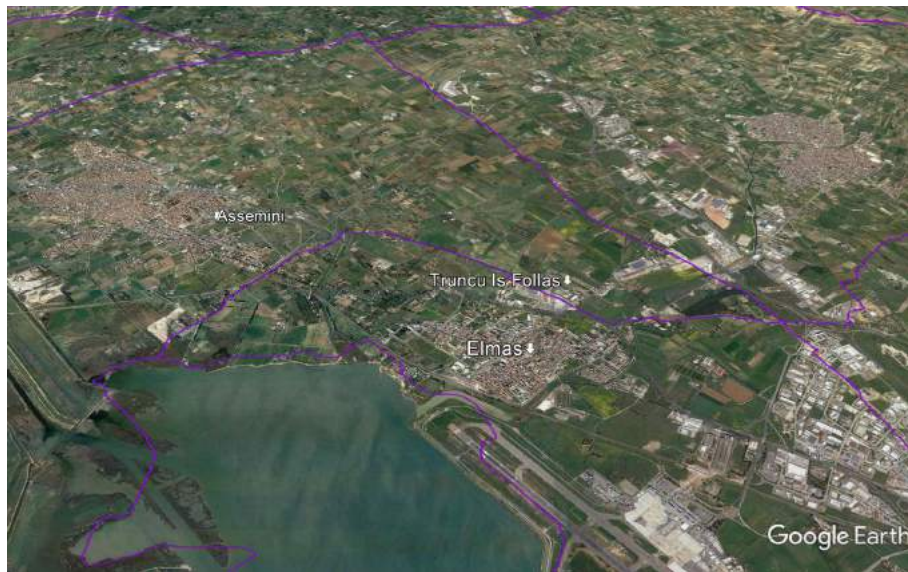
Configurazione del sistema idrografico: riporta una descrizione del sistema scolante che afferisce le portate alle aree oggetto di interesse.

Analisi idrologica: con acquisizione di quanto già definito nell'ambito degli studi approvati

Analisi idraulica: sulla base delle risultanze di cui ai punti precedenti è valutata la tipologia di analisi, essa può attingere da considerazioni di carattere descrittivo o improntare le valutazioni su basi analitiche.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREA DI STUDIO E SISTEMA DRENANTE SUPERFICIALE

L'area oggetto studio, individuata come Truncu Is Follas è attraversata dal limite comunale che separa Elmas da Assemini, è un area estremamente pianeggiante, che ha per'altro risentito negli anni di continue alterazioni altimetriche legate ad un differente utilizzo rispetto alla vocazione iniziale di carattere agricolo.



1 inquadramento dell'are su base Google Earth

Le successive immagini rendono conto di un progressivo e differente utilizzo dell'intera area esaminata; in particolare la cartografia IGM anni 50 e anni 80 consegnano un progressivo processo di antropizzazione dell'area con le

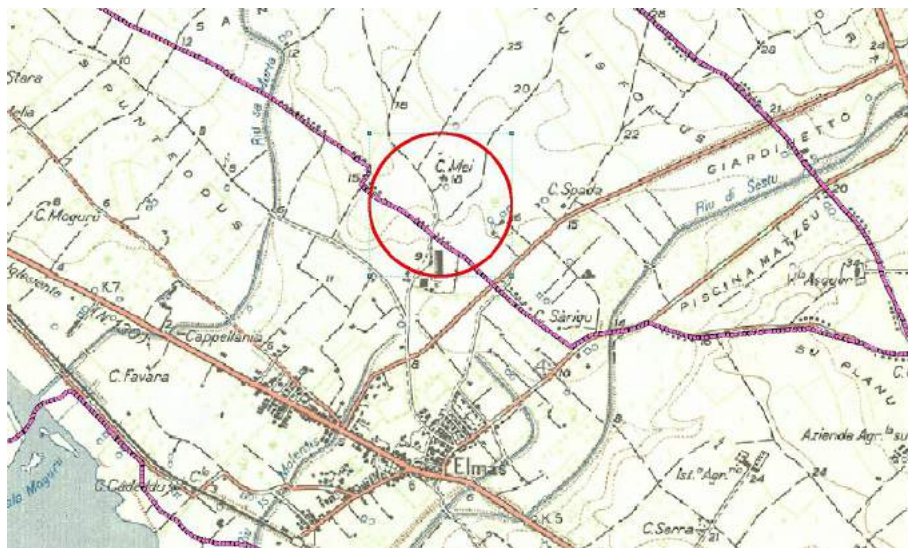


Figura 2 IGM vecchia serie, in rosso l'area di Truncu Is Follas

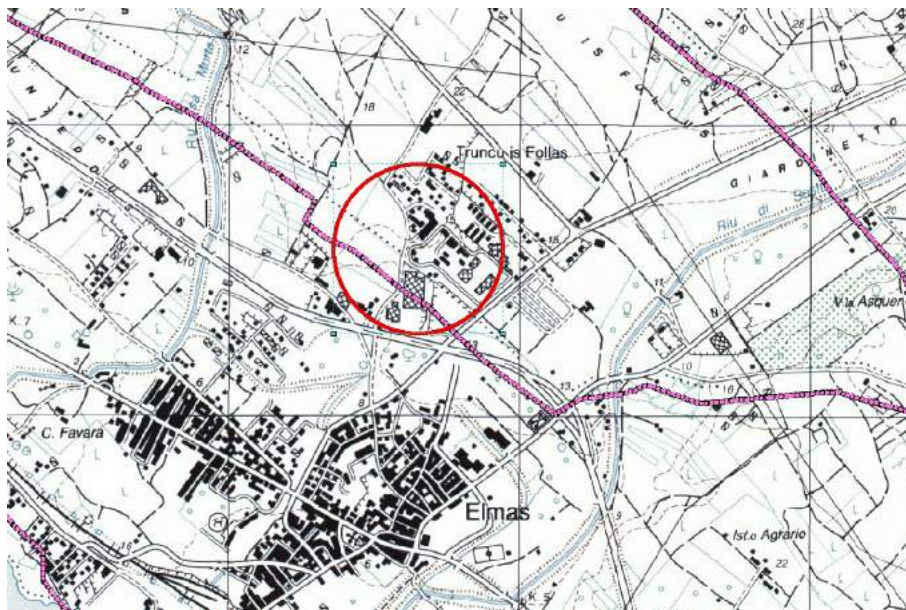


Figura 3 IGM serie anni 80 , in rosso l'area di Truncu Is Follas

La successiva immagine consegna una sovrapposizione tra il modello digitale del suolo a passo un metro, un immagine satellitare e linea di deflusso principale; in essa sono evidente le progressive alterazioni di quota dell'area su vasta scala con una progressiva riduzione in prossimità delle aree a disosso della SS 130 individuata nella parte bassa dell'immagine.

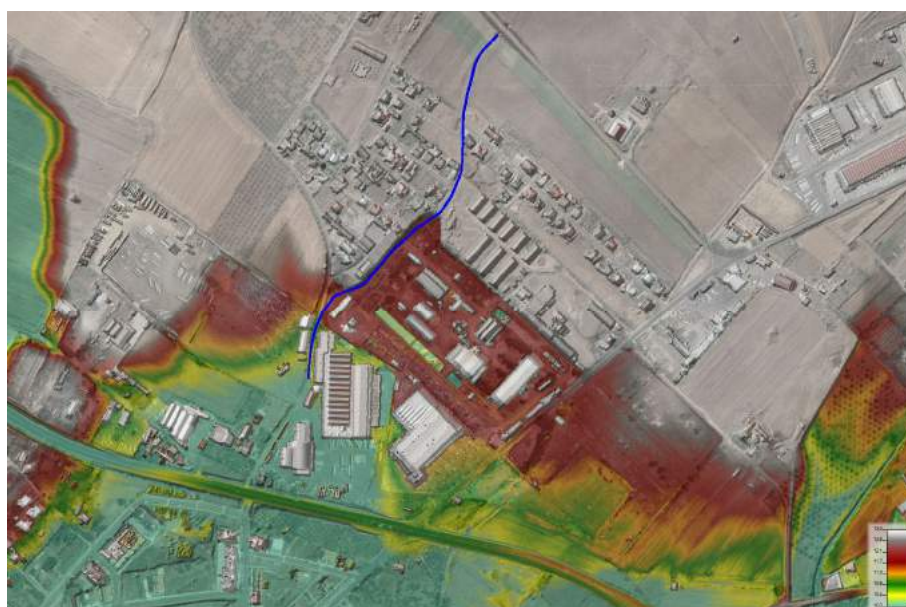


Figura 4 Area oggetto di pianificazione su base DTM1m

La successiva immagine , colta invece su base cartografica CTR, consegna un l'andamento del reticolo idrografico di riferimento definito all'interno della delibera di cui al paragrafo precedente,

La seguente indicazione cartografica, con la presenza dell'elemento del reticolo idrografico di riferimento, è colta come elemento di base per quelle che saranno le successive elaborazioni idrauliche.

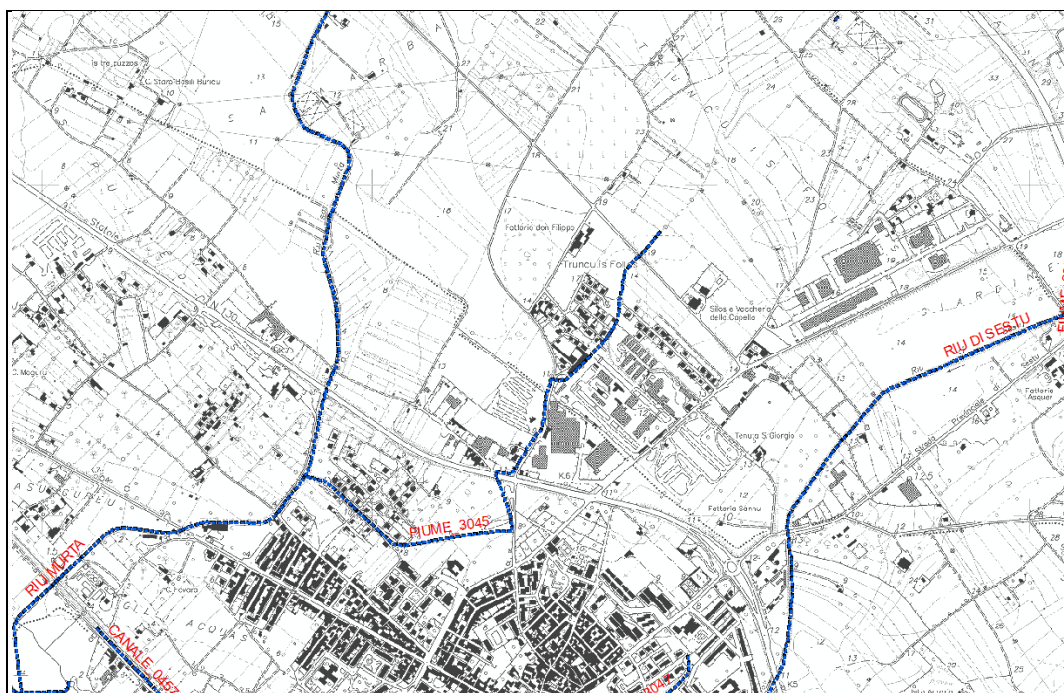


Figura 5 Stralcio Cartografia CTR con idrografia di riferimento ai fini del PAI.

2.1. Regime vincolistico vigente.

Come indicato in premessa, l'area è stata indagata sia nell'ambito dello studio comunale effettuato dal Comune di Assemini, e sia nell'ambito dello studio predisposto dal Comune di Elmas.

Per quanto attiene lo studio effettuato dal Comune di Assemini, si evidenzia che lo stesso è stato adottato con Delibera del Comitato Istituzionale dell'autorità di bacino della Regione Sardegna n. 3 del 01.08.2012.

Sull'area si individua un livello di pericolosità Hi2, determinata principalmente dalla spiaggia zenitali che interessa l'area e che determina un livello di pericolosità idraulica diffusa.

Di seguito si consegna un estratto dell'immagine tratta da portale Sardegna Mappe dal quale si evince il livello di pericolosità Hi2 dell'area.

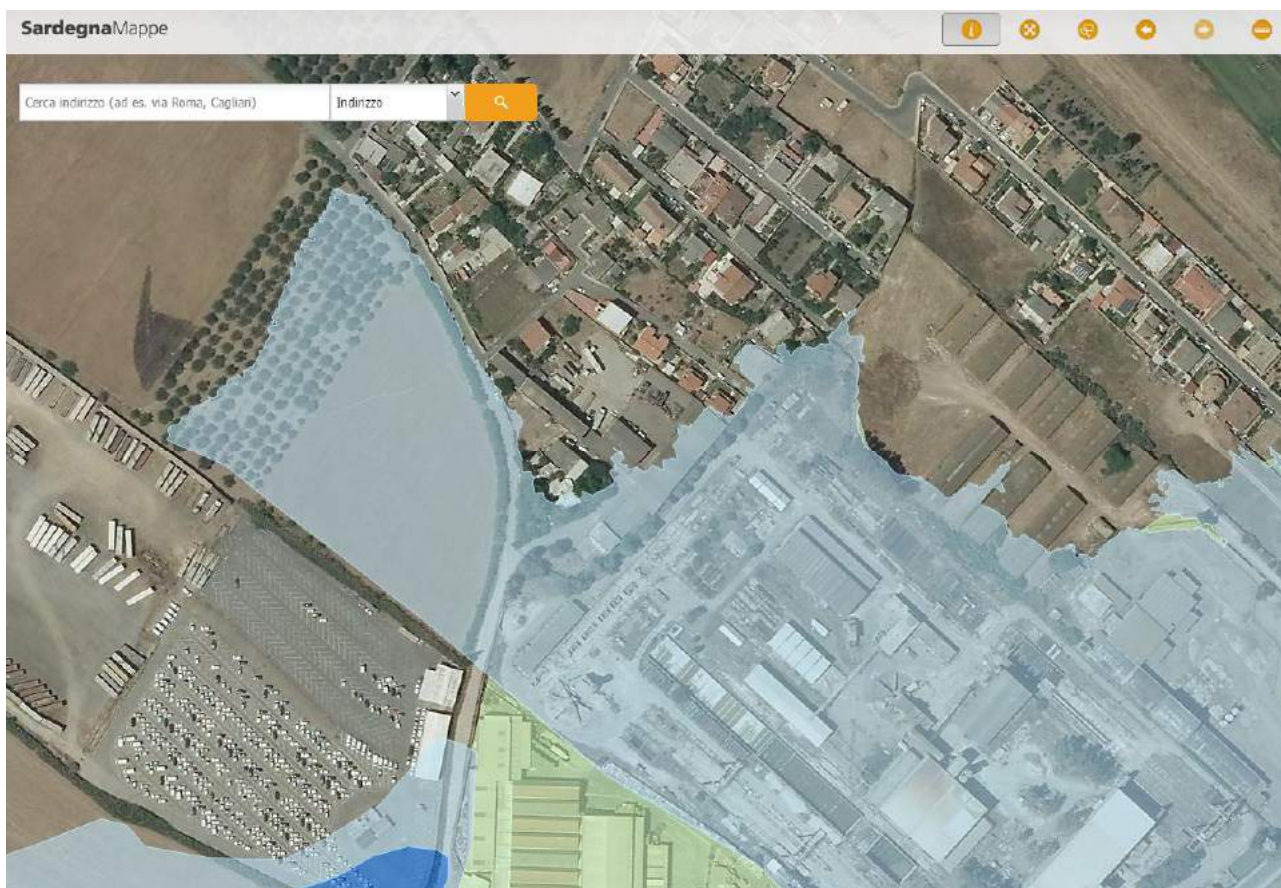


Figura 6 Stralcio Sardegna Mappe

Più recentemente, il Comune di Assemini, con delibera del Consiglio Comunale n 56 del 21.12.2015 avente ad oggetto: *Adozione proposta di variante al PAI e di mitigazione del rischio e della pericolosità idraulica ai sensi degli art. 37 c. 2 e 3 delle norme di attuazione del PAI*. individuava nel contesto in esame nuove aree di pericolosità idraulica molto elevata nel territorio a nord, in un'area delimitata da una viabilità interna denominata *Strada dei Canadesi*.

Lo studio ripropone una ulteriore valutazione del comportamento idraulico della linea di scorrimento che afferisce al comparto di Truncu Is Follas; secondo la suddetta analisi, lungo il compluvio individuato si definisce uno scorrimento superficiale che interessa tutte le portate del PAI con conseguente individuazione di tutte le soglie di pericolo.

Di seguito si consegna la cartografia associata alla Delibera Comunale che ne sancisce le norme di salvaguardia. Si noti che, secondo l'analisi effettuata, il livello di pericolosità idraulica Hi4 chiude in corrispondenza dell'intersezione con la strada dei canadesi in quanto si considera che il volume idrico veicolato possa adeguatamente essere contenuto a monte della strada stessa, con avvio di un processo di laminazione.

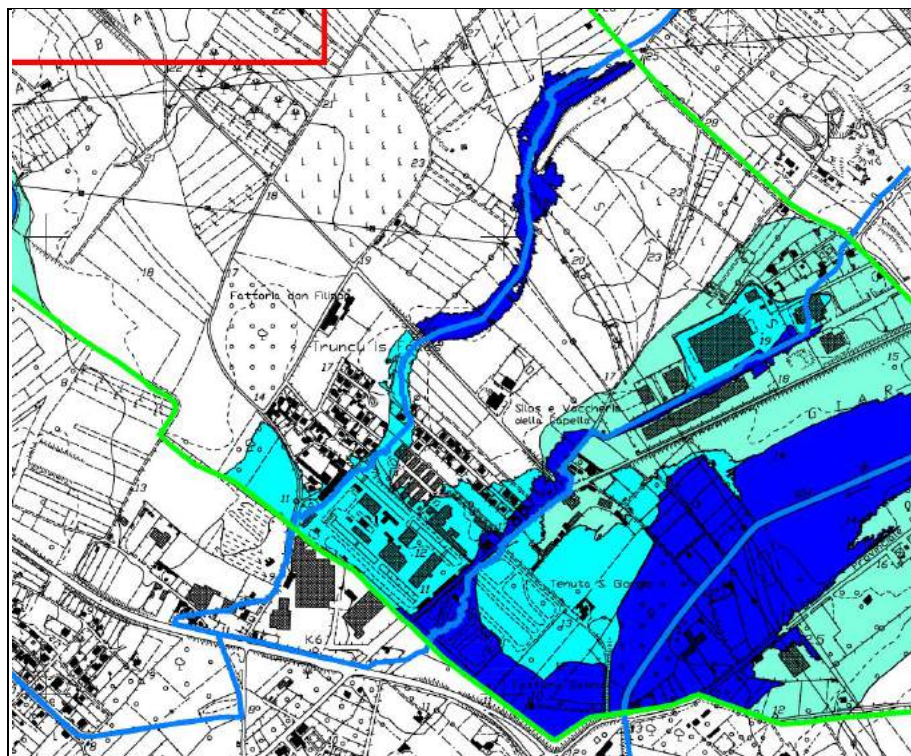


Figura 7 Cartografia di pericolosità idraulica

Per quanto concerne l'analisi effettuata dal comune di Elmas, approvato con Delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino n. 9 del 08.09.2011, lo studio del compluvio in esame, in mancanza di una linea di corrivazione ben definita, ad eccezione di una canale stradale, è stato effettuato mediante una sorta di metodo dei volumi di invaso. Si è ipotizzato che l'intero idrogramma di piena del bacino andasse ad accumularsi a monte della SS 130. Questa condizione imponeva un volume invasabile nell'area con determinazione della soglia con i livelli di pericolosità del PAI.

La successiva figura tratta dal portale della Regione Sardegna individua i livelli di pericolosità nel all'interno della parte di territorio del Comunale di Elmas.

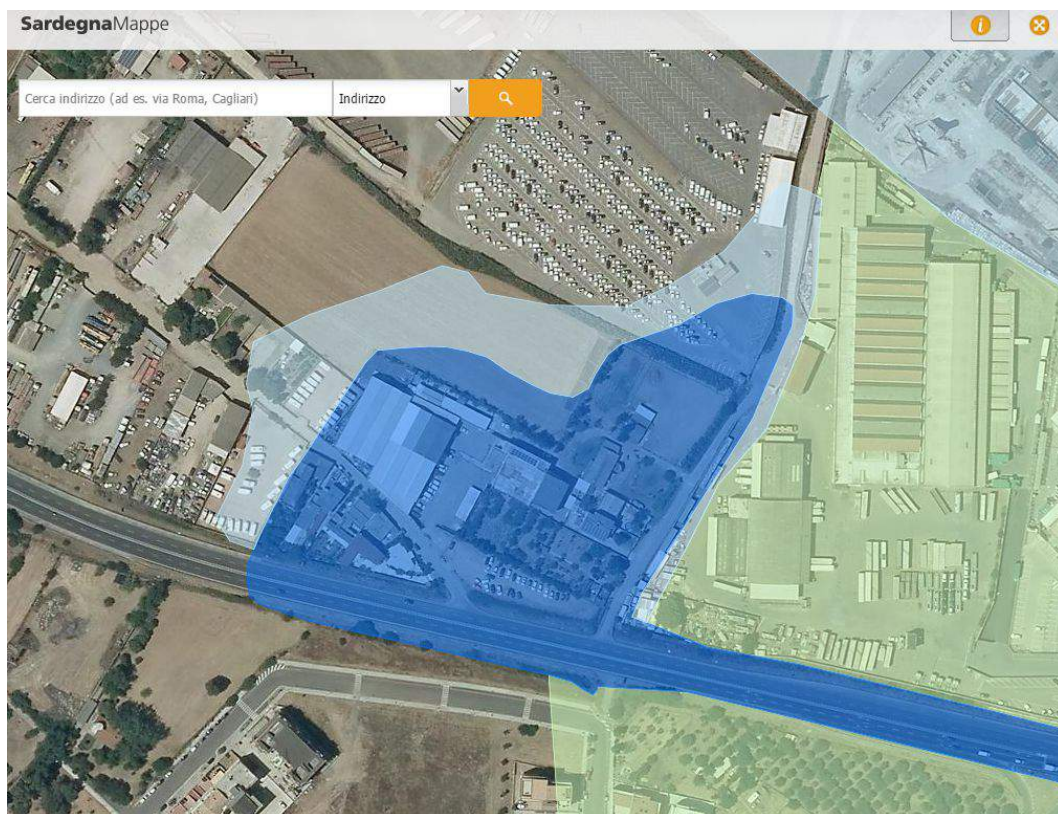


Figura 8 Stralcio Sardegna Mappe

Le indicazioni su espresse saranno recepite nell' ambito dell'analisi che di seguito verrà effettuata al fine dei valutare il quadro complessivo del livello di pericolosità che permane nell'area, pericolosità che sarà ottenuta dall'involuppo dei livelli di pericolosità vigenti e della pericolosità del presente studio.

3. ANALISI IDROLOGICA

Come citato, il compluvio, recapita le acque provenienti dal bacino extraurbano proveniente dalla località Truncu Is Follas.

È un bacino che si estende sino alla stazione trasmittente RAI in prossimità del vecchio tracciato della SS 131 a quota 50 m s.l.m.

L'intero bacino ha subito negli anni un'intensa azione di trasformazione nell'area più montana per la presenza delle intersezioni con la SS 131 e nel comparto vallivo per l'intensa azione di urbanizzazione.

La naturale propensione torrentizia del rio, come capita sovente, ha indotto una sottovalutazione degli effetti legati al trasporto liquido del bacino in concomitanza di eventi meteorici di rilevante intensità.

In particolare con riferimento alle immagini sotto riportate si osserva nel tratto a monte dell'attraversamento con la SS 130 prima degli anni 50 l'area era interamente a vocazione agricola o al più incolta, vent'anni più tardi si assistono i primi insediamenti, e tra questi l'azienda Gecopre.

Dagli anni '80 si assiste ad un incremento dell'area edificata a nord della SS 130 e riduzione delle sezioni e delle aree di pertinenza del compluvio a nord della SS 130.



Figura 9 Confronto immagine aerea 2006 - 1940/45

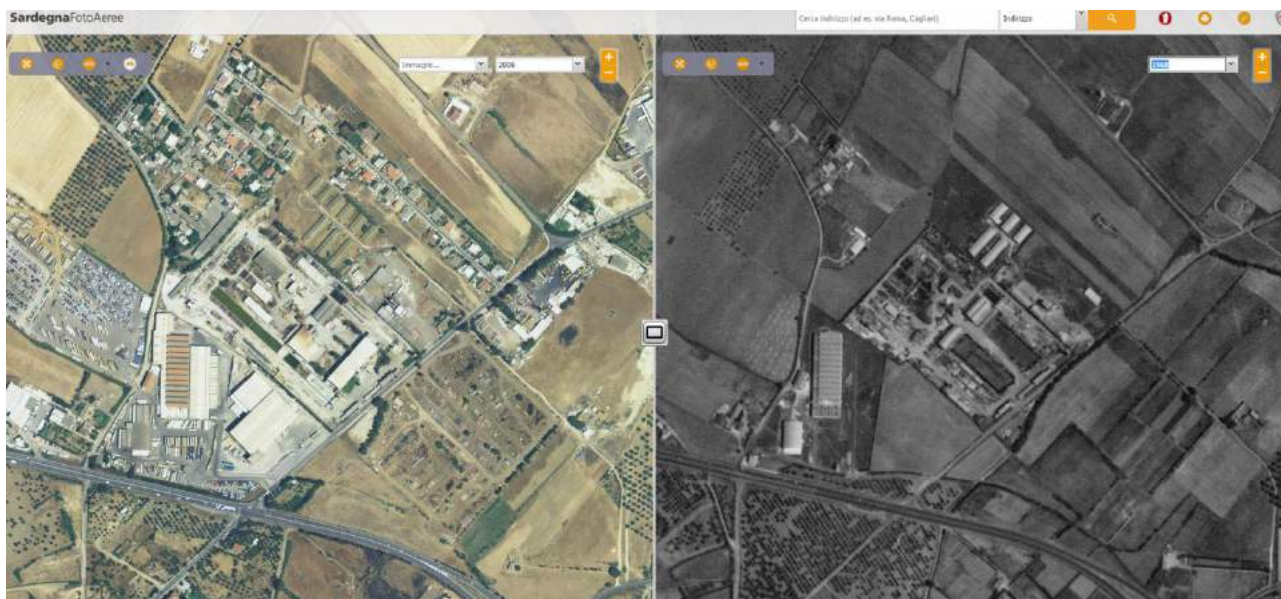


Figura 10 Confronto immagine aerea 2006 - 1968

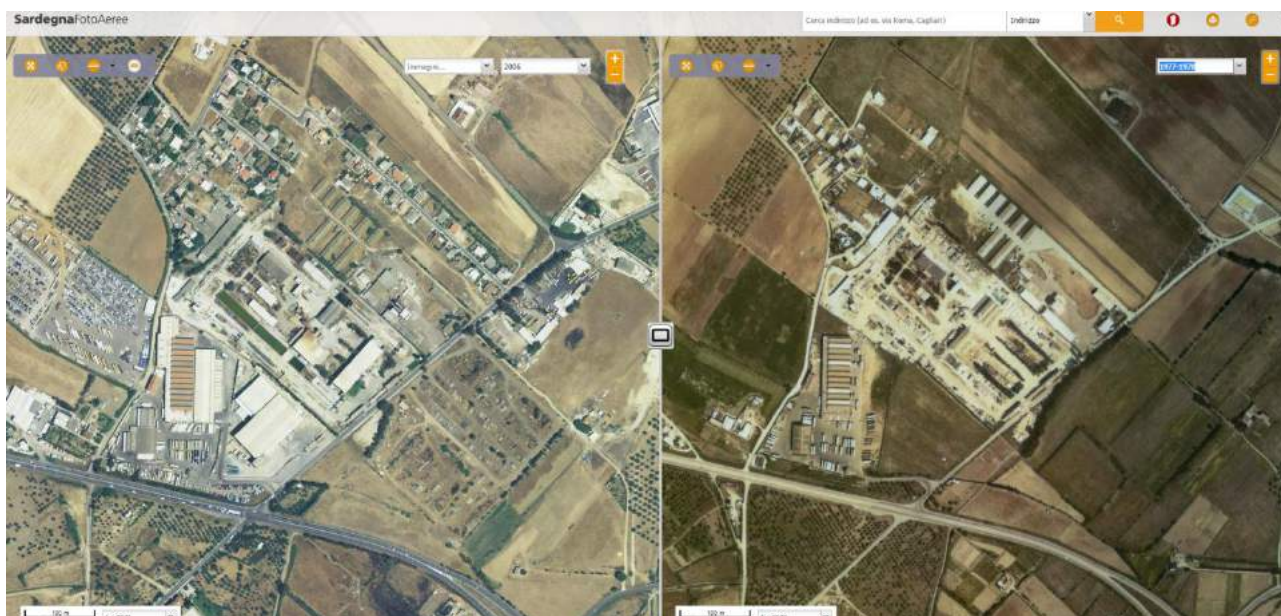


Figura 11 Confronto immagine aerea 2006 - 1977

Per quanto concerne l'analisi idrologica, si fa riferimento a quanto indicato nell'ambito dello studio Ex art. 8 prodotto dal Comune di Assemini e approvato dall'Autorità di Bacino.

Le stesse valutazioni sono poi servite da base di valutazione per l'individuazione delle portate nell'ambito dello studio idrologico.

Di seguito si consegnano alcuni elementi specifici dello studio realizzato da parte dell'ing. Frau e dal Dott. Demurtas, secondo cui, sull'area estesa si possono individuare due linee di scorrimento preferenziali, una che interessa proprio il comparto in esame , seguendo la linea di compluvio individuata dal reticolo idrografico di riferimento, un'altra poco a sud, e parallela alla prima che scorre sostanzialmente lungo la viabilità che collega la SS 130 alla vecchia SS 131.

La successiva immagine è tratta dalla relazione a corredo dello studio comunale

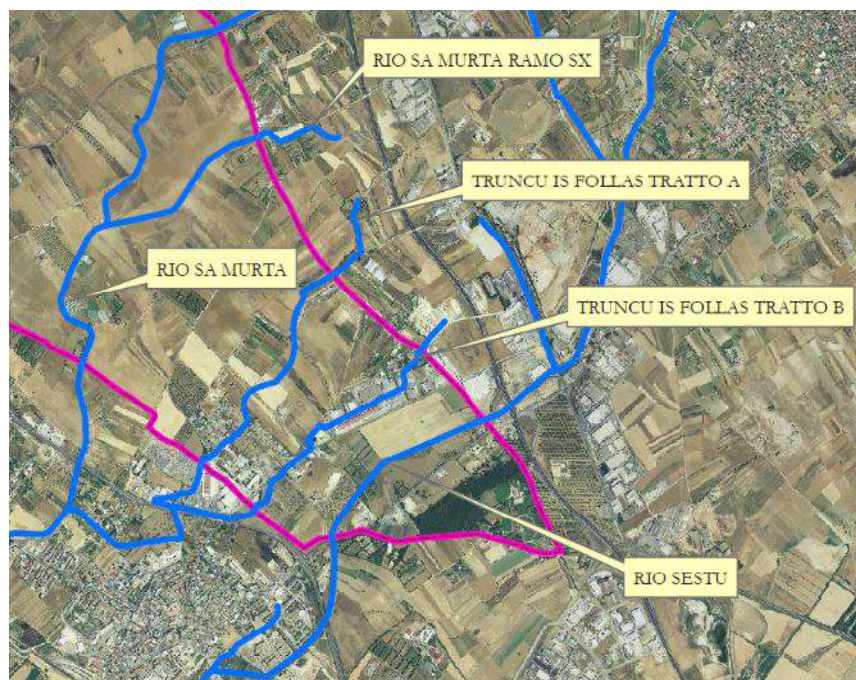


Figura 12 Stralcio Tav 01 Studio di variante al PAI (ing. Frau -geol Demurtas)

Le caratteristiche mororologiche del bacino principale risultano

BACINO TRUNCU IS FOLLAS TRATTO A	
<i>SUPERFICIE (kmq)</i>	1.06
<i>LUNGHEZZA ASTA PRINCIPALE (Km)</i>	2.39
<i>PENDENZA MEDIA ASTA PRINCIPALE</i>	0.009
<i>PENDENZA MEDIA BACINO</i>	0.045
<i>ALTITUDINE MEDIA (m slm)</i>	25.72
<i>ALTITUDINE SEZIONE TERMINALE (m slm)</i>	5.8

successivamente sono consegnate la carta morfologica e dell'acclività.

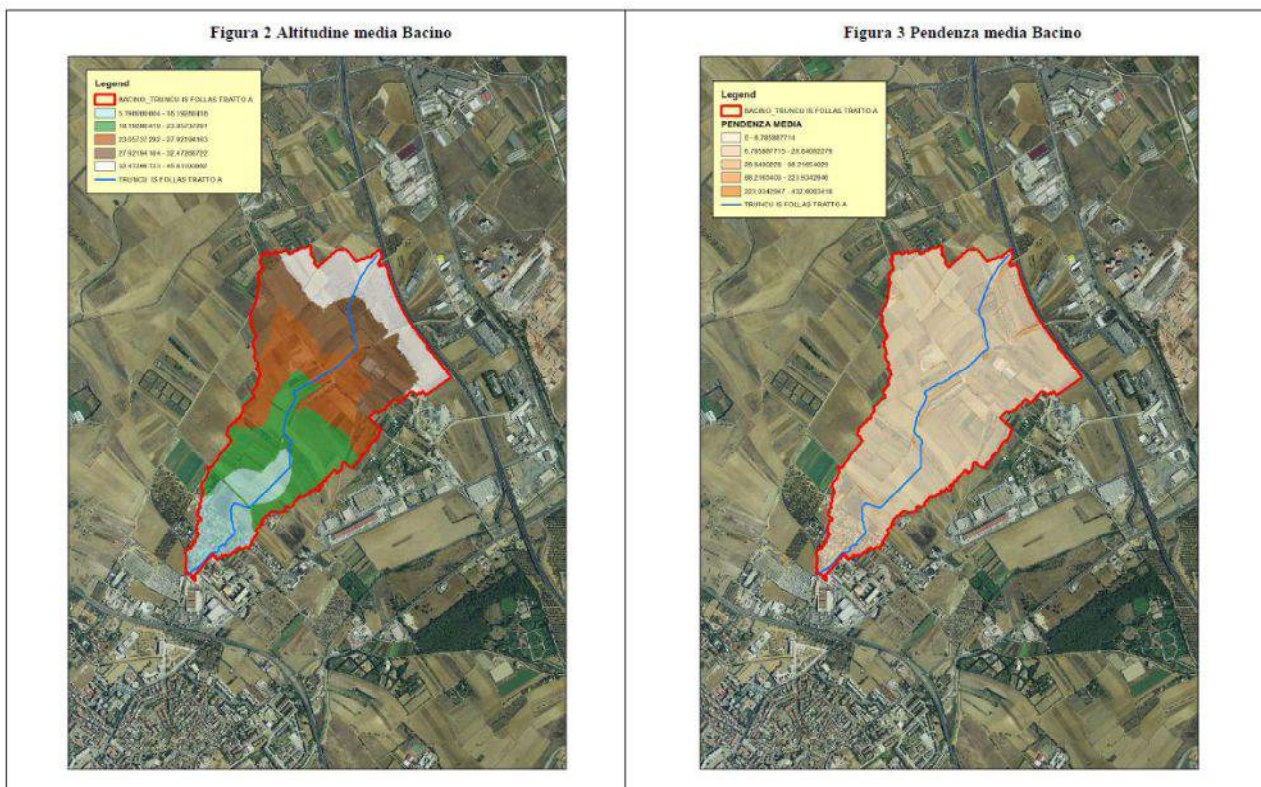


Figura 13 Carta morfologica e dell'acclività

La successiva immagine, sempre tratta dal medesimo studio evidenzia i bacini idrografici colti nell'area in esame, e con essi i valori delle portate di calcolo.

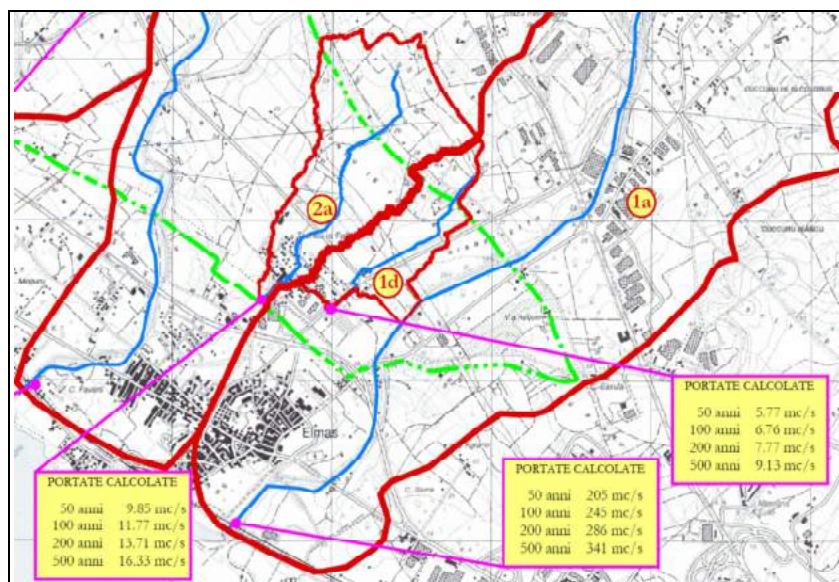


Figura 14 Stralcio della carta dei bacini e relative portate

Il bacino denominato 2a, e tagliato sul limite comunale, e in corrispondenza del muro che definisce il limite dell'insediamento sul quale dovrà essere realizzato il centro commerciale.

Le portate di calcolo relative alle modellazioni idrauliche saranno quindi le seguenti:

$$Q_{50}=9.85 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{100}=11.77 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{200}=13.71 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{500}=16.33 \text{ m}^3/\text{s}$$

Di minori dimensioni è il compluvio individuato con il toponimo tratto B che ha una linea di deflusso principale lungo la Via San Giorgio che collega la SS 130 alla vecchia SS 131.

Sempre dalla Relazione Idrologica allegata allo studio Art. 8 c. 2 del COmune di Assemini, si riscontrano i seguenti dati relativi al bacino in esame.

Tabella 1 Parametri bacino Trnco b (Fonte Studio Art. 8 c. 2 Comune di Assemini)

BACINO TRUNCU IS FOLLAS TRATTO B	
SUPERFICIE (kmq)	0.4953
LUNGHEZZA ASTA PRINCIPALE (Km)	1.624
PENDENZA MEDIA ASTA PRINCIPALE	0.013
PENDENZA MEDIA BACINO	0.06
ALTITUDINE MEDIA (m slm)	20.2
ALTITUDINE SEZIONE TERMINALE (m slm)	10.18

Sembre nello studio citato si individuano le carte morfologiche e dell'acclività dei bacini rappresenrate nelle figure di seguito riportate.

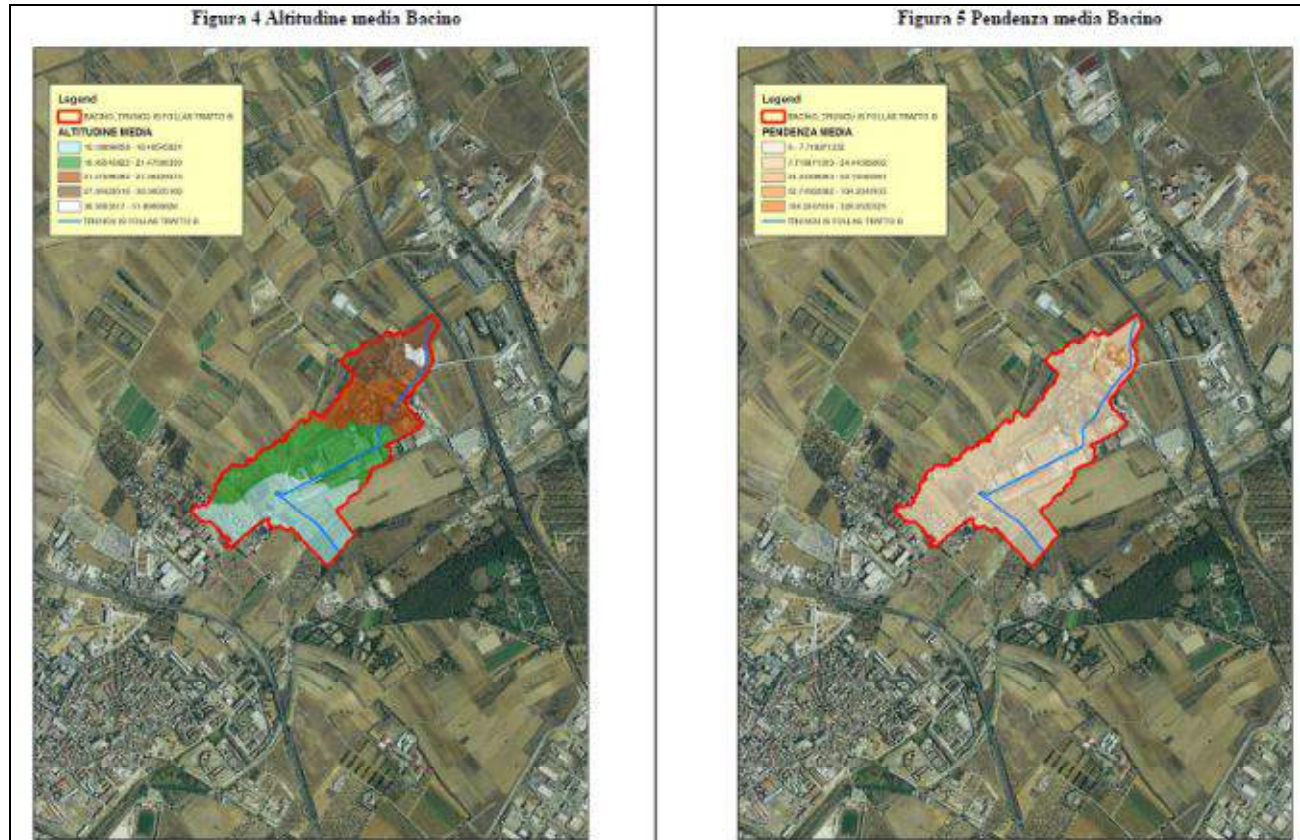


Figura 15 Carta morfologica e dell'acclività (fonte studio ex Art. 8 c. 2 Comune di Assemini)

Sulla base delle valutazioni di carattere idrologico lo studio consegna i seguenti valori di portata:

$$Q_{50}=5.77 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{100}=6.76 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{200}=7.77 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{500}=9.13 \text{ m}^3/\text{s}$$

4. ANALISI IDRAULICA

Al fine di individuare le aree di pericolosità gravanti sull'area oggetto di intervento, sono state effettuate le valutazioni di dettaglio sul compluvio di pertinenza del compluvio individuato nel reticolo idrografico di riferimento ai fini del PAI e sull'elemento secondario, denominato compluvio B nello studio Art. 8 c.2 del Comune di Assemini.

Le modellazioni mirano a determinare i deflussi superficiali determinati dai due elementi di corrivazione coerentemente all'analisi effettuata dal Comune di Elmas.

Unitamente alle valutazioni sugli elementi lineari su citati, il presente elaborato recepisce e le valutazioni riguardanti gli effetti delle precipitazioni sull'area di Truncu Is Follas, Valutazioni che determinano situazioni di criticità diffusa che conducono ad un livello di pericolosità H_{i2} in tutto il rione di Truncu Is Follas ricadente all'interno del Comune di Assemini.

L'analisi degli effetti dei deflussi sul territorio, è stata effettuata rilevando il comportamento che le portate veicolate internamente al reticolo idrografico hanno con le aree di pertinenza fluviale.

La trasposizione dell'evento meteorico e conseguentemente di piena sul territorio è descritta attraverso la modellazione della propagazione della piena sul reticolo idrografico.

In questa fase sono svariate le semplificazioni che vengono assunte: in primo luogo di carattere modellistico, assumendo valide le ipotesi di base dell'equazione di de Saint Venant, e quindi ritenendo in prima stesura che l'alveo sia un cilindroide, che il moto sia gradualmente variato, che durante l'evento di piena la sezione si mantenga immutata come forma e come caratteristiche di scabrezza, e infine che il fluido trasportato si comporti come un fluido newtoniano. Il codice di calcolo utilizzato introduce dei parametri correttivi, che in qualche maniera danno ragione alle semplificazioni adottate in fase di calcolo dei livelli idrici durante lo sviluppo longitudinale dell'asta. Il modello idraulico è stato realizzato utilizzando le informazioni desunte dalla cartografia disponibile (dtm 1 m) supportata da ulteriori indagini e rilievi realizzati e forniti al fine di una più fedele ricostruzione della propagazione della piena.

L'impronta dell'allagamento è definito dal luogo dei punti che in ogni sezione si trovano al di sotto dell'altezza idrica calcolata. Inoltre, si è osservato se le aree esondate potessero o meno rientrare in alveo: laddove non

risultasse possibile il rientro in alveo si è confermata un'area di esondazione anche laddove la sezione risultasse idonea. In ultima analisi, si è cercato di dare una giustificazione globale alle aree coinvolte dagli allagamenti valutando sulla base delle informazioni locali il comportamento delle portate di piena in occasione di eventi di rilievo, consentendo indubbiamente di realizzare una calibrazione dei modelli idraulici prodotti.

4.1. Metodologia utilizzata.

In ottemperanza a quanto disposto dalle Linee Guida del PAI, l'analisi verrà condotta in condizioni di moto permanente per le portate di piena con tempi di ritorno 50, 100, 200, 500 anni.

Nella valutazione delle aree di esondazione si è operato secondo la metodologia di seguito descritta.

Si è realizzato un modello idraulico del terreno nel quale fossero ben definite le sezioni trasversali (transetti), l'andamento planimetrico dell'alveo e la presenza di opere di attraversamento; le caratteristiche di cui sopra definiscono l'andamento planoaltimetrico del rio e conseguentemente le sue caratteristiche geometriche. In una seconda fase, sulla base della caratteristica del suolo e delle caratteristiche del materiale, si è attribuito il coefficiente di scabrezza; nel caso specifico, condividendo quanto predisposti nell'ambito dello studio art.8 c.2 è stato utilizzato un valore del coefficiente di mannig pari a 0.02.

L'analisi in condizioni di moto permanente necessita della definizione della condizione a contorno di monte e della definizione a contorno di valle; premettendo che da un'analisi di sensitività si è osservato che generalmente questo parametro, se scelto con criterio, non produce particolari variazioni dei livelli idrici già dopo alcuni metri, si è ritenuto cautelativo assumere per le due condizioni l'ipotesi di altezza di moto uniforme con pendenza d'alveo pari all'uno per cento.

4.2. Codice di calcolo.

Il modello idraulico utilizzato in questo studio, denominato HEC-RAS, nella sua versione 5.03, è stato sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers; il modello è in grado di effettuare simulazioni di tipo monodimensionale del fenomeno di propagazione dell'onda di piena su corsi d'acqua in condizioni di moto stazionario e non stazionario.

Questa scelta è stata fatta per ragioni di coerenza con il PAI che ha individuato e perimetrato le aree a pericolosità idraulica utilizzando questo codice di calcolo. Il modello presuppone che siano fornite tutte le informazioni necessarie, ed in particolare la geometria di un numero sufficiente di sezioni trasversali, la scabrezza che metta in conto le resistenze idrauliche, le condizioni al contorno e le portate.

Il programma consente di inserire sezioni trasversali fittizie, interpolando quelle rilevate, in modo da assicurare che il passo di discretizzazione spaziale non ecceda un assegnato valore limite ed è in grado di modellare il comportamento di canali naturali e artificiali tenendo conto dell'influenza sul moto di manufatti di vario tipo quali ponti, briglie, paratoie che influenzano le caratteristiche della corrente ecc.

Moto permanente

Per l'analisi in moto permanente HEC-RAS determina il profilo del pelo libero tra una sezione e la successiva mediante la procedura iterativa denominata standard step, risolvendo l'equazione del bilancio energetico,

$$\boxed{Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} - h_e} \quad (1)$$

dove:

Y_1 e Y_2 sono le altezze d'acqua riferite al fondo dell'alveo;

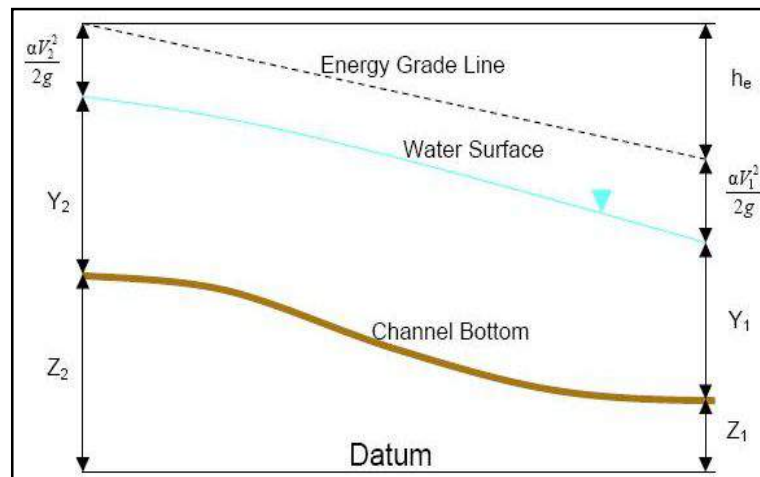
Z_1 e Z_2 sono le altezze del fondo rispetto ad una quota di riferimento;

V_1 e V_2 sono le velocità medie della corrente nelle due sezioni estreme del tronco fluviale

considerato;

α_1 e α_2 sono coefficienti di ragguaglio delle potenze cinetiche;

h_e è la perdita di carico tra le due sezioni considerate.



Il termine h_e dipende sia dalle perdite per attrito che da quelle per contrazione ed espansione. Si può valutare mediante la seguente relazione:

$$h_e = L \cdot \overline{S_f} + C \cdot \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (2)$$

dove:

L è la lunghezza del tronco considerato;

$\overline{S_f}$ è la cadente media tra le due sezioni;

C è il coefficiente di perdita di carico per contrazione o espansione.

Il primo termine rappresenta la perdita totale per attrito, prodotto tra la distanza tra le due sezioni e la cadente media. Il programma prevede diverse possibilità di calcolo della cadente, che viene determinata presupponendo una suddivisione della sezione d'alveo in sottosezioni all'interno delle quali la velocità possa ritenersi con buona approssimazione costante.

Il secondo termine della equazione per il calcolo delle perdite di carico rappresenta invece il contributo dovuto alla contrazione ed espansione dell'area bagnata; tali perdite sorgono nel momento in cui si abbia un allargamento o restringimento della sezione che determini una situazione di corrente non lineare. Il coefficiente C varia in un

intervallo compreso tra 0.1 e 1 per correnti subcritiche, mentre in caso di correnti veloci generalmente si assumono valori inferiori.

L'altezza del pelo libero, in riferimento ad una assegnata sezione, viene determinato mediante una risoluzione iterativa delle equazioni (1) e (2). Il modello fornisce inoltre i valori dell'altezza critica nelle diverse sezioni fluviali. Qualora si verificano transizioni da corrente lenta e veloce o viceversa, in tali segmenti di asta fluviale l'equazione di bilancio energetico è sostituita dall'equazione globale di equilibrio dinamico.

Il modello HEC-RAS consente di modellare l'effetto indotto sulla corrente dalla presenza di attraversamenti fluviali, nel caso che il deflusso attraverso il ponte avvenga a pelo libero ma anche in pressione. La perdita di energia causata dal ponte è divisa in tre parti: in primo luogo le perdite che si hanno nella zona immediatamente a valle del ponte dove, generalmente, si ha un'espansione della corrente. Sono poi considerate le perdite di energia che si verificano durante l'attraversamento del ponte, nonché le perdite che si hanno immediatamente a monte, ove la corrente subisce una contrazione.

Per lo studio del deflusso attraverso un ponte HEC-RAS fa riferimento a quattro sezioni fluviali trasversali: sezione a monte del ponte, sezione di ingresso al ponte, sezione in uscita al ponte e sezione a valle del ponte. Il calcolo può essere effettuato utilizzando diverse soluzioni.

Il metodo del bilancio energetico (metodo standard step), tratta la sezione in cui è presente il ponte esattamente come le altre, ad eccezione del fatto che l'area occupata dalla struttura viene sottratta dall'area totale e che il perimetro bagnato risulta incrementato per via del contributo dato dal ponte stesso. Poiché le perdite totali sono funzione delle perdite per attrito e delle perdite per contrazione ed espansione, occorre definire in questa fase i coefficienti necessari per il calcolo. In particolare, essendovi variazioni di velocità anche notevoli, il coefficiente di contrazione e soprattutto quello di espansione risulteranno sensibilmente maggiori dei valori assunti per i normali tronchi fluviali.

Il metodo del bilancio della quantità di moto si basa invece sull'applicazione dell'omonima equazione tra le quattro sezioni fluviali in precedenza descritte. Il modello permette all'utente di utilizzare, per lo studio di ogni ponte, ciascuno dei metodi sopra citati o eventualmente di selezionarli entrambi; il software provvede a restituire il profilo che prospetta la situazione caratterizzata da maggior criticità.

4.3. Descrizione della geometria e risultanze della modellazione.

Come indicato nella premessa al paragrafo, l'analisi è stata effettuata sui due elementi di compluvio gravanti sul settore analizzato, , accompagnato da un'analisi interpretativa del processo di deflusso delle acque zenitali gravanti sull'area.

4.3.1. Compluvio principale di Truncu Is Follas

Il tratto studiato si sviluppa per complessivi 1500 m circa, percorrendolo dal tratto interno al comune di Assemini sino alla viabilità interna all'abitato nel terriorio di Elmas.

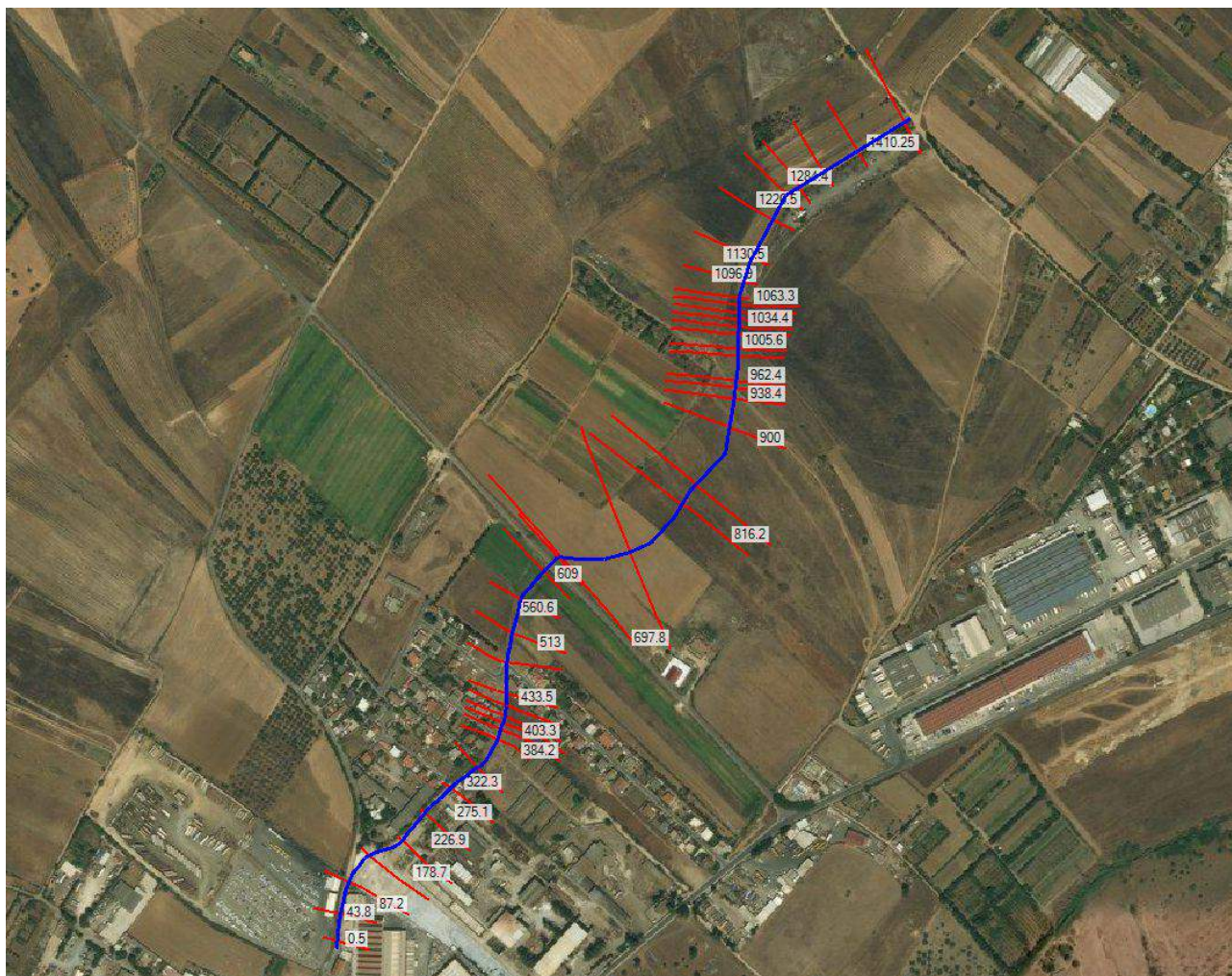


Figura 16 Rappresentazione planimetriche del modello di calcolo.

Lungo il suo percorso, si interseca con due elementi di viabilità, una prima, denominata *Strada dei Canadesi*, una più a valle, denominata *via Truncu Is Follas*.

La forma del terreno è stata realizzata mediante l'interposizione di 45 transetti tracciati perpendicolare al flusso. Nell'area esterna al complesso Gecopre, si è fatto utilizzo del modello digitale del suolo, al suo interno il modello è stato inoltre adeguato sulla base di rilievi realizzati per il presente studio.

I transetti, unitamente all'andamento planimetrico del Rio definivano forma e pendenza del compluvio le cui rappresentazioni schematiche sono di seguito consegnate.

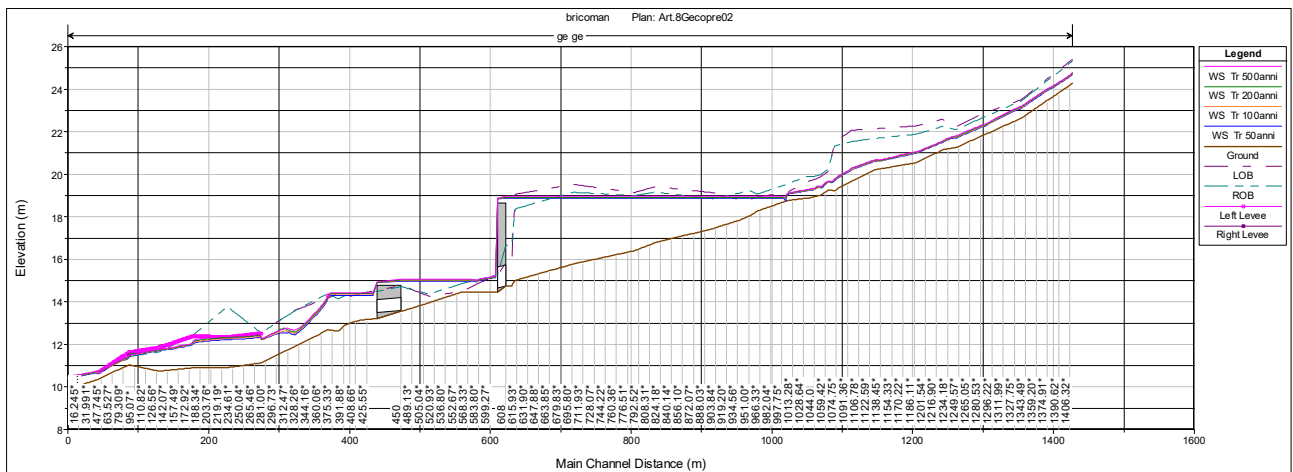


Figura 17 Profilo di moto permanente

La prima intersezione determina, come evidente anche dal profilo, un considerevole sbarramento rispetto al deflusso, la strada risulta infatti sovralzata rispetto al piano di campagna di circa 4 metri determinando nella realtà una vera laminazione delle portate.

La luce del sottopasso, delle dimensioni di un metro di base per 150 cm di altezza funge sostanzialmente da bocca tarata, determinando un efflusso libero ma sotto battente vero valle.

Le successive immagini consegnano l'intersezione in esame colta con immagine a 45° da monte e da valle e di seguito il modello di calcolo.

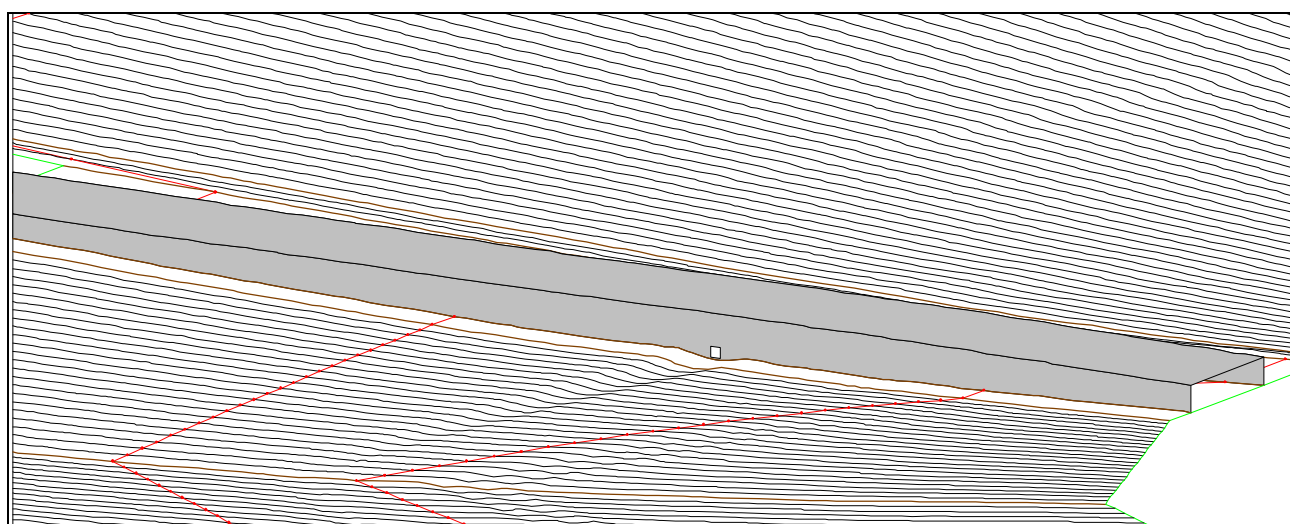


Figura 18 Foto aeree e modello di calcolo intersezione con Strada dei Canadesi

Poco a valle, in corrispondenza con l'intersezione con via Truncu Is Follas, il piano stradale risulta moderatamente sovralzato rispetto al piano campagna; le esigue dimensioni del sottopasso (circolare $d=60$ cm) determinano condizioni di allagamento del piano viario anche in corrispondenza delle portate minori.

Le successive immagini consegnano alcune vedute dell'intersezione e la rappresentazione su modello HecRas

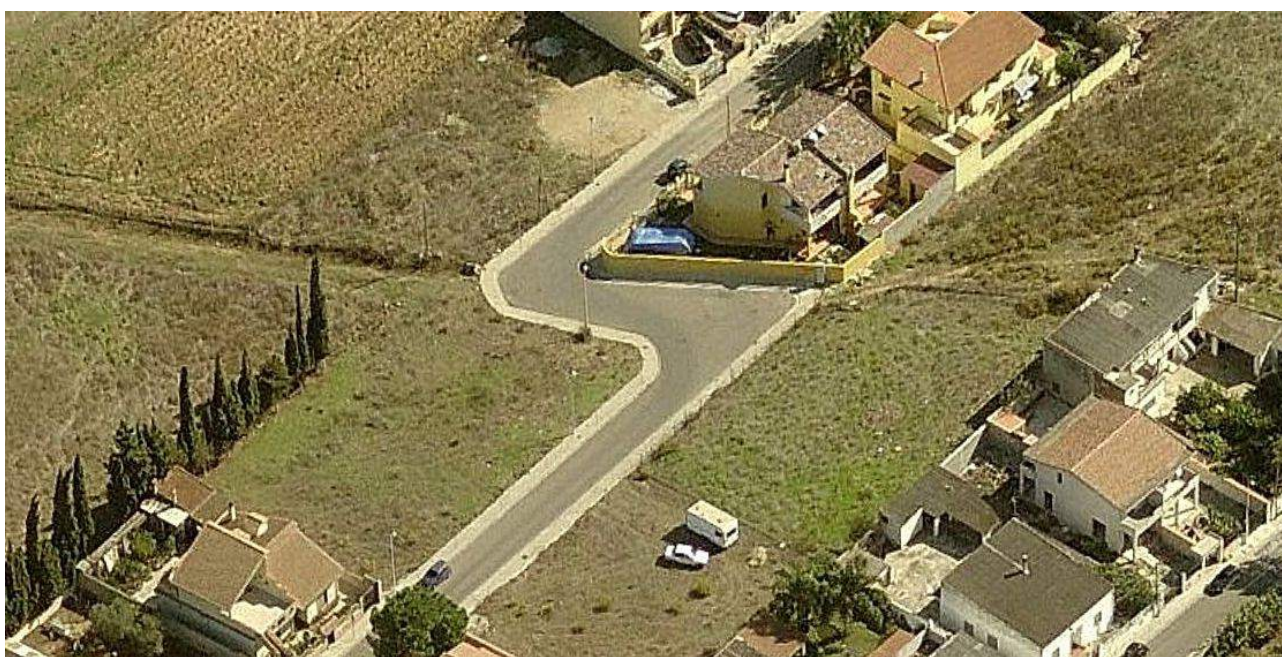


Figura 19 Immagine al suolo e aerea dell'intersezione di via Truncu Is Follas

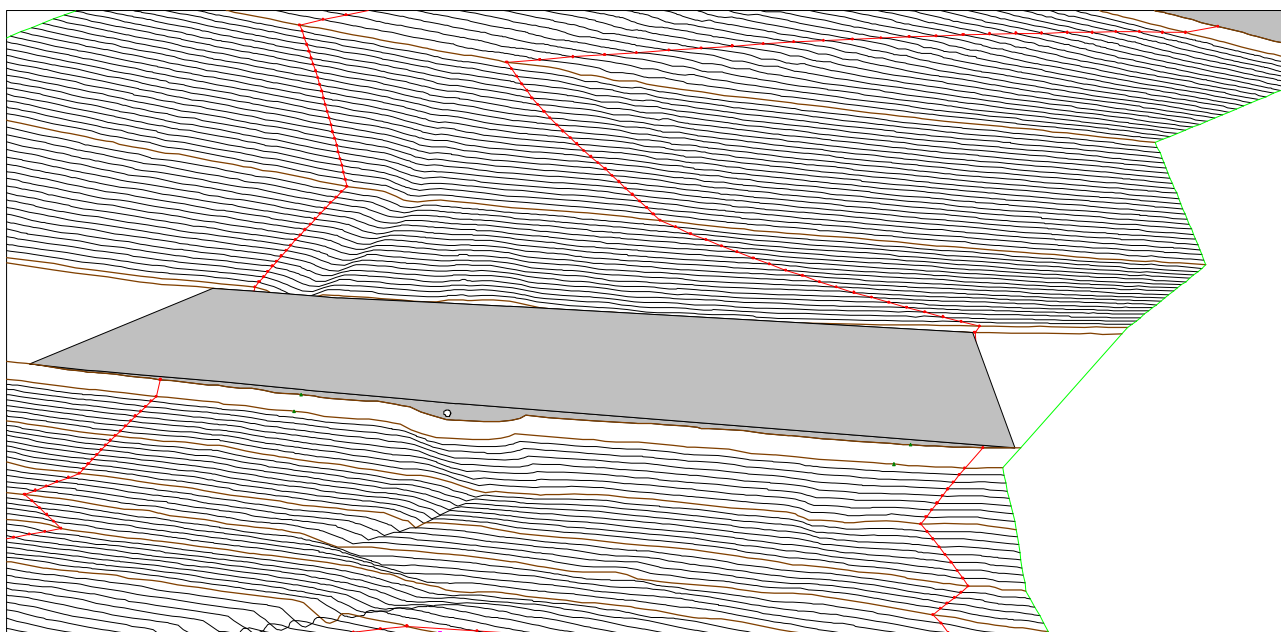


Figura 20 Modello 3D HecRas

Le due intersezioni, soprattutto la prima determinano condizioni di invaso ragguardevoli, con tiranti idrici, nel primo caso anche di 4 m circa.

Si precisa che, in occasione di eventi di particolare rilevanza, è verosimile la possibile parzializzazione della sezione idraulica degli attraversamenti. Per questa ragione nel modello idraulico sono stati inserite delle dimensioni inferiori a quelle reali, in particolare, per l'attraversamento di monte l'altezza è stata ridotta da 150 cm a 50 cm, per l'attraversamento di valle il diametro è stato ridotto da 60 cm a 20 cm..

Queste differenze, seppure importanti rispetto alle reali dimensioni non determinano aggravii rilevanti rispetto agli effetti degli allagamenti; questo in quanto la modellazione è stata condotta in moto permanente, e come tale, non tiene conto dell'effetto di laminazione e quindi lo scenario di allagamento a valle dell'attraversamento continua ad essere pertinente dell'intera portata.

Più precisamente a valle le portate si mantengono costanti indipendentemente dall'opera di intersezione, a monte, la riduzione della luce si traduce in un incremento del battente di pochi centimetri. Infatti anche con le reali dimensioni dell'attraversamento, mai i 10 m³/s circa di portata sarebbero potuti transitare entro la sezione di 1.5 m² qual è quella del sottopasso, si sarebbe comunque avuto il sormonto stradale.

La figura che segue ripropone l'andamento del profilo liquido con particolare evidenza degli attraversamenti si citati

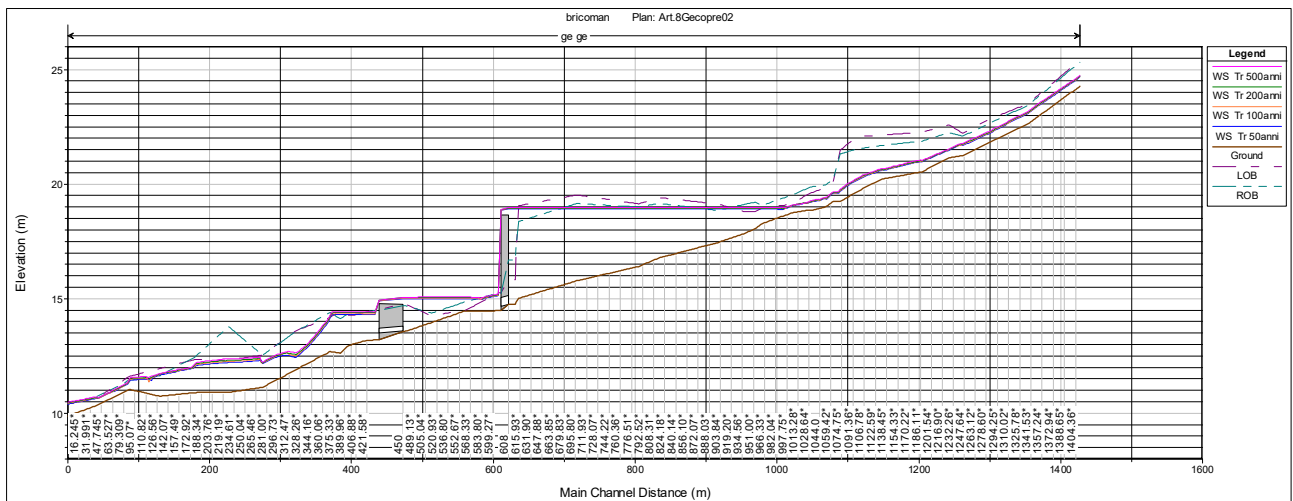


Figura 21 Profilo di corrente

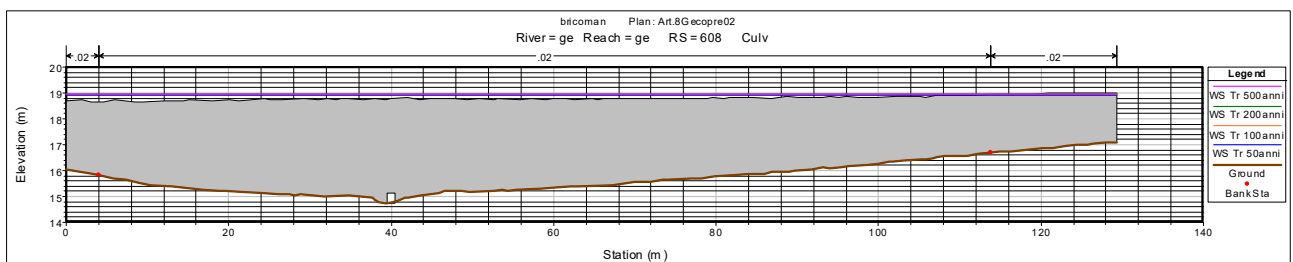


Figura 22 Figura 14 Sezione modello idraulico culvert Strada dei Canadesi

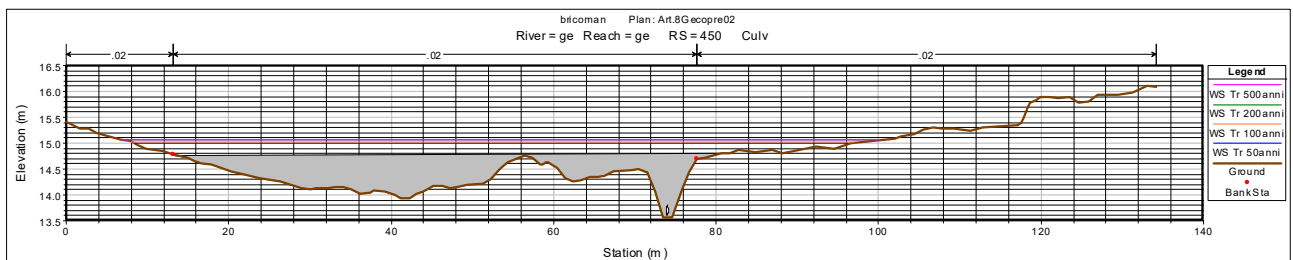


Figura 23 Sezione modello idraulico culvert Via Truncu Is Follas

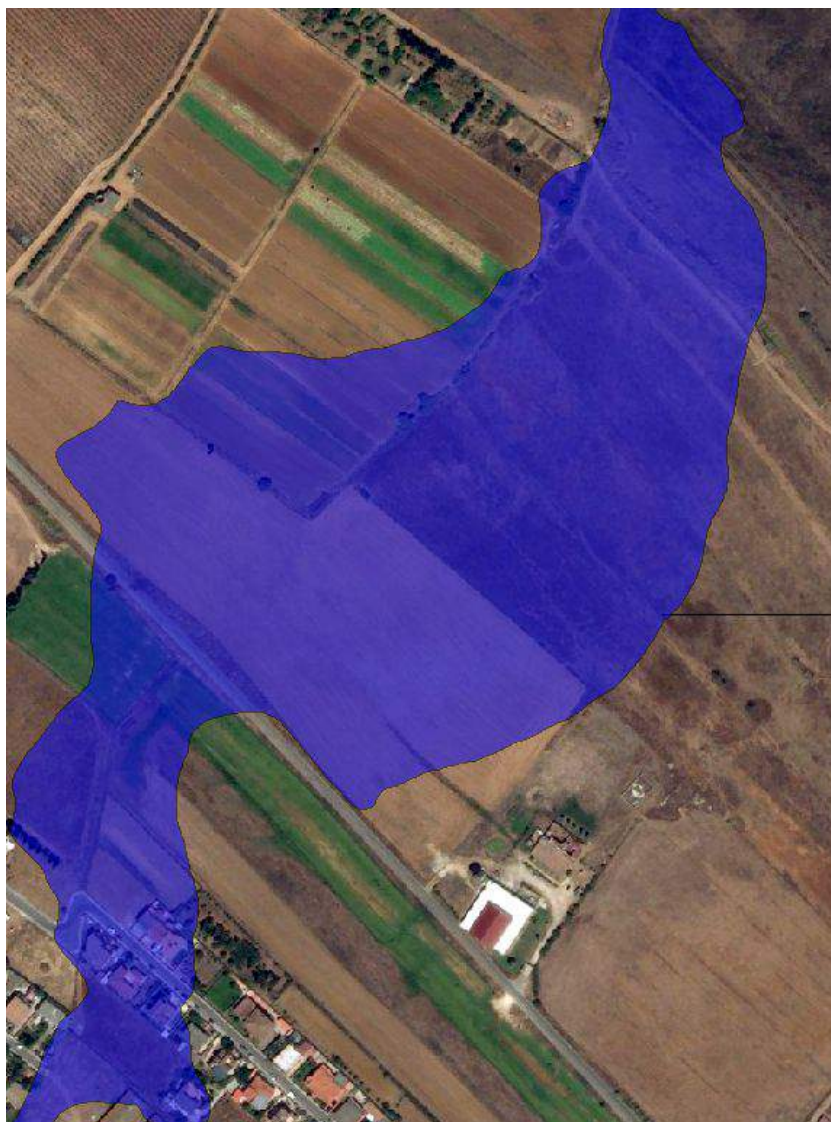


Figura 24 Scenario di allagamento Hi4 a monte della Strada dei Canadesi

La larghezza della sezione bagnata sull'area a monte della strada dei Canadesi, raggiunge valori dell'ordine dei 250m, a valle, la sezione ovviamente si restringe attestandosi su valori dell'ordine dei 50 - 80 m con tiranti idrici estremamente modesti.

A valle dell'intersezione di cui sopra, le alterazioni del territorio assumono, come per'altro indicato in precedenza, connotati sempre maggiori.

Sia opere infrastrutturali, sia interventi residenziali e sia attività produttive, hanno alterato nella generalità dei casi la quota e la forma del compluvio, relegandola in alcuni casi ad una vera e propria canaletta posta ai margini delle proprietà.

In particolare, a valle dell'intersezione con la via Truncu Is Follas per circa 150m il compluvio attraversa un'area interessata dalla presenza di un'attività zootecnica oramai cessata. poco a valle il compluvio attraversa l'ex area Gecopre attestandosi sul limite Nord della proprietà.

All'interno dell'area Ex Gecopre è presente una canale di raccolta di forma trapezia in terra delle dimensioni di 30-40 cm di base con altezza variabile poco inferiore al metro e scarpe 1:1.

Alla destra della canale è visibile una forte ricarica del terreno sulla quale sono state realizzate degli edifici .

Le successive immagini risalenti ai primi anni duemila, evidenziano la canale in prossimità degli alberi ai limiti della proprietà; in prossimità della canale è posta la strada perimetrale, il cui sedime è generalmente a quota inferiore alle aree contermini..

L'area era adibita per la maturazione dei prefabbricati; era generalmente sgombra da edifici e presentava quote inferiori al contesto ad essa esso prossimo.

Le successive immagini rendono conto dell'area in esame e della posizione della canale.



Figura 25 Veduta aerea estesa dell'area a valle della via Truncu Is Follas



Figura 26 Fotografia aerea Area Ex Gecopre (particolare della canale a ridosso dell'alberatura)

La modellazione a valle della via Truncu Is Follas ha evidenziato una notevole riduzione delle aree interessate dagli allagamenti, progressivamente si passa quindi da valori dell'ordine dei 50 m sino a 15 m circa entro l'ex stabilimento Gecopre

La successiva immagine mette a confronto il profilo di corrente con i campi di velocità media. Si rileva che a monte della strada dei canadesi, laddove l'acqua tende ad invasare la velocità è sostanzialmente nulla, a valle si ha un incremento che tuttavia mantiene su valori di mezzo metro al secondo.

Più a valle, in corrispondenza delle sezioni 322 e 275 si ha un incremento di velocità legato all'aumento della pendenza, successivamente, la velocità si riporta su valori dell'ordine del metro a secondo, nei tratti in corrispondenti alla progressiva 200 all'interno dello stabilimento.

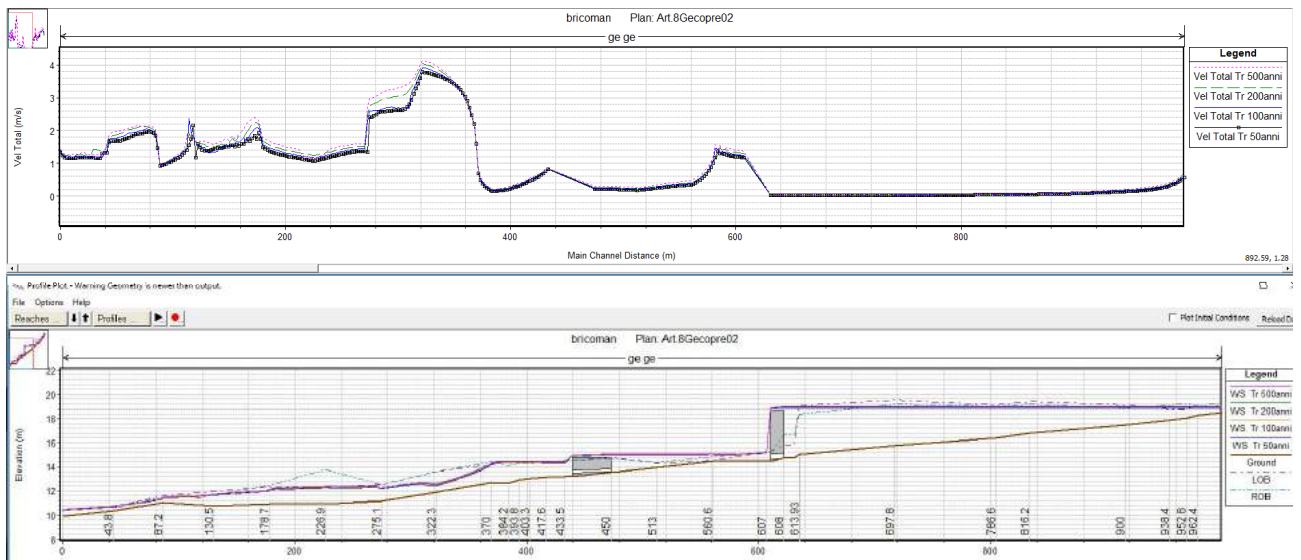


Figura 27 Profilo liquido con confronto altezze idriche-velocità di deflusso



Figura 28 Stralcio modello Hec Area ExGecopre



Figura 29 Stralcio Area di pericolosità idraulica Area Ex Gecopre

Lungo il percorso, la canale, in prossimità dell'estremo sud della proprietà Gecopre, tende ad immettersi in un condotto che subito riemerge alimentando le canalette stradali di Via dei Mandorli

L'ubicazione è valle della sezione 87 il deflusso scorre sostanzialmente lungo la strada confinato in qualche maniera dagli interventi di trasformazione antropica.

.Le due immagini che seguano consegnano una rappresentazione aerea e a quota suolo dell'area contermina alla Via dei Mandorli



Figura 30 Via Dei Mandorli, immagine aerea



Figura 31 Via Dei Mandorli, immagine quota suolo

Proseguendo verso valle i deflussi di magra si allineano nelle canale stradali, in occasione di eventi di maggiore rilevanza evidentemente viene interessata l'intera sede viaria. La modellazione si ferma nell'intorno del limite comunale con Elmas, la condizione a contorno che è stata utilizzata corrisponde ad una condizione di moto uniforme con pendenza dell'1%. La modellazione produce un livello di pericolosità che ben si allinea con quanto indicato dal comune di Elmas nel suo Studio Ex Art. 8 c.2.

Infatti, nel suddetto studio si prevedeva un sostanziale fenomeno di accumulo legato all'impedimento al deflusso determinato dalla SS 130, il tirante idrico che viene raggiunto è sostanzialmente prossimo al piano viario della SS130

La sottostante immagine consegna una rappresentazione del livello di pericolosità involuppo con in evidenza rossa la parte relativa allo studio del Comune di Elmas

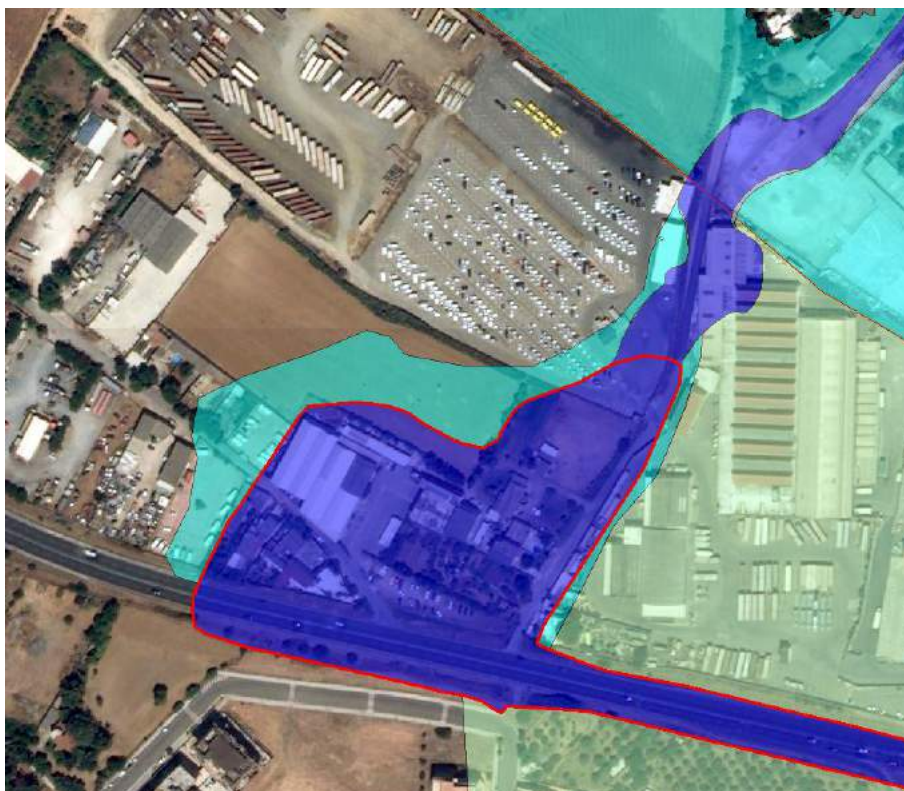


Figura 32 Pericolosità inviluppo con evidenza della pericolosità Studio Comunale di Elmas

4.3.2. Compluvio secondario di Truncu Is Follas (tronco B)

Il tratto oggetto di analisi si sviluppa per complessivi 780 m circa con origine all'intersezione tra la Strada dei Canadesi e la Via San Giorgio. il tratto percorre sostanzialmente la suddetta via sino all'intersezione con la SS 130. In quest'ultimo tratto, il *river* si allinea con l'elemento di cunetta stradale, percorrendo la medesima sino al ricongiungimento con l'area di pericolosità idraulica individuata nello studio Ex Art. 8 c. 2 effettuato dal Comune di Elmas.

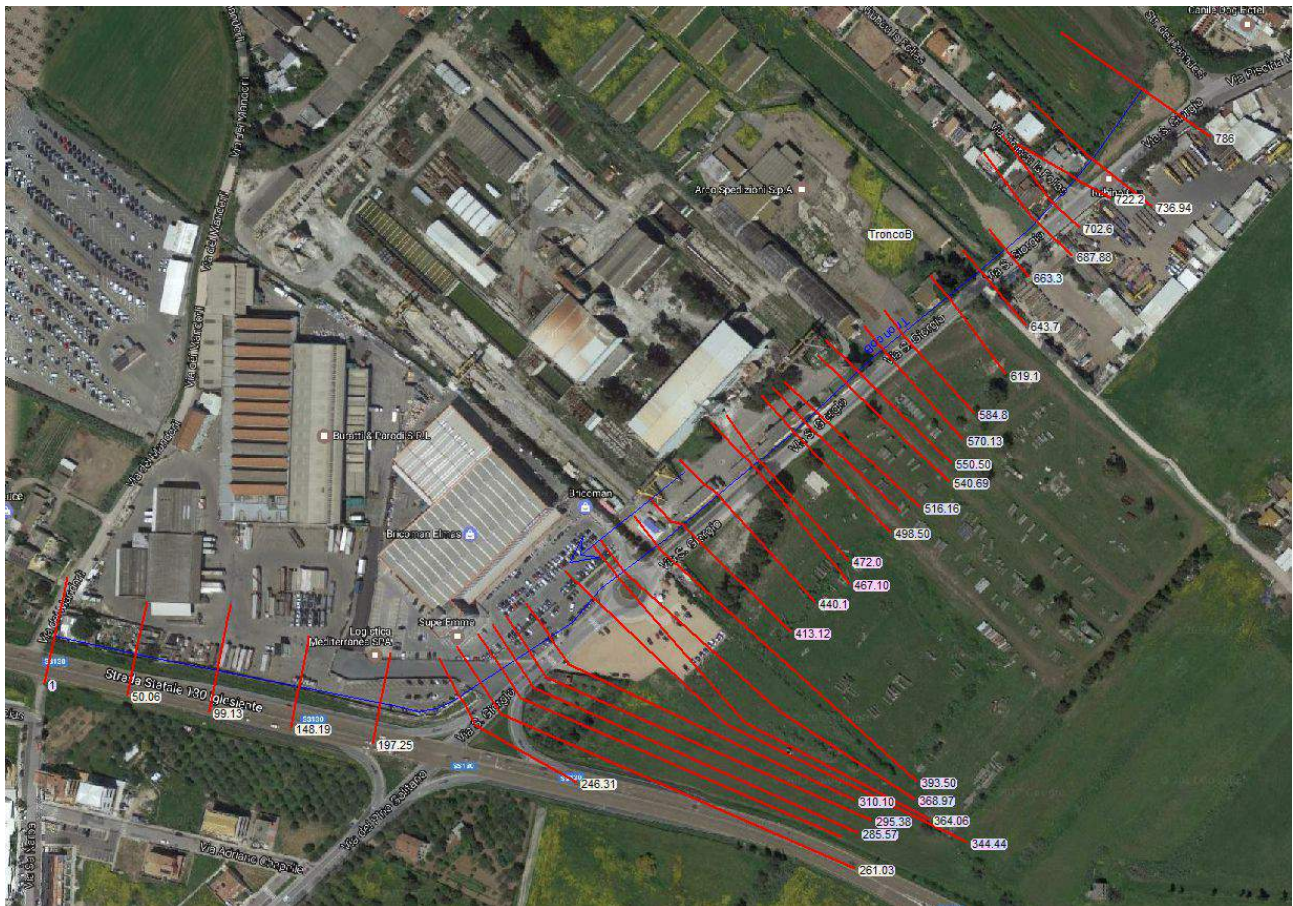


Figura 33 Rappresentazione planimetriche del modello di calcolo.

La forma del terreno è stata realizzata mediante l'interposizione di 34 transetti tracciati perpendicolare al flusso. La determinazione delle dimensioni e forme dei transetti è stata effettuata tenendo conto dell'assenza di una vera linea di compluvio ma di una diffuso sistema di scorrimento superficiali spesso alterato da modeste modifiche del terreno determinato dai processi antropici

I transetti, unitamente all'andamento planimetrico dell'elemento longitudinale individuato come *river* nel modello di calcolo definivano forma e pendenza, le rappresentazioni schematiche sono di seguito consegnate.

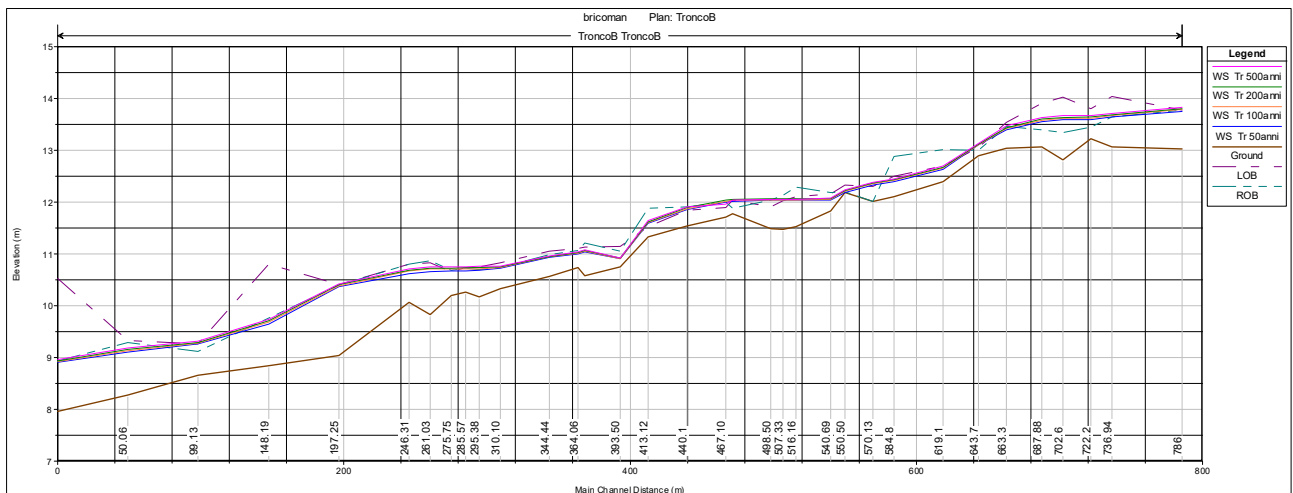


Figura 34 Profilo di moto permanente

Ciò che emerge dall'esame del profilo sono tre situazioni distinte, la prima caratterizza un tratto di circa 100m compreso tra l'origine e la RS 700 circa, corrispondente all'intersezione con la Via Truncu Is Follas. In questo tratto il sedime è sostanzialmente quello originale, i tiranti idrici sono poco superiori ai 50 cm per la presente dell'effetto di sbarramento determinato proprio dalla strada citata. A valle dell'intersezione la via San Giorgio assume un ruolo particolare:

- ospita una linea fognaria delle acque bianche che poi sversa sulla cunetta posta in fregio alla SS 130 all'altezza dell'immissione nella via San Giorgio. Il suddetto collettore ha origine in Via Piscina Manna e recepisce oltre alle acque stradali le acque dei piazzali contermini.
- diventa sede di scorrimento superficiale in occasione di eventi meteorici superiori alla capacità di trasporto del sistema fognario;
- diventa elemento di divisione e recapito delle acque superficiali con deflusso verso aree poste a sud, non ancora antropizzate con generale quota di sedime inferiore rispetto alla strada.

A valle della via Truncu Is follas, e per i successivi 400 m circa, il tirante idrico si riduce, le acque tendono a scorrere sul piano stradale e in parte a divagare soprattutto verso le aree contermini a sud andando ad interessare l'agro. Le divagazioni determinerebbero una progressiva riduzione della portata lungo il percorso, condizione che in questa metodologia di analisi non è stata svolta in quanto si è posta particolare rilevanza al mantenimento della portata per effetto dell'interazione che i deflussi hanno con la SS 130, arteria di traffico di particolare rilevanza.

La successiva immagine consegna un veduta generale dell'area compresa tra la Strada dei Canadesi e la SS 130.

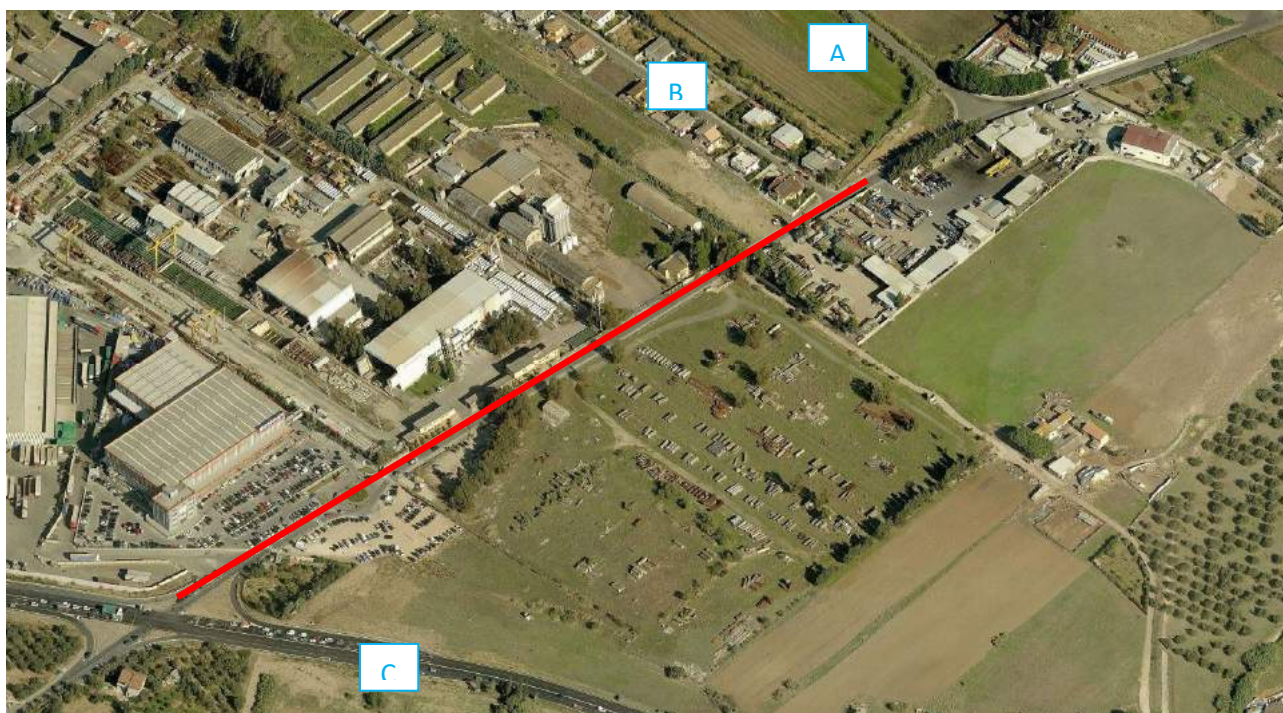


Figura 35 Tratto di Via San Giorgio (tra Strada dei Canadesi e SS 130)

Una considerazione specifica riguarda l'area adibita a parcheggio posta in prossimità della innesto della Via San Giorgio, l'area di sedime risulta diffusamente rialzata rispetto all'area circostante condizione sostanzialmente impedisce il suo coinvolgimento delle acque veicolate lungo il piano stradale.



Figura 36 Veduta aerea area parcheggio

Di seguito si consegna uno stralcio delle indicazioni tratte dalla modellazione idraulica nell'area in esame



Figura 37 stralcio planimetrico del modello idraulico

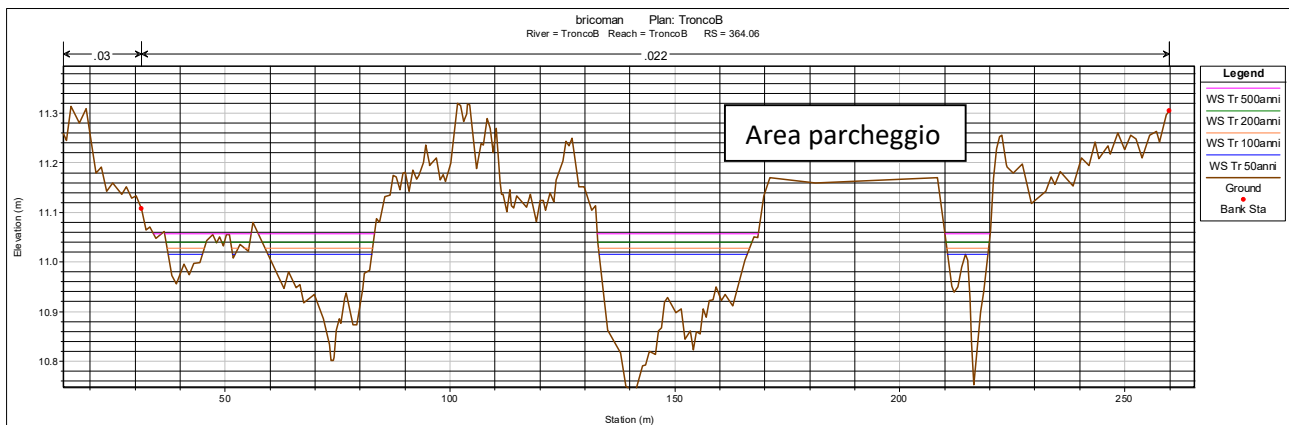


Figura 38 Transetto nell'area di interesse

Oltre la RS 246, negli ultimi 250 m il *river* si affianca alla cunetta della SS 130, in questo contesto i tiranti idrici tendono nuovamente ad innalzarsi per effetto del confinamento determinato dal rilevato della SS 130. Coerentemente con quanto determinato nell'ambito dello studio effettuato dal Comune di Elmas non si è valutato efficace il sottopasso della statale in virtù delle ridotte dimensioni delle condotte di attraversamento (diametro condotte da 60 cm e 80 cm) e in ossequio alle disposizioni relative alle verifiche degli attraversamenti stradali.

In sostanza quindi la SS 130 costituisce un vincolo insormontabile per i deflussi superficiali di tutto il comparto esaminato; la linea di deflusso si allinea quindi alla cunetta stradale andando ad alimentare l'area di invaso individuata dallo studio Comune di Elmas.

Le successive immagini consegnano l'andamento delle linee di attraversamento della ss e il recapito verso il sottostante canale che conduce al Rio Sa Murta.





Figura 39 Veduta aerea delle linee di scorrimento delle acque del tronco B nelle aree contermini della SS 130

Il risultato delle modellazioni consegna la seguente impronta delle aree allagabili



Figura 40 Aree di pericolosità idraulica - modellazione tronco B

Come evidente l'impronta di pericolosità idraulica salta la via San Giorgio all'altezza della via Truncu Is Follas, si allinea alla via San Giorgio andando a interessare le campagne poste ad est della suddetta strada; successivamente vengono confinate da rilevato della SS 130 andando ad interessare la cunetta stradale e le aree ad essa prossima ricongiungendosi all'area di pericolosità del tronco principale

4.3.3. Scorrimento delle acque zenitali sull'are di Truncu Is Follas

Lo studio Ex Art. 8 c.2 predisposto dal comune di Assemini, valuta gli effetti delle piogge zenitali ricadenti nell'area di Truncu Is Follas oramai in gran parte resa impermeabile; lo studio individua una criticità diffusa H_{i2} che interessa una vasta area delimitata verso monte dalla curva di livello a quota 14 m slm. La suddetta area è confinata invece verso valle sul limite del territorio comunale.

Nell'ambito del presente studio, trattandosi di un art. 8 e non di una procedura di variante, si assumono valida e immutabili le condizioni assunte nel territorio comunale di Assemini e si adotta un principio di coerenza e

continuità per quanto attiene il territorio di Elmas. Secondo questo principio si assume che, nell'area ricompresa tra i due compluvi indagati e modellati, e in sponda destra del compluvio principale, si estenda per continuità con quanto individuato ad Assemini la pericolosità Hi2 sino ad essere confinata dalla SS 130 (si rimanda alla tavola RL08.2).

In destra idraulica l'area individuata è confinata dall'alto topografico che definisce lo spartiacque con il rio Sa Murta.

L'area individuata non nasce da valutazioni di carattere modellistico la da valutazioni e considerazioni di carattere morfologico e di coerenza con quanto vigente nell'area.

Allo stato attuale sono in fase di predisposizione le analisi di dettaglio definite congiuntamente tra i professionisti incaricati dai comuni di Assemini e di Elmas per una maggiore e puntuale definizione delle aree interessate dalle piogge zenitali. Questa attività potrà dovrà definire indirizzi operativi per una soluzione delle criticità individuate.

4.3.4. Area di pericolosità proposta

Sulla base delle considerazioni dei livelli di pericolosità idraulica individuati e descritti nei punti precedenti sono state ottenute quale involucro i livelli di pericolosità proposti nel presente studio.

Le due successive immagini, ai solo fini riepilogativi, consegnano su ortofoto le impronte allagabili di quanto riportato nell'involuppo PGRA e di quanto proposto in questa sede; si da riscontro del fatto che l'area allagabile bicentenario si estende per ruscellamento verso la SS 130, è inoltre confinato ad ovest dal bacino del Rio Sa Murta

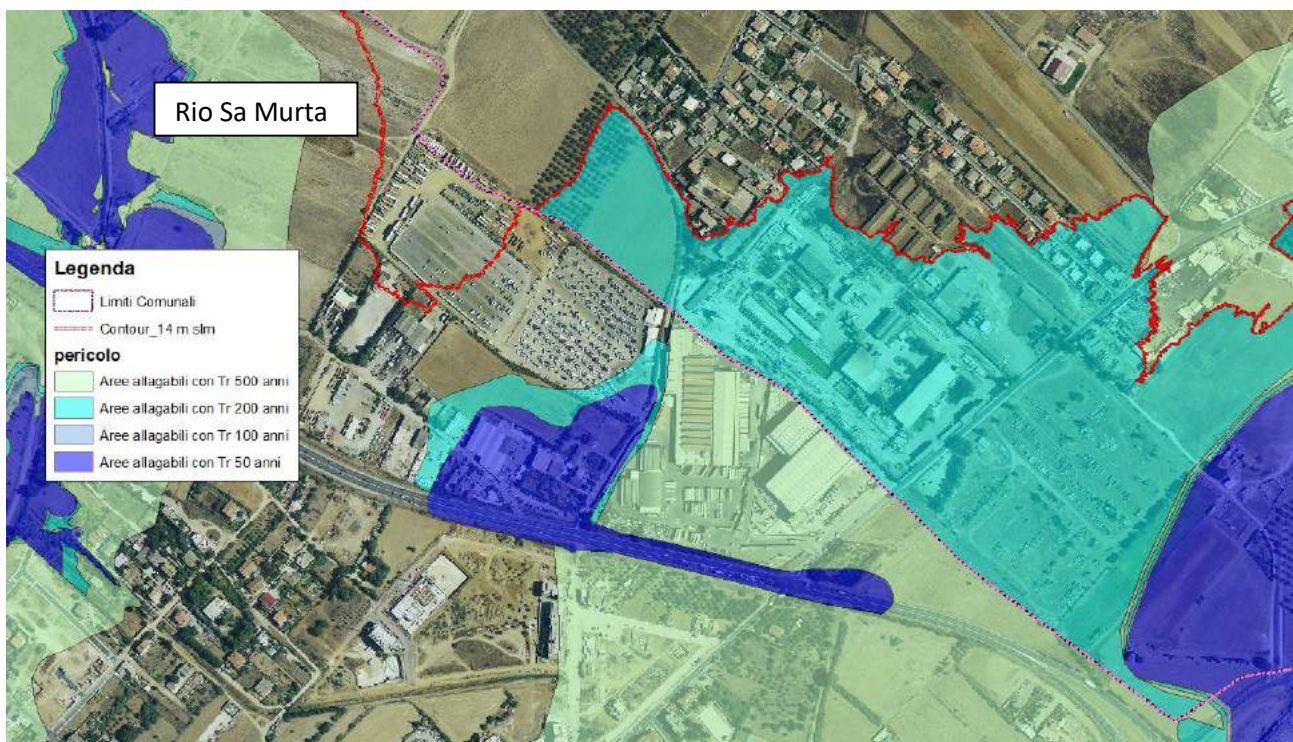


Figura 41 Stralcio PGRA

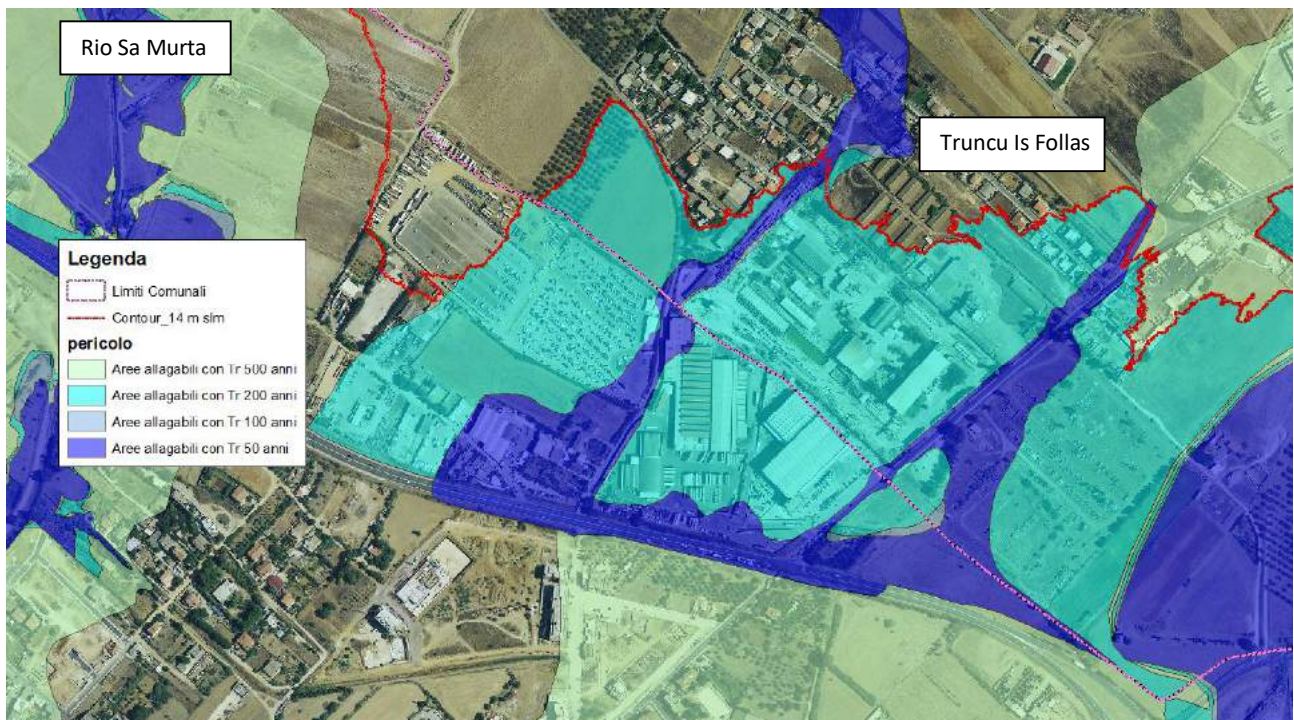


Figura 42 Pericolosità proposta

Un'eventuale ulteriori affinamenti del contesto territoriale, con particolare rilevanza per le piogge zentrali, come su richiamato, potrà essere valutata in sede di procedura di variante Ex Art. 37 resa da parte delle singole Amministrazioni Comunali di Elmas e di Assemini meglio se mediante un analisi congiunta

Cagliari Ottobre 2017

Geol. Fausto Alessandro Pani

Ing. Alessandro Salis