

## Dirigente Settore Sviluppo del Territorio

Dott. Ing. Giuseppe Pinna

## **Progettista**

Ing. Alessandro Salis Geol. Fausto A. Pani

#### Collaboratori

Ing. Roberta Lai Geol. Roberta M. Sanna

#### **COMUNE DI ORISTANO**

Provincia di Oristano

#### **Sindaco**

Ing. Andrea Lutzu

#### **Assessore all'Urbanistica**

Arch. Federica Pinna

STUDIO DI COMPATIBILITA'
IDRAULICA - art. 8 c.2 delle Norme di
Attuazione del PAI esteso a tutto il
territorio comunale

# ALLEGATO 1 Relazione di compatibilità idraulica



## Dirigente Settore Sviluppo del Territorio

Dott. Ing. Giuseppe Pinna

## **Progettista**

Ing. Alessandro Salis Geol. Fausto A. Pani

#### Collaboratori

Ing. Roberta Lai Geol. Roberta M. Sanna



#### **COMUNE DI ORISTANO**

Provincia di Oristano

#### **Sindaco**

Ing. Andrea Lutzu

#### **Assessore all'Urbanistica**

Arch. Federica Pinna

STUDIO DI COMPATIBILITA'
IDRAULICA - art. 8 c.2 delle Norme di
Attuazione del PAI esteso a tutto il
territorio comunale

# Relazione di compatibilità idraulica

Parte A - Idrologia

## Indice

1.	PREN	MESS	A	6
2.	INQL	JADR	RAMENTO TERRITORIALE DELL'AREA DI STUDIO	8
3.	CON	FIGU	RAZIONE DEL SISTEMA IDROGRAFICO	10
	3.1.	Sist	ema a nord del Tirso - S'Aoru/Nura Craba	13
	3.1.1	l.1.	Bacini minori - settore settentrionale del territorio.	17
	3.2.	Sist	ema a Sud del Tirso	22
	3.2.1	l.1.	Rio Merd'e Cani	22
	3.2.1	l.2.	Rio Roia sa Murta	23
	3.2.1	l.3.	Rio Spinarba	24
	3.3.	Dre	ni minori	28
	3.3.1	L. S	'Arrodia, tra l'abitato di Oristano e l'argine sinistro del Tirso	28
	3.3.2	<u>2</u> . A	Aree ad Est dell'abitato di oristano	46
	3.3.2	2.1.	Settore tra l'area di Is Pasturas e l'abitato.	55
	3.3.2	2.2.	Settore ad est di Is Pasturas e drenanti verso nord	58
	3.3.2	2.3.	Settore ad est di Is Pasturas e drenanti verso sud.	63
	3.3.3	3. N	Marina di Torre Grande	66
4.	ANA	LISI II	DROLOGICA	70
	4.1.	CON	NSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO	70
	4.2.	IND	IVIDUAZIONE DEI PARAMETRI DI BACINO	73
	4.3.	DET	ERMINAZIONE DELLE PORTATE DI PROGETTO – METODI INDIRETTI	73
	4.3.1	l.1.	Quadri sintetici di analisi sui bacini principali - Base informativa DTM 10m	82
	4.3.1	L.2.	Quadri sintetici di analisi sui bacini principali minori - Base informativa DTM 1m	85

## Indice delle figure

Figura 1 Inquadramento territoriale	8
Figura 2 Elaborazioni cartografiche tratte dal DTM 10 m fornito dalla RAS	9
Figura 3 Carta dell'acclività del territorio comunale	9
Figura 4 Sistema dei bacini principali (il cerchio rosso identifica l'abitato di Oristano)	10
Figura 5 Arginature del tirso	11
Figura 6 Rappresentazione del sistema S'Aoru-Nura Craba	.11
Figura 7 Sistema drenante su base Google Earth	12
Figura 8 Sistema drenante su base Dtm 10m	13
Figura 9 Idrografia destra Tirso	14
Figura 10 Planimetria e sezione di un transetto generico sul Tirso	14
Figura 11 Rio Nura Craba presso Nuraxi Nieddu	15
Figura 12 Rio S'Aoru	15
Figura 13 Confluenza R. S'Aoru - R. Nura Craba	16
Figura 14 Sistema irriguo principale in destra Tirso	18
Figura 15 diramazione di canali Generale sinistro e Generale Paludi Mattoni dall'Adduttore destra	
Tirso	18
Figura 16 Partitori lungo il percorso del C. Generale 1	19
Figura 17 Ripartizione del C. Generale 1 in C. generale sinistro 1° lotto (con tratto intubato - freccia	ì
rossa) e	19
Figura 18 Canale Generale Pauli Mattoni - In evidenza paratoie organai di manovra	20
Figura 19 Canale Generale Pauli Mattoni - nel tratto pensile tra Nuraxinieddu	20
Figura 20 Canale Generale Pauli Mattoni - partitore a est di Donigala Fenugheddu	.20
Figura 21 Immagine su base DTM 10m	.21
Figura 22 Sistema idrografico su DTM 10m	22
Figura 23 Sistema idrografico su DTM 10m	23
Figura 24 Sommitale del bacino del rio Spinarba	25
Figura 25 Canale Spinarba nel suo tratto centrale	26
Figura 26-Sistema drenante	27
Figura 27 Andamento del canale Spinarba in prossimità dell'aeroporto	27
Figura 28 Stralcio CTM	
Figura 29 Area s'Arrodia su base DTM 1m	30
Figura 30 Area s'Arrodia su base DSM 1m	
Figura 31 Immagine satellitare area S'Arrodia	
Figura 32 Dtm e piano quotato nell'intorno della via Repubblica	
Figura 33 Dsm e piano quotato nell'intorno della via Repubblica	
Figura 34 Estremo orientale area S'Arrodia - base DTM 1m	
Figura 35 Estremo orientale area S'Arrodia - base DSM 1m	
Figura 36 Intervento di sistemazione sul canale Torangius	
Figura 37 stralcio del reticolo idrografico di riferimento nell'area estesa	37

Figura 38 Stralcio IGM	37
Figura 39 Stralcio IGM 1953	38
Figura 40 Stralcio cartografia	38
Figura 41 CTR su base Dtm 1m	39
Figura 42 Sezioni esistenti e in progetto canale San Giovanni	42
Figura 43 Particolari del progetto di sistemazione idraulica e viaria	43
Figura 44 intersezione canale di Pesaria, Canale di San Giovanni	46
Figura 45 Settore orientale del territorio comunale su Base Ctr e Dtm 10m	47
Figura 46 Stralcio area de Is Pasturas e sezione trasversale su Dtm 1m - in rosso gli spartiacque	47
Figura 47 Trasversali a est della loc. Is Pasturas	49
Figura 48 Direzioni ideali di deflusso su Base Dtm 1m	50
Figura 49 Derivazione dal canale Tirso Arborea verso Canale Generale 1° zona	51
Figura 50 Inizio del tratto coperto in prossimità di Simaxis	52
Figura 51 Veduta aerea del tratto iniziale del Canale Generale 1 ( in rosso) e del Canale Spinarl	วล (in
celeste)	52
Figura 52 Veduta aerea del Canale Generale 1 ( in rosso) nel tratto centrale	53
Figura 53 Tratto terminale del canale a pelo libero	53
Figura 54 Tratto terminale del canale a pelo libero	54
Figura 55 Opera di immissione al tratto intubato	54
Figura 56 Area Is Pasturas-abitato su base DTM 1m	55
Figura 57 Andamento schematico della linea di deflusso	
Figura 58 Aree scolanti tra Is Pasturas e l'abitato	
Figura 59 Attraversamento del bacino n. 2 sulla ferrovia	57
Figura 60 Attraversamento del bacino n. 1 sulla ferrovia	57
Figura 61 Mosaico Dtm 10m - 1m su area orientale del territorio comunale	58
Figura 62 Sezioni del terreno-Confronto tra informazioni del Dtm 1m e del Dtm 10m	59
Figura 63 Confronto sezioni su modello a 10m e a 1m	59
Figura 64 Area golenale sinistra del Tirso ad est della SS 131 (in giallo la SS 388)	60
Figura 65 Campagne in sinistra idraulica del Tirso	61
Figura 66 Sezione e Dtm 1m nell'areadi Silì	61
Figura 67 Dtm 1m e piano quotato nell'area di Sili	62
Figura 68 Argine sinistro del Tirso all'altezza di Silì	62
Figura 69 Inizio tratto tombato, a destra l'argine del Tirso	63
Figura 70 Bacino del Canale Spinarba	64
Figura 71 Andamento delle linee di compluvio su DTM 1m	65
Figura 72 Superficie scolante su IGM 1:50 000	
Figura 73 Superfici scolanti nell'area di Marina di Torre Grande - in giallo il limite comunale	
Figura 74 Stralcio di Marina di Torre Grande su IGM 1:50 000	68
Figura 75 Idrovora sul Canale Brabau all'altezza della S.P. Oristano-Torregrande	68
Figura 76 Dtm 1m su base IGM 25000	69

Figura 77 Sezione colta sulla fascia litoranea su Dtm 1m Figura 78 -Elementi che concorrono al bilancio idrologico del processo "afflussi-deflussi"	
Figura 79 – Distribuzione spaziale dell'altezza di pioggia giornaliera in Sardegna (da Deidda ed Al	
Quad. Ricerca n°9 dell'Università di Cagliari, 1997)	76
Figura 80 – Sotto Zone Omogenee per le piogge brevi e intense in Sardegna. In ciascuna zona I	
parametri del modello TCEV sono riportati in Tabella 8. (da Deidda ed. al., 1993)	76

## Indice delle tabelle

Tabella 1 Formule utilizzate per la stima del tempo di corrivazione	. 79
Tabella 2 Elementi morfologici di bacino e indicazioni idrologiche	. 82
Tabella 3 Quadro di sintesi dei tempi di corrivazione determinati	. 82
Tabella 4 Indicazione delle valutazioni di piena determinate con il metodo indiretto	. 83
Tabella 5 Parametri di bacino	. 85
Tabella 6 Tempi di corrivazione	. 86
Tabella 7 Grandezze idrologiche	. 86
Tabella 8 Tabella di sintesi delle portate	. 89

#### 1. PREMESSA

I sottoscritti Ing. Alessandro Salis, Dott. Geol Roberta Sanna e Dott. Geol Fausto Alessandro Pani, sono stati incaricati di predisporre lo *Studio di compatibilità idraulica e geologica-geotecnica*, come richiesto dall'art.8 comma 2 delle NTA del PAI.

La relazione in oggetto 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. all'interno del territorio Comunale.

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.
- 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;

[..]

- 3. Per le tipologie di aree indicate nei commi 1 e 2 le prescrizioni applicabili valgono all'interno di porzioni di territorio delimitate dalla pianificazione comunale di adeguamento al P.A.I., ai sensi dell'articolo 8, comma 5. [...].
- 4. Alle aree elencate nei precedenti commi 1 e 2, dopo la delimitazione da parte della pianificazione comunale di adeguamento al P.A.I., si applicano le prescrizioni individuate dalla stessa pianificazione comunale di adeguamento al P.A.I. tra quelle per le aree di pericolosità idrogeologica molto elevata, elevata e media.

L'applicazione delle disposizioni di cui sopra evidentemente recepisce gli intendimenti di quanto già indicato nella L. 183/89 Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo che all'art. 1 recita: La presente legge ha per scopo di assicurare la difesa del suolo, il risanamento delle acque, la fruizione e la gestione del patrimonio idrico per gli usi di razionale sviluppo economico e sociale, la tutela degli aspetti ambientali ad essi connessi e anticipa i dettami del disposto del Testo Unico

sull'Ambiente (D.L. 152/06) che all'art. 53 richiama le finalità legate al risanamento idrogeologico del territorio tramite la prevenzione dei fenomeni di dissesto. L'adempimento di quanto sopra richiamato passa in prima analisi attraverso lo studio delle interazioni tra il reticolo idrografico, l'attività antropica esistente, e le ipotesi relative ad eventuali ulteriori e successive fasi di pianificazione urbanistica.

Il risultato dell'analisi di cui sopra è l'individuazione di aree caratterizzate da possibili coinvolgimenti da parte di aree di esondazione o da situazione di puntuale criticità.

In termini di interazione con gli strumenti di pianificazione territoriale, l'indagine si traduce nell'eventuale apposizione di vincoli di vario grado, passando alla sostanziale in edificabilità (Zone H<sub>i4</sub>, H<sub>i3</sub>), alla edificabilità soggetta a prescrizioni specifiche (Zone H<sub>i2</sub>), sino alla totale mancanza di condizionamento(Zone H<sub>i1</sub>).

Si rileva che il processo di antropizzazione va visto nella generalità dei casi non solamente come atto esclusivamente edificatorio, ma anche legato alla pratica agraria che ha, in alcuni casi, confinato in maniera rilevante il percorso naturale del deflusso.

La presente relazione, si articola secondo successive fasi di approfondimento; in particolare il documento si suddividerà secondo i seguenti passi:

#### Inquadramento territoriale:

Consegna una breve descrizione del territorio comunale unitamente all'elencazione del quadro informativo territoriale utilizzato.

#### Configurazione del sistema idrografico:

Riporta un'elencazione delle aste fluviali principali e dei compluvi di cui si è potuto definire una quadro conoscitivo sulla base delle informazioni cartografiche e delle conoscenze locali.

#### Analisi idrologica:

oltre ad una breve rassegna relativa alla interpretazione del fenomeno con relativa metodologia di calcolo, sono richiamate:

- ✓ le grandezze caratteristiche che contraddistinguono il bacino scolante afferente alle sezioni di chiusura delle
  aste in esame;
- ✓ le grandezze idrologiche necessarie per la determinazione del valore della precipitazione.
- ✓ determinazioni numeriche delle portate di calcolo.

#### Analisi idraulica:

la prima fase è destinata all'illustrazione del fenomeno fisico e al relativo codice di calcolo utilizzato, successivamente, sono consegnate le elaborazioni numeriche; profili, sezioni e tabulati numerici sono consegnati negli allegati.

## 2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREA DI STUDIO

Il comune di Oristano è posto nel versante centro-occidentale della Sardegna, risulta delimitato a sud dal territorio di Santa Giusta e Palmas Arborea, a nord dai comuni di Cabras, Nurachi, Baratili S. Pietro, Zeddiani, Siamaggiore, ad est dal territorio di Simaxis, e Villaurbana e ad Ovest dal mare. L'area oggetto di studio è inquadrata all'interno dell'intero territorio comunale e si estende per una superficie di circa 85,7 Km<sup>2</sup>.

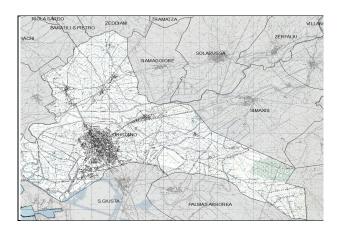


Figura 1 Inquadramento territoriale

Dal punto di vista morfologico, una visione generale consegna un territorio prevalentemente pianeggiante, eccezion fatta per i lievi rilievi della parte sud orientale del territorio comunale ,caratterizzati da quote massime di poco superiori ai 200 metri in corrispondenza della Costa Pisu a nord di Monte Arci.

La distribuzione delle quote nel territorio comunale e consegnata di seguito:

da quota -1.4 m s.l.m.	a quota 10 m s l.m.	46.1 Km <sup>2</sup>	54.1%
da quota 10 m s.l.m.	a quota 20 m s l.m.	30.7 Km <sup>2</sup>	36.0%
da quota 20 m s.l.m.	a quota 50 m s l.m.	6.5 Km <sup>2</sup>	7.6%
da quota 50 m s.l.m.	a quota 75 m s l.m.	1.2 Km <sup>2</sup>	1.4%
da quota 75 m s.l.m.	a quota 100 m s l.m.	0.2 Km <sup>2</sup>	0.2%
da quota 100 m s.l.m.	a quota 215 m s l.m.	0.5 Km <sup>2</sup>	0.6%

L'immagine successiva, realizzata con analisi sul DTM 10 m (v. Figura 2) fornite dalla RAS, evidenzia una condizione altimetrica nella quale, il 90% del territorio ha una quota inferiore ai 20 m slm e solo un 1% superiore a 100 m. Essa

consegna su dtm riclassificato con campi di colorazione le variazioni altimetriche all'intero del territorio comunale, con gradazioni dal celeste al marrone all'aumentare della quota.

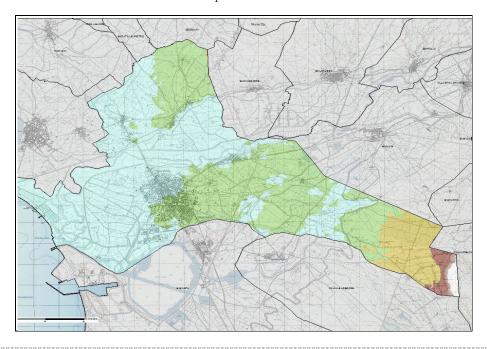


Figura 2 Elaborazioni cartografiche tratte dal DTM 10 m fornito dalla RAS

Per quanto concerne le pendenze riscontrate, l'83% del territorio comunale presenta acclività inferiori al 2%, si arriva a percentuali prossimi al 99 % in cui la pendenza è inferiore al 10% (v. Figura 3),

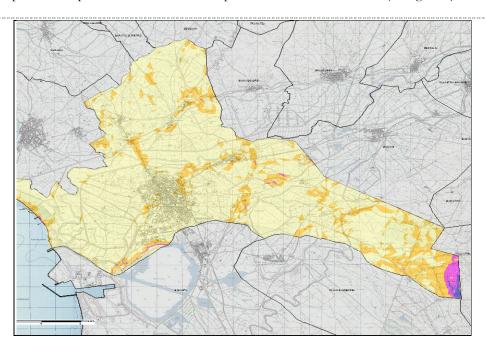


Figura 3 Carta dell'acclività del territorio comunale

#### 3. CONFIGURAZIONE DEL SISTEMA IDROGRAFICO

Una prima fase dell'analisi del sistema idrografico del territorio comunale, contiene una prima descrizione per macroaree. In quest'ottica possono essere inquadrati tre macrobacini (v.Figura 4);

- a nord il Mar'e Foghe, che sfocia nell'estremo nord dello stagno di Cabras in prossimità di Riola Sardo;
- in posiziona centrale il Fiume Tirso che sfocia a sud dello stagno di Cabras, nel Golfo di Oristano;
- a sud il Rio Mogoro che sfocia nello stagno di San Giovannea sud della piana di Arborea.

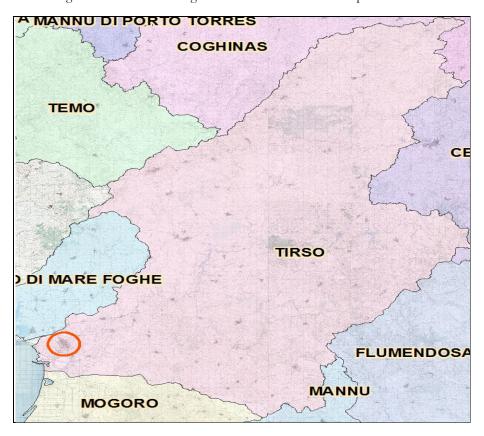


Figura 4 Sistema dei bacini principali (il cerchio rosso identifica l'abitato di Oristano)

Ai margini di questi tre macrobacini si estendono delle aree scolanti, in alcuni casi naturali ma in altri casi estremamente artificializzati, che raccolgono ulteriori contributi che non afferiscono ai bacini su richiamati. In particolare, la presenza delle arginature sul Tirso, che vanno ad interessare gli ultimi 25 Km circa del suo percorso, con origine all'altezza dei comuni di Ollastra in sinistra idraulica e di Zerfaliu in destra idraulica, impediscono che i contributi dei bacini esterni vadano a confluire sul fiume stesso (Figura 5).

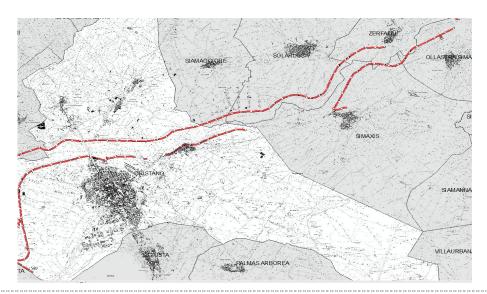


Figura 5 Arginature del tirso

In funzione di quanto sopra, effettuando una discesa di scala della descrizione dell'idrografia relativa al territorio comunale si possono osservare seguenti sistemi:

- il Tirso, fiume principale che attraversa il territorio, scorrendo con un orientamento est ovest ed andando a sfociare nel Golfo di Oristano, nel tratto di costa compreso tra la marina di Torre Grande e il porto;
- il sistema S'Aoru/Nura Craba, a nord del Tirso e ad esso parallelo che sfocia in prossimità dell'abitato di Cabras nell'omonimo stagno(v. Figura 6)



Figura 6 Rappresentazione del sistema S'Aoru-Nura Craba

• il sistema dei rii Tumboi (o Roia Sa Murta)/Rio Merd'e Cani, che raccolgono le acque dai versanti nord occidentali del Monte Arci recapitandole verso lo stagno di Santa Giusta.

Le due immagini successive consegnano una rappresentazione schematica dell'intero comparto drenante a sud del Tirso, la prima su base cartografica satellitare, la seconda su base informativa tratta dal DTM 10m.

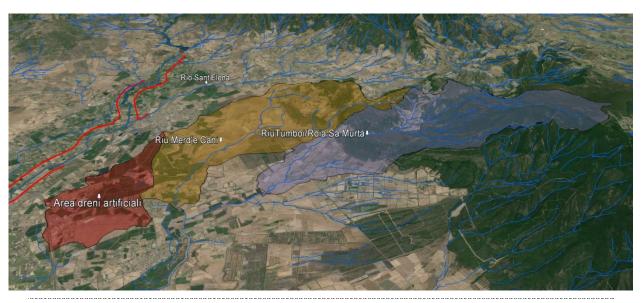
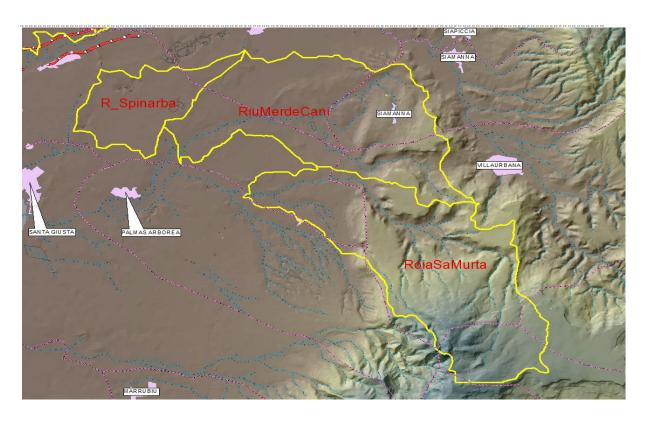


Figura 7 Sistema drenante su base Google Earth



#### Figura 8 Sistema drenante su base Dtm 10m

Ulteriori dreni di rilevanza minore sono riconducibili a sistemi di bonifica agraria delle aree estremamente pianeggianti non riconducibili ai bacini sopra citati. Una di queste aree presente come elemento principale il Canale di Bonifica Spinarba, individuato, unitamente ad un complesso sistema di irrigazione, quale elemento del Reticolo Idrografico di Riferimento ai fini del PAI della Regione Sardegna.

Per quanto concerne una descrizione specifica dei bacini su richiamati si consegna quanto segue.

#### 3.1. Sistema a nord del Tirso - S'Aoru/Nura Craba.

Il bacino ha origine a nord del territorio comunale di Zerfaliu nell'area prossima al Nuraghe Pidighi a quota 99 m slm. L'asta principale scorrendo in direzione nord sud costeggia ad ovest l'abitato di Zerfaliu e successivamente piega scorrendo parallelamente all'argine destro del Tirso. Poco prima del cambio di direzione attraversa il canale irriguo Adduttore Destro Tirso che dalla Diga di Santa Vittoria alimenta i comparti irrigui della bassa valle del fiume Tirso in sponda destra.

Proseguendo verso occidente, in corrispondenza del tratto prossimo all'abitato di Solarussa, gli si affianca il Rio Nura Craba; i due rii scorrono parallelamente all'argine sinistro distanziati tra loro di circa un chilometro, e fungono sostanzialmente da elementi di rottura dei deflussi naturali che altrimenti andrebbero ad immettersi sul Tirso in destra idraulica. Come si potrà rilevare dal proseguo della documentazione, in condizioni estreme, le sezioni degli stessi rii non sono tali da contenerne le piene straordinarie. Le portate eccedenti i valori compatibili con le sezioni idrauliche andranno quindi a convergere verso le aree di esondazione del Tirso.

La successiva immagine consegna una sezione trasversale del F. Tirso con evidenziata l'ubicazione degli alvei dei due rii S'Aoru e Nura Craba.



Figura 9 Idrografia destra Tirso

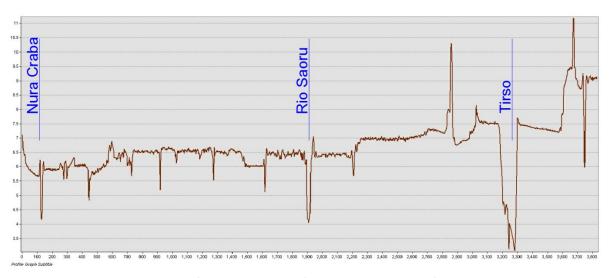


Figura 10 Planimetria e sezione di un transetto generico sul Tirso



Figura 11 Rio Nura Craba presso Nuraxi Nieddu

Proseguendo verso sud le due aste fluviali si incontrano a sud di Nuraxinieddu; poco a monte il dreno denominato Riu de Mesu intercetta le acque zenitali dei comparti compresi tra i due immettendoli sul Nura Craba stesso.

L'area solcata dai canali, come gran parte del territorio oristanese, è estremamente pianeggiante, i deflussi avvengono sempre con velocità estremamente basse e l'immissione e la ramificazione del reticolo idrografico è sempre affidato a canali con valenza di bonifica agraria.

Ne è un esempio la sottostante immagine del Rio S'Aoru dove si possono notare in destra idraulica un area risicola, un argine di separazione, il canale di dreno e in sinistra idraulica il terreno naturale. Si osserva che l'area in destra non necessariamente recapita nel fiume e questo in funzione della stagionalità colturale.



Figura 12 Rio S'Aoru

I rii scorrono uniti sempre in direzione ovest-est, dopo circa dieci chilometri si immettono nello stagno di Cabras a sud dell'omonimo centro.

Nell'ultimo tratto il corso d'acqua assume il toponimo di Canale di Bonifica a Marea Benaxi.



Figura 13 Confluenza R. S'Aoru - R. Nura Craba

#### 3.1.1.1. Bacini minori - settore settentrionale del territorio.

All'interno dei limiti Amministrativi di Oristano, il sistema drenate del Rio Nura Craba, confina con le porzioni del territorio poste a nord ovest prospicienti con il comune di Nurachi. Si tratta di aree prossime al crinale stesso che vanno a definire un pianoro con condizioni di pendenza sostanzialmente nulle. Le aree sono solcate unicamente dal sistema irriguo facente capo all'Adduttore Destra del Tirso.

Come noto, l'Adduttore Destra Tirso, veicola le portate irrigue prelevate dalla Diga di Santa Vittoria verso complessi irrigui della bassa valle del Tirso posti in sponda destra. Attraversa i compressori irrigui dei comuni di Zerfaliu, Solarussa, Siamaggiore, Oristano spingendosi sino al territorio comunale di San Vero Milis.

All'interno del territorio, superato il centro di Massama, dall'Addutore Destra Tirso, si dipartono due canali laterali, il Canale Generale Sinistro e il Canale Generale Pauli Mattoni.

Il Canale Generale Sinistro, procedendo in direzione est-ovest interessa il comune di Baratili San Pietro e giunge al limite comunale con il comune di Nurachi, da qui si dipartono altre due linee denominate Canale Generale Sinistro 1° lotto e Canale Generale Sinistro 3° lotto. Quest'ultimo, prosegue lungo il confine Oristano-Nurachi sino ad immettersi nel Riu S'Aoru. Da evidenziare, che ogni tratto del sistema irriguo avviene mediante attivazione di paratoie di comando. Quando necessario il sistema di canalizzazione fungerà da rete di evacuazione delle acque. Si tratta quindi di sistemi artificiali che peraltro non drenano le acque esterne ad esse in quanto in canali stessi non seguono linee di compluvio ma, dovendo veicolare le acque per lunghe distanze, tendono a seguire le curve di livello ammettendo un piccolo gradiente che consente, seppure con piccole velocità, il trasporto della risorsa idrica.

Il Canale Generale Pauli Mattoni a valle della diramazione dall'Addutore destra Tirso si estende per un primo tratto in direzione nord sud verso l'abitato di Massama; il tratto si estende per una lunghezza di circa 2500 m. Successivamente piega verso ovest in direzione Donigala Fenugheddu; poco prima dell'abitato il canale si divide in due rami, uno passante a nord e uno a sud dell'abitato.

L'intero sistema irriguo è alimentato e settorializzato mediante apertura e chiusura delle paratoie poste nelle diramazioni. Ampi tratti della rete di canalizzazione sono pensili con pareti in cls al fine di garantire un gradiente anche nei tratti in cui la contropendenza del terreno ne impedirebbe il trasporto.

Si consegna di seguito un'immagine schematica degli elementi principali del sistema irriguo facente capo all'adduttore Destra Tirso.



Figura 14 Sistema irriguo principale in destra Tirso



Figura 15 diramazione di canali Generale sinistro e Generale Paludi Mattoni dall'Adduttore destra Tirso



Figura 16 Partitori lungo il percorso del C. Generale 1



Figura 17 Ripartizione del C. Generale 1 in C. generale sinistro 1° lotto (con tratto intubato - freccia rossa) e canale sinistro 3° lotto (freccia gialla)



Figura 18 Canale Generale Pauli Mattoni - In evidenza paratoie organai di manovra



Figura 19 Canale Generale Pauli Mattoni - nel tratto pensile tra Nuraxinieddu e Donigala Fenugheddu in prossimità del sollevamento



Figura 20 Canale Generale Pauli Mattoni - partitore a est di Donigala Fenugheddu

Il sistema di irrigazione, come indicato non scorre lungo eree di compluvio, veicola quindi esclusivamente i deflussi compatibili con la sua sezione idraulica e in tauni casi mediante impianti di sollevamento al fine di servire i distretti irrigui della sponda destra del Tirso.

L'orografia naturale invece, nella quota parte esterna al bacino del Tanui, come indicato in precedenza, determina uno scorrimento superficiale verso il comune di Nurachi in direzione est-ovest.

L'immagine successiva, colta sul limite comunale (linea magenta) e su base cartografica Dtm 10m, mette in evidenza la morfologia del territorio. Si riscontra infatti una pendenza con orientamento verso il comune di Nurachi, che nelle condizioni più gravose si attesta su valori di poche unità per mille. Il contesto esaminato non denota la presenta di bacini drenanti ben conformati, ovvero, le differenze di quota tra gli alti e i bassi topografici sono tali da poter facilmente essere superati dalle antropizzazioni esistenti.

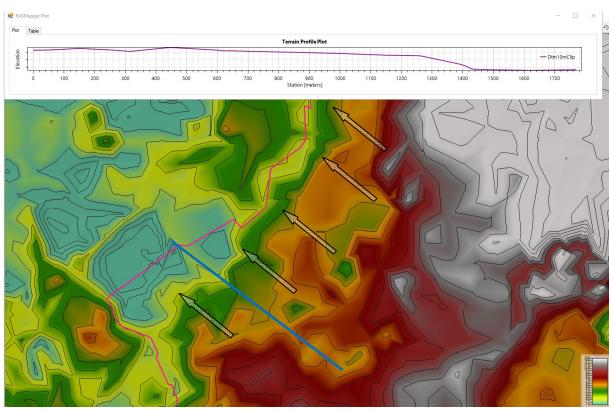


Figura 21 Immagine su base DTM 10m

#### 3.2. Sistema a Sud del Tirso

Come indicato precedentemente, il sistema dei deflussi richiama tre aree drenanti:

- 1. il rio Merd'e Cani
- 2. il sistema Roia Sa Murta/Tumboi
- 3. il rio Spinarba.

#### 3.2.1.1. Rio Merd'e Cani

Il Rio Merd'e Cani ha origine nel territorio comunale di Siamanna in località Campu Isquidda a nord della SP 68. A nord dello stesso scorre il bacino del Rio Sant'Elena che si immette sul Tirso all'altezza di Simaxis. Il Rio, prosegue il suo corso in direzione sud-ovest raccogliendo in sponda sinistra i rii che provengono dal rilievo di Pranu Sara a Villaurbana: si tratta di alcuni compluvi di ridotte dimensioni (qualche ettaro ) che contribuiscono al deflusso del

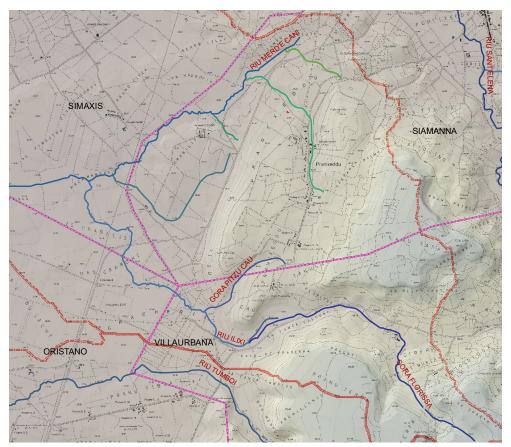


Figura 22 Sistema idrografico su DTM 10m

tratto, come peraltro in tutto il suo sviluppo, le pendenze del fiume sono ridotte superando dislivello di 34 m in 4 Km, con una pendenza media dell'ordine di 0.08 %. Pendenza che, rapportata al fatto che si tratta di una porzione sommitale dell'asta fluviale, può a ben ragione definirsi estremamente

fiume. In questo

esigua. Nella parte terminale del

tratto, ovvero dopo quattro chilometri dall'origine incontra il suo primo importante immissario, il Rio Ilixi che nella parte iniziale assume il nome di Gora Florissa.

Quest'ultimo ha origine nella vallecola compresa tra il rilievo di Pranu Sara in destra idraulica e il rilievo di Pranu Terra in sinistra idraulica. Il Riu Ilixi confluisce sul rio Merd'e Cani immettendosi in sinistra idraulica in località Arca Mandas, a quota 18 m slm in un contesto territoriale caratterizzato dalla presenza di colture seminative irrigue e prati artificiali. Il corso d'acqua, sovrapassato il canale irriguo Tirso Arborea, assume pendenze progressivamente minori attestandosi su valori d qualche unità per mille e incisioni dell'alveo ridotte, tali comunque da veicolare esclusivamente le portate ordinarie.

#### 3.2.1.2. Rio Roia sa Murta

Il Rio Roia Sa Murta è caratterizzato dall'avere una parte sommitale con un reticolo idrografico estremamente ramificato e proveniente dal versante nord orientale del monte Arci.

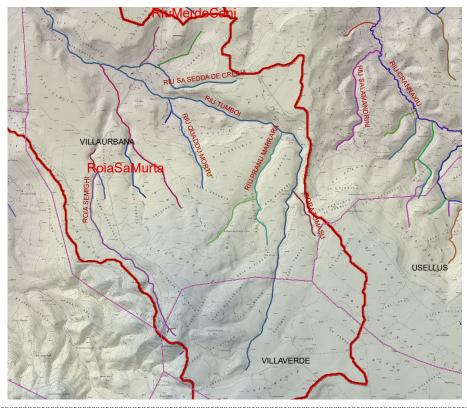


Figura 23 Sistema idrografico su DTM 10m

L'elemento di maggiore rilevanza è il Rio Tumboi che ha origine in agro di Villaverde in località Roia Menta a quota 560 m slm; proseguendo verso valle in direzione sud-nord va ad interessare il territorio di Villaurbana, piega in sinistra idraulica dopo circa 5 Km dall'origine dopo che gli si affiancano in destra il Gora Tomasue e in sinistra

idraulica il Rio Pranu Marrara. Il contesto ha una quota di circa 235 m slm e in questa prima fase il sistema idrografico ha una pendenza relativamente elevata con valori che si attestano sul 6 - 7%.

Piegando in sinistra idraulica, il rio scorre incontrando in destra idraulica il rio Sedda sa Cresia e in sinistra il Rio Sa Grutta e Santas, i cui bacini sono relativamente acclivi con una superficie poco superiore al chilometro quadrato. Il primo tratto di circa 2 Km continua a mantenere una pendenza di tutto rispetto, con valori che si attestano sul 5%, successivamente si ha una brusca riduzione della pendenza con valori che progressivamente diminuiscono assumendo in corrispondenza dell'immissione con il Rio Sa Grutta e Santas valori dell'ordine dell'1%. Il rio si infila in una stretta gola denominata Sa Tanca de Srabadorci, la pendenza longitudinale tende ancora a ridursi come il rio si avvicina al limite comunale.

All'interno del territorio comunale il rio scorre per circa 3.5 Km, in direzione est-ovest; le pendenze sono modeste, poco inferiori all' 1% e vanno ulteriormente a ridursi quando, abbandonato il territorio di Oristano, si inoltra nel territorio di Palmas Arborea incontrando in sinistra i Rio Zeddiani di cui assume il nome. Il rio Zeddiani, superato l'adduttore Tirso Arborea si inoltra nella località Su Barroccu e' su Para, un'area sostanzialmente pianeggiante occupata da seminativi e colture orticole.

#### 3.2.1.3. Rio Spinarba

Il rio Spinarba, ha origine all'interno del territorio comunale di Simaxis, in un'area destinata alla coltivazione del riso; nello strato informativo allegato alla DELIBERAZIONE N. 3 DEL 30.07.2015 avente ad oggetto 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, l'elemento idrico in oggetto è individuato come elemento artificiale, ed infatti ha la finalità di drenare le acque zenitali e irrigue e ricondurle verso le aree più vallive. La possibilità che su di esso possano quindi essere indotte portate di deflusso non è quindi legata essenzialmente ad eventi meteorici intensi ma alla necessità in alcune e particolari condizioni di smaltire progressivamente le acque presenti nelle caselle impiegate in attività risicola.

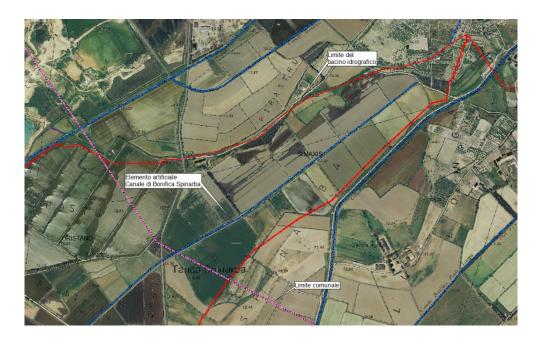


Figura 24 Sommitale del bacino del rio Spinarba

La natura del sistema drenante riconducibile al canale di Bonifica Spinarba si conferma sostanzialmente in tutto il comparto da esso attraversato, ovvero, non si tratta di un compluvio generato dall'orografia ma di una rete di bonifica realizzata al fine di drenare le acque dei vari comparti agricoli. L'estrema planarità delle aree attraversate, comporta una naturale propensione alla stazionarietà dei deflussi, arrestati spesso dall'intersezione con la rete di viabilità interpoderale che caratterizza il sistema.

In particolare, all'interno del territorio di Oristano va ad interessare un contesto agricolo a vocazione risicola: questa condizione influisce in maniera considerevole sulle caratteristiche di deflusso delle aree drenanti.



Figura 25 Canale Spinarba nel suo tratto centrale

Proseguendo progressivamente verso valle il sistema dei deflussi segue principalmente la linea del canale Spinarla, ad esso si affiancano i sistemi di canalizzazione artificiali dei vari canali perimetrali dei comparti agricoli.

Come più specificatamente descritto nel seguito l'individuazione delle aree interessate dalla pericolosità idraulica nel contesto in esame non potrà essere ricondotta ad analisi tradizionale di tipo afflussi deflussi ma verterà in maniera considerevole su una interpretazione delle immagini satellitari o altra documentazione.

Proseguendo verso valle, il canale si trova costretto tra due aree la cui quota topografica assume valori maggiori: in destra un comparto industriale prossimo alla S.P. 57, in sinistra l'aeroporto di Fenosu.

Il Canale costeggia il confine Ovest dell'aeroporto per circa 1400 m scostandosi successivamente da esso in direzione nord sud.



Figura 26-Sistema drenante

La successiva immagine consegna l'andamento del canale nell'intorno della struttura aeroportuale, con indicazione dell'andamento del terreno. Indipendentemente da situazione puntuali e intrinseche nell'approssimazione dell'informazione, si può evincere la presenza di una pendenza estremamente bassa riconducibile a valori dell'ordine di qualche unità per mille.

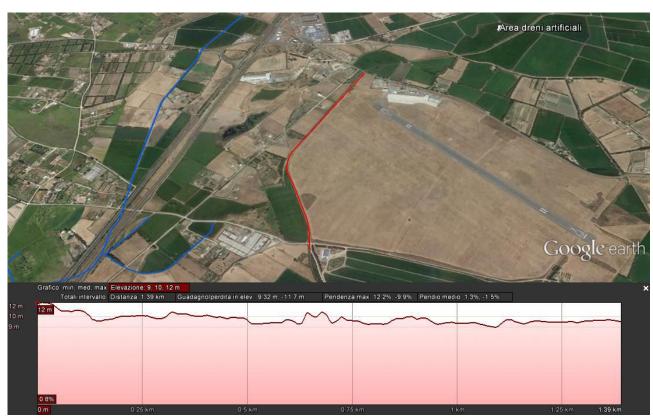


Figura 27 Andamento del canale Spinarba in prossimità dell'aeroporto

Successivamente, sempre con pendenze esigue, il canale tende ad attraversare le are agricole per immettersi successivamente sull'area umida posta ad est della linea ferroviaria che costeggia lo stagno di Santa Giusta.

#### 3.3. Dreni minori

Oltre alle aree su indicata, all'interno del territorio comunale di Oristano sono state individuate ulteriori aree caratterizzate da conformazioni tali da non rientrare nei bacini su citati.

La presenza di interventi antropici e di difesa idraulica quali l'argine sinistro del Tirso, la SS 131 e la linea ferroviaria ad ovest dell'abitato, hanno sostanzialmente definito aree disgiunte dagli apporti dei bacini esterni. Condizione ancor più accentuata dall'esigua pendenza della rete drenante e delle superfici scolanti. Questa condizione, in linea generale, determina aree di allagamento con tiranti idrici modesti e velocità di deflusso stanzialmente nulle non riconducibili ad alcun corso d'acqua.

Sono aree sulle quali l'acqua va sostanzialmente a stagnare non avendo un adeguato gradiente che le consenta lo sbocco a mare.

Le aree di cui si fa cenno riguardano essenzialmente :

- l'area in località S'Arrodia, tra l'abitato di Oristano e l'argine sinistro del Tirso;
- le aree ad est dell'abitato, comprese tra l'abitato stesso e la SS 131.
- Marina di Torre Grande

#### 3.3.1. S'Arrodia, tra l'abitato di Oristano e l'argine sinistro del Tirso

La prima area, è morfologicamente riconducibile all'ampia area di pertinenza fluviale del tratto terminale del F. Tirso. Planimetricamente va ad interessare un'ampia zona compresa tra l'argine del fiume e il centro abitato. E' interessata da un processo antropico che ha determinato la presenze di insediamenti abitativi e produttivi e, più specificatamente, attività risicole verso ovest.

Originariamente il recapito dei deflussi dell'area era in parte il Tirso e in parte il mare; allo stato attuale, l'arginatura sinistra del fiume condiziona i deflussi affidandoli ad una vasta rete di dreno che ha nel canale Torangius il suo elemento di primaria importanza.

Nella configurazione attuale, le acque che vanno in parte a ruscellare, per quanto consentito dall'esiguo gradiente verso nord, vengono quindi intercettate dal canale Torangius, che successivamente tende consegnare i deflussi nel porto di Oristano.

La progressiva alterazione dello stato dei luoghi, conseguente allo sviluppo prima dell'attività risicola e poi di successivi insediamenti edilizi e infrastrutturali influisce in maniera importante sulle possibili condizioni di scorrimento delle acque superficiali. Si evidenzia che storicamente le pendenze e le differenze di quota in tutta l'area erano sostanzialmente nulle, il minimo sovralzo in quota di alcune aree o delle vie di transito erano funzionali alla possibilità di affrancarsi dai ristagni determinati in occasione di eventi rilevanti. La sottostante figura è rappresentativa della condizione nella quale si trova l'area negli anni 60, prima del processo di urbanizzazione: è

facilmente leggibile una diffusa presenza di aree a vocazione risicola, e incastonate tra le risaie i poderi con i relativi insediamenti. Nelle tavole allegate si riporta l'immagine citata ma rappresentata in opportuna scala.

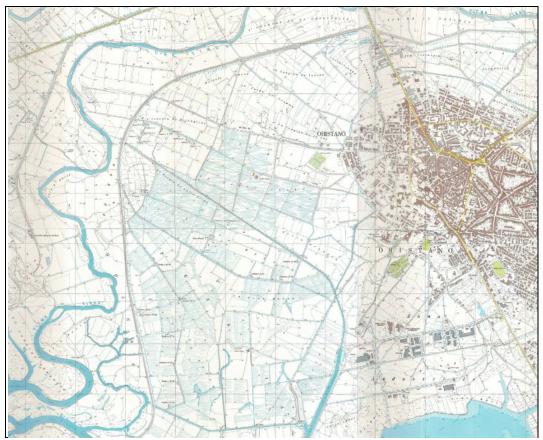


Figura 28 Stralcio CTM

Le successive immagini consegnano l'andamento della quota del terreno nell'area di S'Arrodia e nelle aree contermini tratte dal modello digitale del terreno a passo 1m fornito dalla Regione Sardegna. Sono consegnate sia l'immagine tratta da DTM (modello digitale del suolo depurato da vegetazione e edifici), e sia le immagini tratte dal DSM (modello digitale del suolo comprensivo di vegetazione e edifici).

Le prime immagini consegnano un andamento del terreno con una pendenza estremamente moderata in direzione Nord-Sud con quote che vanno da valori dell'ordine dei 3.5 - 4 a valori dell'ordine di 1.5m. L'andamento a pendenza continua è interrotto dalla Via Repubblica che funge da elemento di rottura rispetto al degradare del terreno.

La via Repubblica si trova ad una quota dell'ordine dei 3 - 3.5m slm, e così pure i terreni confinanti a nord, generalmente edificati; il lato sud della strada si affaccia in aree generalmente agricole, utilizzate come risaie, ad eccezione dei primi 600 m della strada in uscita da Oristano in cui è presente un'area ricettiva sportiva. Nel tratto terminale sono invece presenti edifici sparsi in aree agricole. Nel contesto a sud della Via Repubblica, le aree agricole si attestano su una quota dell'ordine dei 2 - 2.5 m slm, le aree in cui sono state realizzati gli interventi finalizzate ad attività sportiva sono generalmente a quota superiore anche di 50 cm.

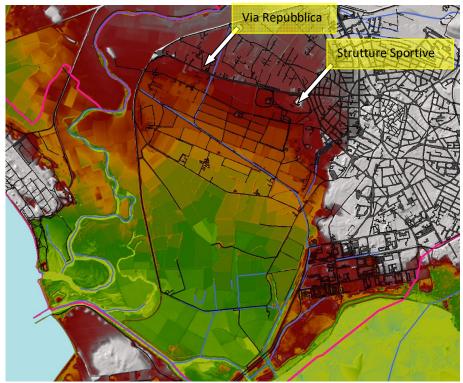


Figura 29 Area s'Arrodia su base DTM 1m



Figura 30 Area s'Arrodia su base DSM 1m

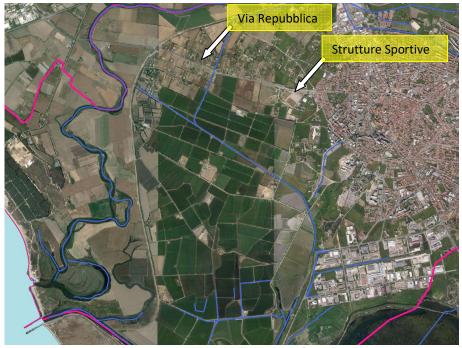


Figura 31 Immagine satellitare area S'Arrodia

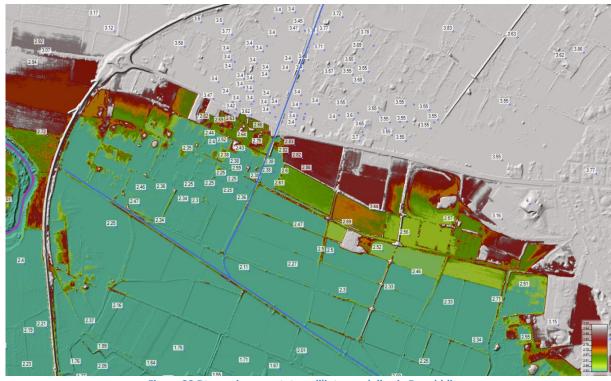


Figura 32 Dtm e piano quotato nell'intorno della via Repubblica

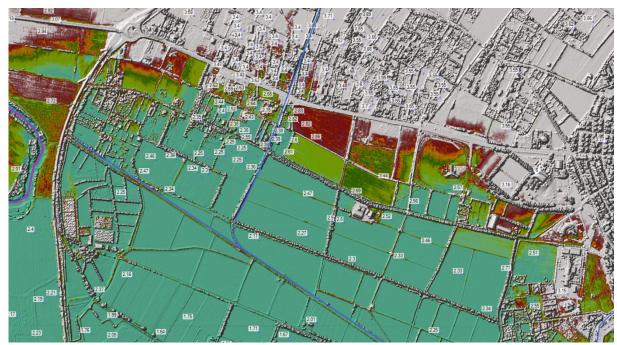


Figura 33 Dsm e piano quotato nell'intorno della via Repubblica

L'estremo orientale del contesto inquadrato come S'Arrodia, si estende sino al limite dell'abitato con un continuo di aree agricole, le cui quote si attestano su valori dell'ordine di 2.5 m slm. La zona di frangia tende progressivamente ad elevarsi in quota sino ad attestarsi su valori superiori ai 3m in corrispondenza delle prima case.

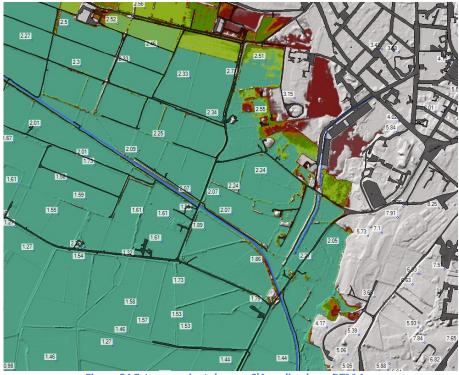


Figura 34 Estremo orientale area S'Arrodia - base DTM 1m

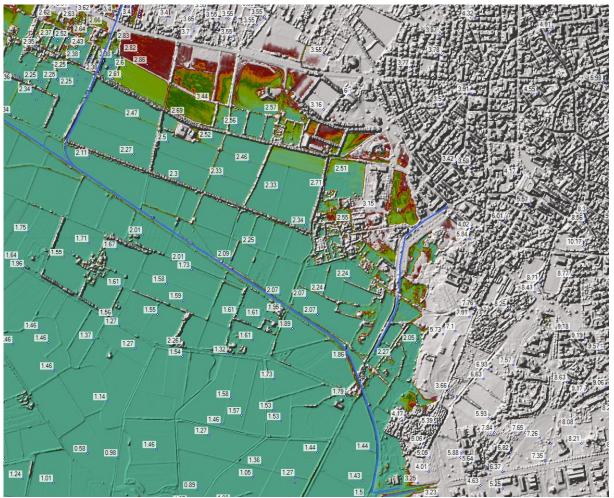


Figura 35 Estremo orientale area S'Arrodia - base DSM 1m

Per quanto attiene gli apporti dei deflussi esterni sull'area di S'Arrodia, si rileva che il settore è affrancato dai deflussi eventualmente provenienti dal comparto orientale grazie all'alto topografico che "sorregge" la linea ferroviaria Cagliari Olbia; le aree a est della linea ferroviaria tenderanno a sversare verso nord cercando una riconnessione con il Tirso, ciò che invece si trova ad ovest della suddetta linea tenderà a riconnettersi alle aree con gradiente inferiore nell'intorno di S'Arrodia.

Per quanto attiene il Canale Torangius, si rileva che lo stesso è stato recentemente oggetto di un intervento progettuale con il quale è stata ridefinita la sezione idraulica per una portata corrispondente ad un tempo di ritorno di 200 anni.

L'intervento di risagoma della sezione idraulica è parte integrante del progetto di adeguamento viario predisposto dalla Provincia di Oristano. Nell'ambito del progetto di Costruzione della *Circonvallazione nord-ovest Oristano*, si prevede uno spostamento, un adeguamento di forma e rivestimento del canale Torangius e una ridefinizione della sezione idraulica con un rivestimento in cls dell'alveo.

Di sotto si consegna l'immagine relativa all'area di intervento, che prevede un allargamento del canale per un tratto superiore ad un chilometro a partire dalla sezione colta in corrispondenza del centro commerciale in sponda sinistra al Tirso prossimo all'argine lungo la SP54.

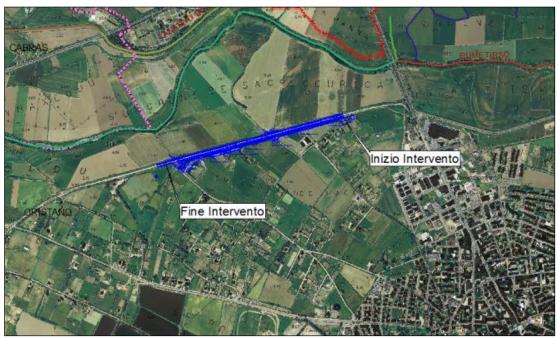


Figura 36 Intervento di sistemazione sul canale Torangius

Le considerazioni idrologiche e idrauliche tratte dalla relazione di compatibilità idraulica assunte alla base del progetto sono di seguito riportate.

In corsivo si richiamano gli elementi del progetto.

Ai fini della determinazione della portata di piena del bacino, è stato preliminarmente individuato su cartografia tecnica regionale 1:10.000 il bacino e successivamente, utilizzando un programma CAD, in corrispondenza di ciascuna sezione di interesse sono stati determinati l'area del bacino scolante e la lunghezza dell'asta di canale a monte. I valori ricavati sono i seguenti:

- sezione a valle del contraffosso di Silì: A = 3,83 km2; L = 4,93 Km; pmed = 4.5 m slm
- sezione 0 tratto stradale in progetto: A = 4,86 km2; L = 6,95 Km; pmed = 3.9 m slm (inizio tratto)

- sezione 32 tratto stradale in progetto: A = 5,46 km2; L = 8,15 Km; pmed = 3.5 m slm (fine tratto)

/.../

Nel caso in esame si è considerato che il bacino del canale San Giovanni è inquadrabile nel tipo ideologico di suolo B ed è costituito in linea di massima per il 80% da aree di campagna (spazi aperti con manto erboso superiore al 75% con CN = 61) e per il 20% da aree urbanizzate (zone residenziali con lotti fino a 500 mq con CN = 85).

Pertanto si ricava il valore ponderale del parametro  $CN = 0.80 \times 61 + 0.20 \times 85 = 65.8$ .

Per tener conto dello stato iniziale di umidità del suolo al verificarsi della pioggia critica il parametro CN è stato corretto con le formule sopra riportate ottenendo il valore: CN(III) = 81,56.

E' stato quindi ricavato il valore di S (S = 57,36 mm) e quindi il valore della pioggia netta  $h_{netta}$ 

Poiché è risultata la pioggia lorda per il tempo di ritorno di 200 anni  $h_{lorda} = hc = 254,76$  mm, si ricava  $h_{netta} = 196.83$  mm.

Pertanto il valore del coefficiente di afflusso risulta:  $\Box \Box = 196.83 \text{ mm} / 254,76 \text{ mm} = 0,77.$ 

Per il bacino in esame il coefficiente di laminazione  $\Box$  può essere posto pari a 0,9 e pertanto risulta un coefficiente di deflusso  $\varphi = 0.77 \times 0.9 = 0.77$ .

/...7

Sono state proposte numerose formule empiriche per la determinazione del tempo di corrivazione, affette tutte un notevole grado di incertezza. Nelle aree di pianura, dove l'influenza delle pendenze è bassa, è molto utilizzata la seguente formula dovuta a Pasini:

 $tc = 0.24 (A \square L)1/3$ 

dove:

A = Area del bacino [Km2]

L = lunghezza del corso d'acqua a monte [Km]

tc = tempo di corrivazione [giorni]

I valori di te ricavati per i tre sottobacini studiati sono riportati nella Tabella 05

### La portata di piena

Con i valori dei parametri determinati nei punti precedenti è stata calcolata per ciascun sottobacino la massima portata di piena.

Nelle Tabella 05 allegata nella pagina seguente sono riportati i valori di portata massima calcolati, con riferimento al tempo di ritorno di 200 anni ed ai parametri caratteristici delle tre sezioni considerate della portata di piena corrispondente.

TABELLA 05 CALCOLO TEMPO DI CORRIVAZIONE E PORTATA MASSIMA SOTTOBACINI CANALE SAN GIOVANNI							
	A (Kmq)	L (Km)	t <sub>c</sub> (giorni)	t <sub>c</sub> (ore)	φ	h (mm)	Q <sub>max</sub> (mc/sec)
Sezione Torangius - Pasini	3,83	4,928	0,64	15,34	0,70	221,8	10,77
Sezione inizio strada - Pasini	4,86	6,949	0,78	18,61	0,70	243,6	12,36
Sezione 32 strada - Pasini	5,46	8,152	0,85	20,41	0,70	254,8	13,25

Ai fini dei successivi calcoli idraulici, sulla base dei dati di input impiegati dalla Provincia, sono state calcolate le seguenti portate di calcolo.

Determinazioni idrologiche Tr=	50 anni	100 anni	200 anni	500anni	
Pioggia Iorda	196.57	221.90	246.86	279.30	mm
Pioggia netta	142.56	166.66	190.62	221.99	mm
Pioggia lorda/pioggia netta	0.73	0.75	0.77	0.79	
Portata	9.77	11.50	13.22	15.48	mc/s

Il progetto evidenzia che il bacino idrografico, dal punto di vista morfologico, si estenderebbe sin quasi a Simaxis raccogliendo lungo il suo percorso le acque provenienti dalle varie aree di bonifica. Nella sostanza drena e recapita le portate di piena di un bacino ben inferiore.

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.

Dal confronto delle varie documentazioni che di seguito si riportano emerge quanto segue:

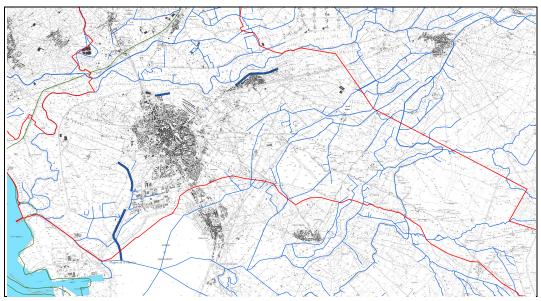
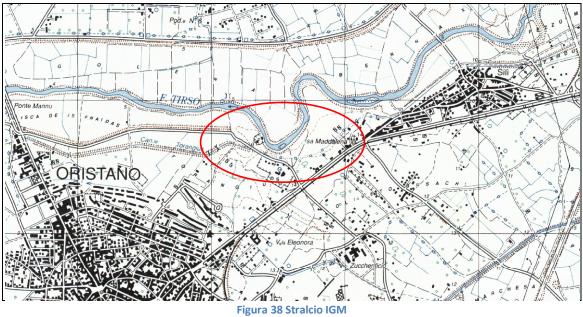


Figura 37 stralcio del reticolo idrografico di riferimento nell'area estesa.

Nel dettaglio il sistema drenante risulta interrato in corrispondenza di un tratto tombato poco a valle di Silì, in località Sa Maddalena.



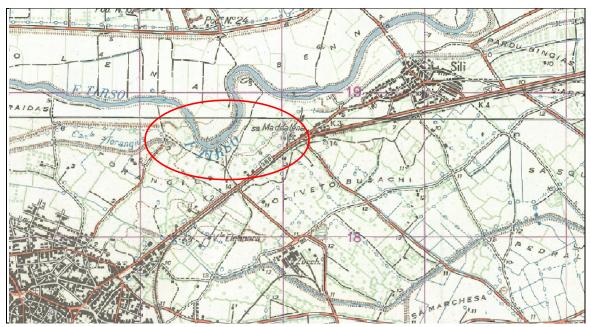


Figura 39 Stralcio IGM 1953

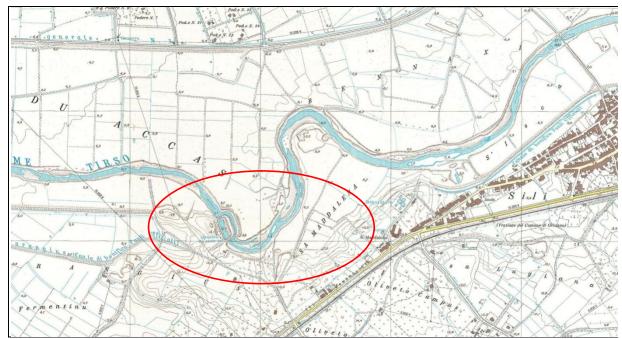


Figura 40 Stralcio cartografia

Sulla base del fatto che il deflusso del canale risulta limitato dalla capacità drenante del tratto coperto, la proposta progettuale della Provincia verte su due ipotesi:

- valutare l'apporto compatibile con il tratto coperto de Sa Maddalena sommato al bacino residuo
- valutare la portata dell'intero bacino assumendo completamente pervio il tratto coperto.

Sulla base dell'immagine di seguito consegnata, si evidenzia che il tratto coperto è sostanzialmente una galleria che attraversa un alto topografico al quale si connette parte iniziale dell'argine sinistro del Tirso.

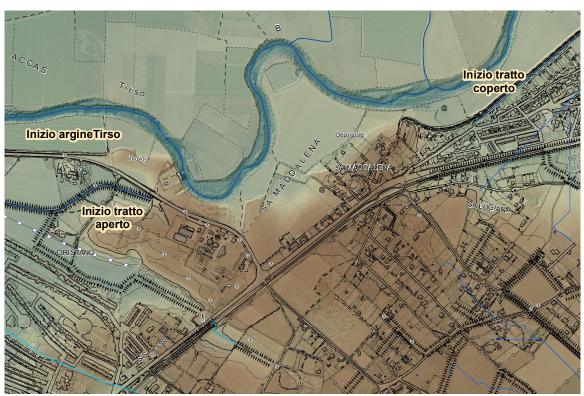


Figura 41 CTR su base Dtm 1m

Per quanto sopra, è condivisibile ipotizzare il bacino parziale, come di fatto è, assumendo l'apporto dal tombato come esclusivo di un sistema drenante relativo a portate ordinarie.

Sulla base di quanto sopra si consegno le considerazioni idrauliche proposte nell'ambito del progetto.

#### Verifica idraulica delle sezioni

La sezione tipica del canale San Giovanni a monte del contraffosso di Silì è costituita da un alveo di magra di sezione trapezia rivestito in calcestruzzo e da un alveo di piena con savanelle in terra e pareti trapezie sempre in terra.

In corrispondenza dell'altura della Maddalena il canale è costituito da un cunicolo interrato in mattoni di larghezza 1,00 m, altezza 2,00 m e lunghezza di oltre un chilometro. La copertura è realizzata con una voltina a botte e la copertura di terra in alcuni tratti è anche di alcuni metri.

La sezione tipica del canale San Giovanni a valle del contraffosso di Silì è costituita da un alveo di magra di sezione trapezia rivestito in calcestruzzo e da un alveo di piena con savanelle in terra e pareti trapezie sempre in terra.

In particolare la sezione di magra trapezia rivestita in calcestruzzo in questo tratto ha base 50 cm e sponde con scarpa 1/1 e altezza 50 cm. La sezione di piena ha una savanella della larghezza di 50 cm per parte in terra e sponde sempre in terra con scarpa 1/1 e altezza variabile in funzione dell'orografia dei terreni attraversati.

Nel tratto tombato in prossimità del Centro Commerciale (a monte del tratto interessato dal progetto stradale) la sezione è costituita da uno scatolare in cemento armato delle dimensioni nette 250 cm di base e 130 cm di altezza. Di sezione analoga sono anche dotati alcuni ponticelli presenti.

Nel tratto compreso tra la sezione 0 e la sezione 32 il canale San Giovanni riprende la sua tipica sezione composta costituita da una sezione trapezia di magra rivestita in calcestruzzo di base 50 cm e sponde con scarpa 1/1 e altezza 50 cm e da una sezione di piena con savanella della larghezza di 50 cm per parte in terra e sponde sempre in terra con scarpa 1/1 e altezza variabile in funzione dell'orografia dei terreni attraversati.

Come si evince dalla descrizione delle varie tratte del canale appena evidenziata, il bacino a monte dell'altura della Maddalena, che rappresenta la maggiore area scolante afferente al canale San Giovanni, ha un vincolo rappresentato appunto dal cunicolo che attraversa

l'altura della Maddalena. Nella tabella 06 allegata è stata calcolata la massima portata che può defluire attraverso il cunicolo in moto uniforme. Come si vede il valore è piuttosto modesto (1,73 mc/s) e pertanto tutto il tratto di monte risulterebbe rigurgitato.

E' apparso dunque ragionevole prevedere nella fase attuale l'adozione, nella tratta di interferenza con la strada in progetto, una sezione che fosse in grado di smaltire con un abbondante franco la portata costituita da valore riferibile al bacino a valle della Maddalena, con l'incremento della portata che nelle condizioni attuali può defluire attraverso il cunicolo.

L'Amministrazione Provinciale ha tuttavia segnalato l'impegno ad ampliare la sezione trapezia, che attualmente si realizzerebbe se si verificasse la condizione di un deflusso libero del tratto di bacino a monte dell'altura della Maddalena, con la sezione più ampia che viene verificata nel proseguo della presente Relazione e con le ulteriori prescrizioni che dovesse ritenere di porre il Servizio del Genio Civile di Oristano.

Nel tratto del canale San Giovanni che interferisce con la strada di Circonvallazione nord – ovest di Oristano, tra le sezioni 0 e 32, pertanto nell'immediato si realizzerebbe la seguente tipologia di sezione:

1. un canale trapezio, in sostituzione di quello esistente, avente dimensioni maggiori e le seguenti caratteristiche: sezione trapezia interamente rivestita avente base 1,00 m, sponde con scarpa 3/2 e altezza 1,70 m. E' anche prevista, in prosecuzione delle sponde, una

parte di raccordo con i terreni circostanti realizzata in terra con sponde aventi sempre scarpa 3/2, che garantisce un franco di altezza pari a circa 65-70 cm.

Nell'eventualità che si verificassero le condizioni di libero deflusso precedentemente indicate, vi sarebbe l'impegno da parte della Provincia di Oristano ad adeguare la sezione suddetta con la seguente:

2. un canale trapezio, in sostituzione di quello esistente, avente dimensioni molto maggiori e le seguenti caratteristiche: sezione trapezia interamente rivestita avente base 2,50 m, sponde con scarpa 3/2 e altezza 1,70 m. E' anche prevista, in prosecuzione delle sponde, una parte di raccordo con i terreni circostanti realizzata in terra con sponde aventi sempre scarpa 3/2, che garantisce un franco di altezza pari a circa 25-30 cm.

La proposta di due sezioni alternative è legata come detto ai due scenari esaminati.

Il primo considera la presenza del ristretto cunicolo della Maddalena che costituisce un impedimento fisico allo svilupparsi delle portate a valle dell'altura della Maddalena, mentre il secondo considera il contributo dell'intero bacino scolante senza limitazioni.

Ai fini della verifica idraulica delle due sezioni trapezie rivestite proposte, considerato che il canale con le attuali tecnologia verrà realizzato con calcestruzzo ben lisciato e ben curato, è stato assunto per entrambe le sezioni un coefficiente scabrezza pari a 0,36 (Bazin).

Nella pagina seguente sono riportate graficamente le due tipologie di sezioni esistenti e la sezione tipo in progetto.

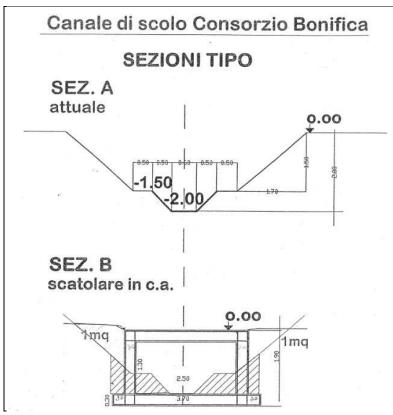
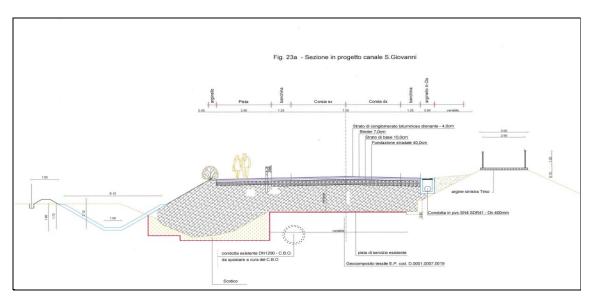


Figura 42 Sezioni esistenti e in progetto canale San Giovanni.



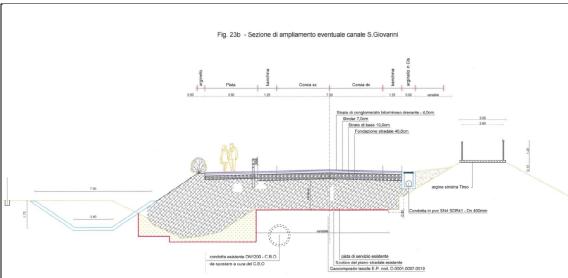


Figura 43 Particolari del progetto di sistemazione idraulica e viaria

A valle dell'area di intervento, l'alveo riprende la sua forma originaria, le condizioni morfologiche dell'area e la scarsa pendenza determinano una agevole condizione di crescita della vegetazione in alveo.

Proseguendo verso valle il canale tende a piegare in sinistra affiancadosi alla viabilità poderale, successivamente, piegando in destre idraulica si affianca alla SP49 prima di sfociare nello stagno di Santa Giusta.

Con le portate ricavate al precedente punto 3.3.1 si è proceduto alla verifica idraulica delle sezioni sopra riportate utilizzando la nota formula di Chézy, con coefficiente di attrito calcolato con la II formula di Bazin:

$$Q = C*A*\ddot{O}(R*I)$$

Nella considerazione che verrà realizzata una tipologia di sezione trapezia, rivestita interamente con calcestruzzo ben lisciato, è stato adottato, come detto, un valore di scabrezza G=0.36 (valido per canali rivestiti in calcestruzzo con pareti ben lisciate ed in buone condizioni di conservazione) (Cfr. Tab. II allegata al testo: Idraulica – V olume primo parte seconda (G. De Marchi - Hoepli):

Sono state effettuate due verifiche, che corrispondono a due diverse sezioni tipo:

- la prima verifica non tiene conto della presenza del cunicolo della Maddalena, che ha una lunghezza di qualche centinaio di metri, e che quindi assume che alla portata che determina il colmo nella sezione 32, ultima sezione in cui la strada è parallela al canale San Giovanni, possa contribuire l'intero bacino senza alcuna limitazione;
- la seconda tiene conto del fatto che la portata massima che può attraversare il cunicolo della Maddalena in moto uniforme, come evidenziato nella Tabella 06 allegata, è inferiore ai 2 mc/s (portate in arrivo superiori determinerebbero certamente un rigurgito verso monte e portate inferiori a quella di moto uniforme verso valle. Pertanto, considerato che il bacino residuo è accreditato di una portata pari a: 13.26 mc/s 10,77 mc/s = 2,48 mc/s, la portata complessiva massima che può giungere alla sezione 32 è pari a 4,48 mc/s.

Come si evince dalle Tabelle 07 e 08 di seguito allegate, le due sezioni precedentemente indicate risultano sufficienti a smaltire, con un adeguato franco, la portata calcolata con il corrispondente tempo di ritorno di 200 anni.

In relazione alla problematica idraulica derivante dalla insufficienza della sezione idraulica del cunicolo della Maddalena rispetto a piene con elevati tempi di ritorno, è evidente che essa non viene influenzata dall'esistenza o meno della strada in progetto, né dell'eventuale modifica della sezione del canale San Giovanni a valle. Per quanto a nostra conoscenza, il Consorzio di Bonifica ha proposto quale soluzione utile a risolvere il problema del possibile rigurgito e quindi del potenziale allagamento dei terreni a monte del cunicolo la realizzazione di una chiavica immediatamente a monte del cunicolo, che consentirebbe di scaricare nel fiume Tirso le acque di piena eccedenti la capacità di deflusso dello stesso cunicolo.

TABELLA 06					
VERIFICA CON PORTATA MASSIMA - CANALE SAN GIOVANNI SEZIONE RETTANGOLARE: CUNICOLO LA MADDALENA					
TIPOLOGIA DELLA SEZIONE	canale in mattoni				
PORTATA DI CALCOLO	1,73				
SCABREZZA	0,46				
LARGHEZZA DEL FONDO	1,00				
ALTEZZA D'ACQUA	2,00				
SCARPA	0				
AREA DELLA SEZIONE LIQUIDA	2,00				
CONTORNO BAGNATO	5,00				
RAGGIO IDRAULICO	0,40				
COEFFICIENTE DI ATTRITO	50,37				
PENDENZA DEL CANALE	0,00074				
VELOCITA'	0,87				

TABELLA 07			
VERIFICA CON PORTATA MASSIMA - CANALE SAN GIOVANNI SEZIONE TRAPEZIA RIVESTITA LARGHEZZA FONDO 2,50 m			
TIPOLOGIA DELLA SEZIONE	sezione trapezia rivestita		
PORTATA DI CALCOLO	13,26		
SCABREZZA	0,36		
LARGHEZZA DEL FONDO	2,50		
ALTEZZA D'ACQUA	1,60		
SCARPA	1,500		
AREA DELLA SEZIONE LIQUIDA	7,87		
CONTORNO BAGNATO	8,29		
RAGGIO IDRAULICO	0,95		
COEFFICIENTE DI ATTRITO	63,54		
PENDENZA DEL CANALE	0,00074		
VELOCITA'	1,68		

TABELLA 08 VERIFICA CON PORTATA MASSIMA - CANALE SAN GIOVANNI SEZIONE TRAPEZIA RIVESTITA LARGHEZZA FONDO 1,00 m				
TIPOLOGIA DELLA SEZIONE	sezione trapezia rivestita			
PORTATA DI CALCOLO	4,48			
SCABREZZA	0,36			
LARGHEZZA DEL FONDO	1,00			
ALTEZZA D'ACQUA	1,22			
SCARPA	1,500			
AREA DELLA SEZIONE LIQUIDA	3,44			
CONTORNO BAGNATO	5,39			
RAGGIO IDRAULICO	0,64			
COEFFICIENTE DI ATTRITO	59,97			
PENDENZA DEL CANALE	0,00074			
VELOCITA'	1,30			

L'ultimo tratto del percorso del Canale di San Giovanni è caratterizzato dalle interazioni con il canale perimetrale di Santa Giusta; il canale perimetrale affranca lo specchio acqueo dagli apporti provenienti dalle aree esterne, evitando quindi eventuali contaminazioni con le sostanze provenienti dai bacini afferenti.

In particolare, l'immissione del San Giovanni nello stagno di Santa Giusta è impedita da una traversa che dirotta i deflussi ordinari lungo il canale circondariale; quest'ultimo, proseguendo verso valle, attraversa mediante due sifoni i due bracci del canale di Pesaria per poi riversarsi all'interno del porto industriale.

Di seguito si consegna una rappresentazione aerea con le indicazioni delle singole opere d'arte.



Figura 44 intersezione canale di Pesaria, Canale di San Giovanni

## 3.3.2. Aree ad Est dell'abitato di oristano

Nel comparto si possono individuare alcune singolarità che caratterizzano lo scorrimento superficiale delle acque di pioggia. In una visione globale, (v. Figura 45) l'area di Is Pasturas, è l'elemento che, dal punto di vista orografico, maggiormente caratterizza l'area, sovrastando il contesto circondario di circa 2 m e impedendo il deflusso delle acque che dall'estremo orientale tenderebbero altrimenti ad interessare l'abitato di Oristano.

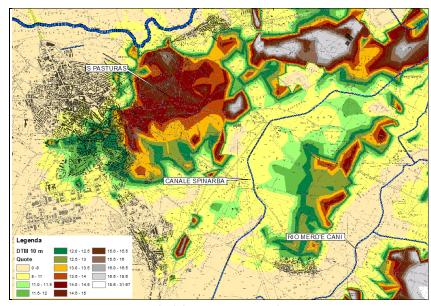


Figura 45 Settore orientale del territorio comunale su Base Ctr e Dtm 10m.

Le sottostanti immagini su base DTM 1m, evidenziano in maniera ancora più rilevante come l'orografia del territorio mostri un alto topografico in zona mediana tra la SS 131 e l'abitato. La sezione trasversale mostrata in figura evidenzia ancor più il dislivello tra la zona sommitale dell'alto topografico e il circondario.

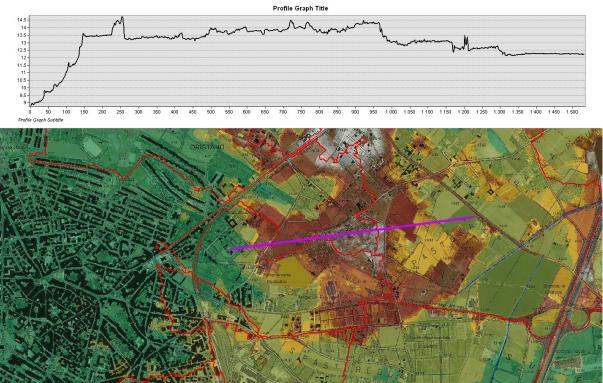


Figura 46 Stralcio area de ls Pasturas e sezione trasversale su Dtm 1m - in rosso gli spartiacque

La successiva immagine evidenzia con le frecce le direzioni indicative dei deflussi, evidenziando, come successivamente l'analisi idrologica e idraulica dettaglierà, che:

- verso l'abitato tenderebbe a scorrere solamente il deflusso proveniente dal settore occidentale dell'area de Is Pasturas.
- I deflussi ricadenti ad est de Is Pasturas tenderebbero in linea di principio a ripartirsi a nord in direzione Tirso e a sud verso il bacino del Canale Spinarba. In realtà la presenza delle risaie e, poco a monte l'attività di cava, tende a far si che le stesse piogge si accumulino al loro interno minimizzando allo stato attuale le condizioni di deflusso (Figura 47 e Figura 48).

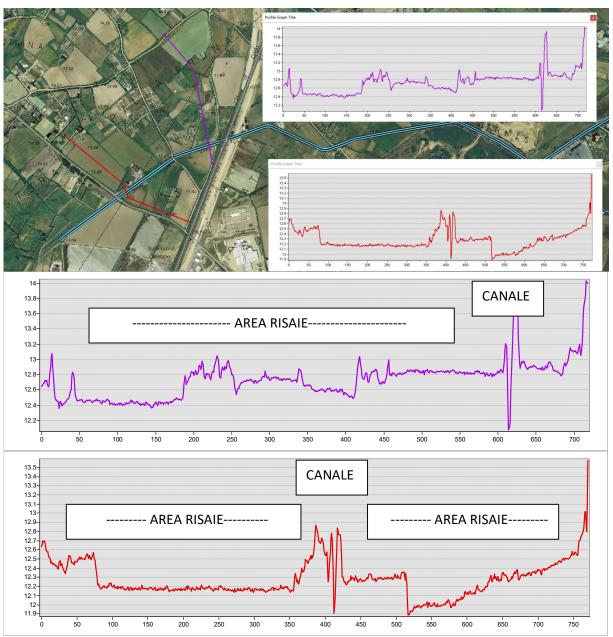


Figura 47 Trasversali a est della loc. Is Pasturas

Seppure nella realtà le risaie potrebbero effettuare una sorta di laminazione delle portate, e quindi costituire una vera cassa di contenimento; dal punto di vista formale non è possibile considerarle come tali. Questo in quanto le risaie pur agendo sui deflussi non possono essere considerate opere idrauliche e come tale non è certificabile nel presente studio la loro valenza idraulica.

La Figura 48 evidenzia una linea di deflusso, individuata nel reticolo di riferimento ai fini del PAI, che in direzione est ovest va a terminare in corrispondenza dell'alto topografico: si tratta del Canale Generale 2° zona che è alimentato dal canale Tirso Arborea mediante una paratoia posta in prossimità dell'abitato di Simaxis; proprio in prossimità dell'abitato di Simaxis il canale è coperto (v. Figura 50). L'alimentazione avviene sotto il controllo dei fontanieri del Consorzio di Bonifica dell'Oristanese, ente che gestisce il canale e l'approvvigionamento irriguo.

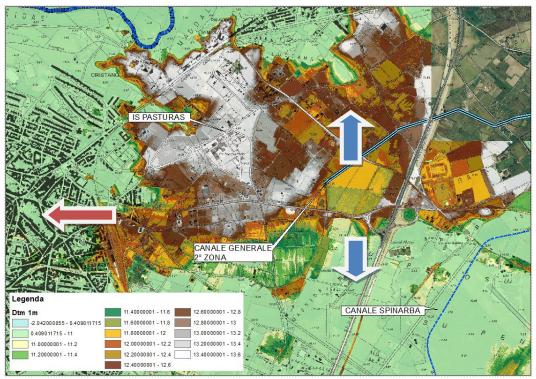


Figura 48 Direzioni ideali di deflusso su Base Dtm 1m

In gran parte del suo percorso il canale risulta pensile come anche leggibile in Figura 47, e non intercetta le acque ad esso esterne, il livello idrico non è tale da consentire il travaso all'intero del canale, in condizioni estreme si attiverebbero infatti i deflussi precedentemente espressi verso nord e verso sud.

Il canale oltrepassa il tratto de Is Pasturas, procedendo verso Sa Rodia mediante un tratto in condotta con funzionamento in pressione in un condotto del diametro di 1200 mm per una lunghezza di circa 4 Km con una pendenza media di circa 0.2%. Di seguito si riportano alcune immagini del canale Generale.



Figura 49 Derivazione dal canale Tirso Arborea verso Canale Generale 1° zona



Figura 50 Inizio del tratto coperto in prossimità di Simaxis

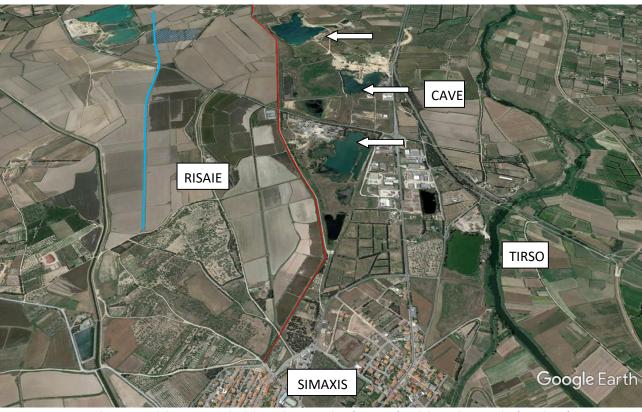


Figura 51 Veduta aerea del tratto iniziale del Canale Generale 1 (in rosso) e del Canale Spinarba (in celeste)



Figura 52 Veduta aerea del Canale Generale 1 ( in rosso) nel tratto centrale in prossimità delle cave (in dx) e delle risaie (in sinistra)

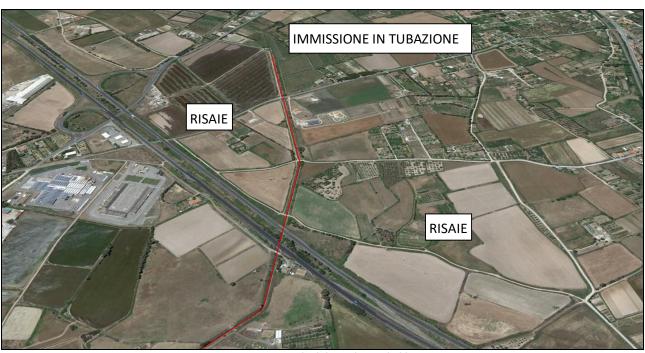


Figura 53 Tratto terminale del canale a pelo libero



Figura 54 Tratto terminale del canale a pelo libero



Figura 55 Opera di immissione al tratto intubato

Si rimarca, sulla base di quanto emerge dai sopralluoghi effettuati, e dall'esame dell'orografia dei siti e delle informazioni acquisite, che la portata all'interno del canale è attivata mediante interventi dei fontanieri del Consorzio

di Bonifica; ogni possibile fuoriuscita delle portate dal canale non può che essere imputabile ad errori nelle manovre da parte dei fontanieri e non da condizioni meteoriche avverse.

Andando a dettagliare più compiutamente i tre settori di scorrimento individuati nella Figura 57 si possono definire i seguenti aspetti.

# 3.3.2.1. Settore tra l'area di Is Pasturas e l'abitato.

Sulla base dell'interpretazione del DTM 1m fornito dalla Ras, si possono evidenziare qualitativamente tra linee di scorrimento superficiale, contrassegnate dalle frecce all'interno della Figura 56.

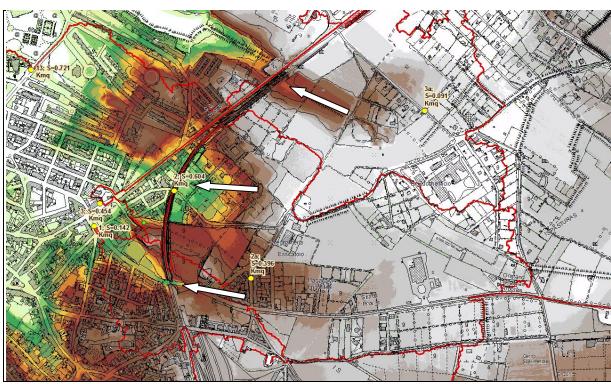


Figura 56 Area Is Pasturas-abitato su base DTM 1m

La Figura 58 evidenzia i bacini scolanti e le reali linee di deflusso generate dalle alterazioni indotte dalla linea ferroviaria (il colore della freccia corrisponde ad analogo colore del bacino idrografico).

In particolare, il bacino Viola (n.3) attraversa la ferrovia in corrispondenza di un tombino, successivamente la corrente tende a defluire parallelamente alla linea ferroviaria stessa sino a riconnettersi all'attraversamento contrassegnato dalla freccia verde.



Figura 57 Andamento schematico della linea di deflusso

La superficie complessiva dell'area 3 è inferiore al mezzo chilometro quadrato, il bacino parziale sotteso alle aree edificate esistenti è inferiore ai 10 ettari.

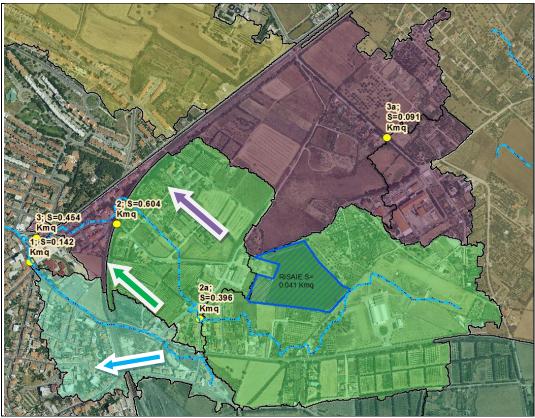


Figura 58 Aree scolanti tra Is Pasturas e l'abitato

Per quanto concerne il bacino n. 2 (contrassegnato dalla campitura verde) è evidente (v. Figura 58) una debolissima pendenza del bacino, inoltre si riscontra al suo interno una superficie non trascurabile utilizzata come risaia .

Il bacino parziale individuato è poco inferiore ai 0.4 Kmq. Il deflusso poi continua lungo il piano stradale andando ad attraversare la linea ferroviaria in corrispondenza di un sottopasso stradale contrassegnato dalla freccia verde. Il bacino sotteso all'attraversamento risulta di 0.6 Kmq.



Figura 59 Attraversamento del bacino n. 2 sulla ferrovia

Il terzo comparto drenante individuato in celeste drena una superficie decisamente esigua, le aree drenate in parte antropizzate e in parte incolte determinano contributi di deflusso che convergono verso l'attraversamento stradale evidenziato in figura sottostante.



Figura 60 Attraversamento del bacino n. 1 sulla ferrovia

Per quanto attiene la copertura del suolo, le immagini satellitari recenti e i sopralluoghi sul campo hanno evidenziato una condizione estremamente eterogenea con presenza di agglomerati urbani sparsi ed aree agricole.

### 3.3.2.2. Settore ad est di Is Pasturas e drenanti verso nord.

Analogamente a quanto visto per le aree ad ovest della località Is Pasturas, di seguito si da riscontro delle particolarità legate alle zone di deflusso nel territorio orientale.

Richiamando quanto indicato in precedenza, parallelamente percorso del Tirso, si evidenzia un alto morfologico lungo un allineamento che idealmente unisce Simaxis ad Oristano. La sottostante Figura 61, nella quale è ben evidente il percorso della SS 131, individua alla sua sinistra l'alto topografico relativo al contesto de Is Pasturas, che a sua volta tende ad estendersi verso ovest con variazioni di quota ma che determina sostanzialmente una divisione tra i deflussi settentrionali e quelli meridionali. La linea gialla in figura rappresenta qualitativamente l'andamento della linea di displuvio tra il settore Nord e il settore Sud. La base informativa territoriale assunta è il modello digitale a 1m fornito dalla RAS, il modello è stato integrato con l'informazione del dtm 10m laddove l'informazione di dettaglio non era disponibile. Qualitativamente tuttavia, seppure con livelli di precisione inferiori, anche il modello a 10 m consente di definire con adeguata precisione la morfologia delle aree.

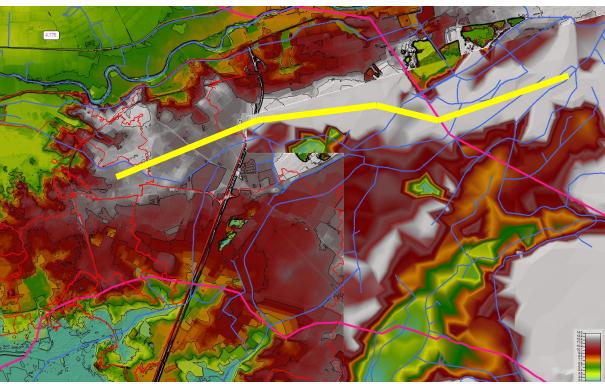


Figura 61 Mosaico Dtm 10m - 1m su area orientale del territorio comunale

Il grafico seguente mostra la sezione colta lungo la linea gialla relativa all'informazione del Dtm 1m e del Dtm 10m: tra i due modelli vi è generalmente uno scostamento di circa 2m, a favore del Dtm 10m. Laddove si interrompe il tratto verde, viene a mancare l'informazione del DTM 10m.

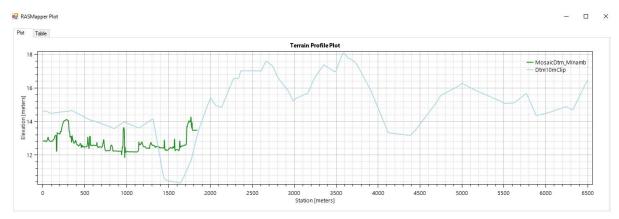
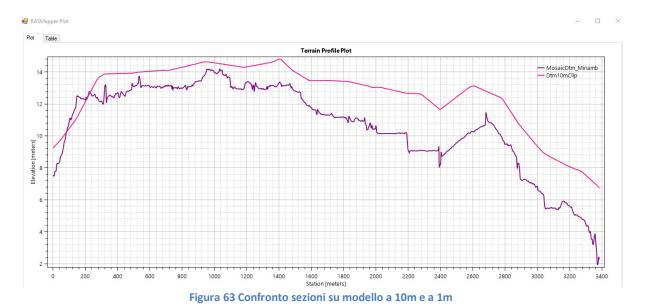


Figura 62 Sezioni del terreno-Confronto tra informazioni del Dtm 1m e del Dtm 10m

La successiva immagine invece evidenzia una sezione colta in corrispondenza di un areale nel quale sono presenti sia il dtm 1m e sia il dtm 10m: la sezione è colta ad ovest della SS 131 e parallelamente ad essa. Nella medesima immagine si può notare una coerenza qualitativa dell'andamento del terreno, in cui le linee di pendenza, seppure a quota differente, sono generalmente parallele. E' quindi sufficientemente attendibile ritenere che utilizzare il dtm 10 m nelle superfici non coperte dal dtm 1m non possa generare errori tali da configurare un differente scorrimento delle acque.



Di seguito si da descrizione dei singoli contesti.

A ovest della SS 131 si inquadrano aree a sostanziale vocazione agricola, con pendenze del terreno estremamente modeste e capacità drenante non trascurabile. Il modello digitale del terreno evidenzia il tracciato della SS 388 del Tirso e del Mandrolisai (linea gialla in figura di seguito), e poco nord l'argine sinistro del Tirso con all'esterno le aree depresse risalenti ai vecchi immissari in sinistra idraulica e oramai tagliati fuori dall'argine del fiume. Gli immissari

sono raccolti dal canale colatore sinistro del Tirso che, oltre l'abitato di Sili, continua interrato per poi riuscire a cielo aperto dopo Sa Maddalena. Il cunettone riprende il suo corso andando ad originare il canale Torangius.

La bassa zona golenale sinistra del Tirso, a ridosso dell'argine è estremamente alterata dalla presenza di depressioni legate all'estrazione delle sabbie ed è interessata dalla presenza di aree di ristagno parzialmente drenate dal sistema di bonifica e di colatori esistenti.

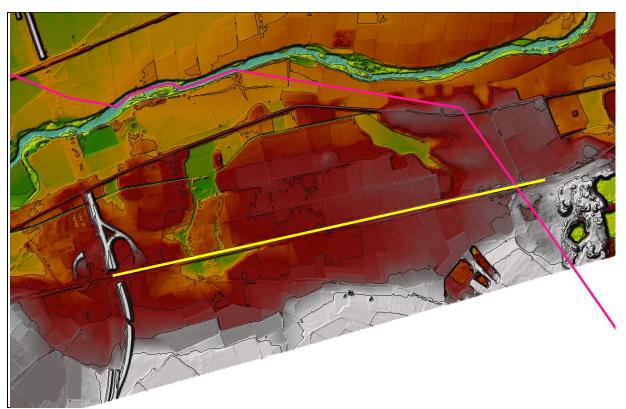


Figura 64 Area golenale sinistra del Tirso ad est della SS 131 (in giallo la SS 388)



Figura 65 Campagne in sinistra idraulica del Tirso

Le successive immagini evidenziano su base dtm1m le forme che contraddistinguono l'area nell'intorno di Silì; è evidente mostrano un area in quota nella parte centrale, con dislivelli riconducibili a pochi metri come indicato anche nella Figura 66 e seguente.

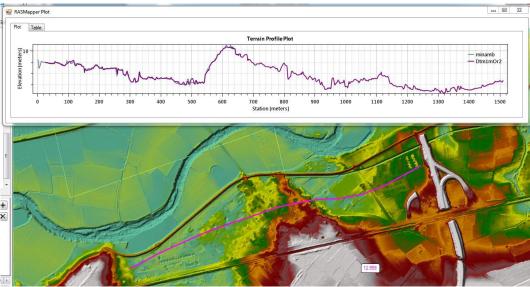
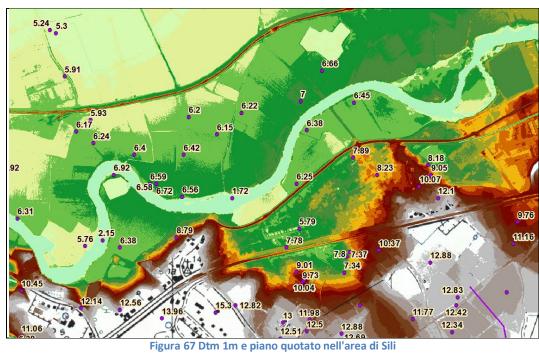


Figura 66 Sezione e Dtm 1m nell'areadi Silì



Le successive immagini consegnano un tratto di argine sinistro del fiume e la sezione in corrispondenza dell'inizio della tombinatura del canale di dreno che scorre parallelamente al Tirso in sponda sinistra.



Figura 68 Argine sinistro del Tirso all'altezza di Silì



Figura 69 Inizio tratto tombato, a destra l'argine del Tirso

### 3.3.2.3. Settore ad est di Is Pasturas e drenanti verso sud.

Anche in questo caso viene operata una distinzione tra la porzione delle superfici scolanti ad ovest della SS 131 e la porzione delle superfici ad est della medesima strada. Per quanto attiene la prima porzione, una quota parte delle aree che non drenano verso nord, si inquadrano all'interno del bacino idrografico del Canale Spinarba, il quale è stato richiamato nel paragrafo relativo ai bacini principali. In questa sede si può solamente richiamare il fatto che il suddetto canale è un elemento artificiale che drena sostanzialmente le aree di risaia tra il territorio di Oristano e quello di Simaxis. Ciò malgrado è l'elemento atto a veicolare le portate di deflusso avente le maggiori dimensioni: è quindi verosimile attribuire ad esso il ruolo di elemento di recapito principale del comparto.



Figura 70 Bacino del Canale Spinarba

La porzione ricompresa tra la SS 131 e l'abitato e drenante verso sud, fa invece capo al sistema drenante che attraversa la località Corte Baccas a nord di Santa Giusta e successivamente si immette nello stagno poco a monte del paese.

Nel tratto di origine si individuano due elementi drenanti principali, le cui direzioni di flusso sono contrassegnate con le frecce in Figura 71. Le aree drenanti sono riconducibili alle località *Perda Fitta* ad ovest e Massidda ed est, entrambe con una superficie di circa un chilometro quadrato: in entrambi i casi le aree sono principalmente a vocazione agricola, estremamente pianeggianti e con alcune e limitate aree edificate, sia con funzioni abitative di carattere rurale e sia artigianali. Sono presenti anche aree utilizzate come risaie, evidenti per la particolare conformazione altimetrica nella sottostante figura.

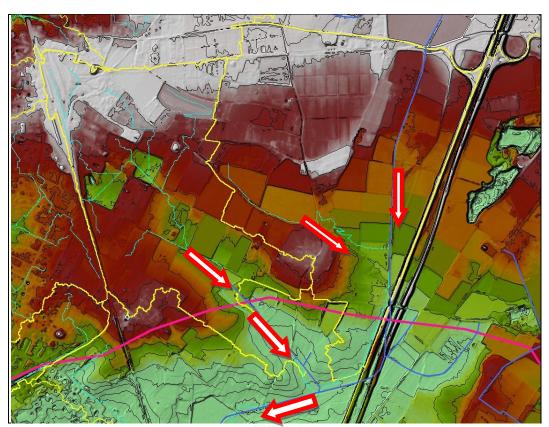


Figura 71 Andamento delle linee di compluvio su DTM 1m

I due compluvi si riuniscono fuori da limite comunale di Oristano andando ad interessare un'area depressa prossima alla SS 131. Successivamente, il compluvio a valle piega in destra idraulica andando a recapitare le portate di deflusso verso lo stagno, a Nord di Santa Giusta.

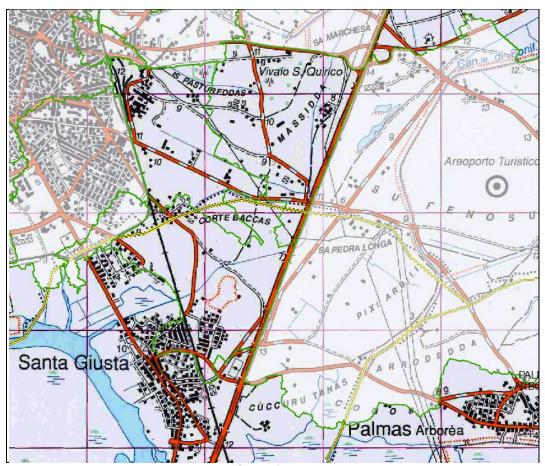


Figura 72 Superficie scolante su IGM 1:50 000

## 3.3.3. Marina di Torre Grande

L'ultima area, dimensionalmente marginale ma sicuramente di interesse, anche per le vocazioni turistiche di rilevanza economica, è relativa al contesto di Marina di Torre Grande in sponda destra del Tirso in prossimità della foce. L'area segue sostanzialmente la linea di costa dall'argine destro del fiume sino allo stagno di Mardini, la bocca d'ingresso dello stagno di Cabras. Il tratto di costa interessato è poco inferiore ai 5 Km, mentre la profondità verso l'entroterra si mantiene sempre inferiore al chilometro.

Nell'area si possono individuare due sistemi ben distinti, uno riguardante più propriamente la fascia costiera, l'edificato e tutta la zona boschiva circostante, e un'area più interna riconducibile ai contesti agricoli, comprese le attività risicole della zona.

I due comparti sono fisicamente separati dalla Strada Provinciale n. 2 che determina una linea di rottura tra i due contesti su citati. Le informazioni altimetriche consentono inoltre di individuare una linea che determina lo spartiacque tra le superfici che scolano verso l'entroterra e le superfici che scolano verso il mare.

La successiva immagine consegna i bacini sottesi alle linee di dreno delle acque interne: si può osservare che l'edificato esistente si trova praticamente sulla linea di displuvio, su di esso grava quindi sostanzialmente la pioggia zenitale.



Figura 73 Superfici scolanti nell'area di Marina di Torre Grande - in giallo il limite comunale

La seguente figura consegna una visione semplificata ma incisiva della zona in esame: in essa sono ben visibili il canale Brabau che drena le aree dell'azienda Brabau e della località Fainxeddas attraverso una rete di canali di dreno. Il sistema alimenta le due idrovore poste sulla strada provinciale Oristano - Torregrande.

Quella più a nord consente l'immissione sul Rio Tanui, quella più a sud consente l'immissione sul Canale Bau Mannu e successivamente allo stagno di Mardini.

Si rileva ancora che la necessità di favorire il deflusso mediante idrovora è evidentemente determinato dall'assenza di gradiente idraulico in tutta l'area.



Figura 74 Stralcio di Marina di Torre Grande su IGM 1:50 000



Figura 75 Idrovora sul Canale Brabau all'altezza della S.P. Oristano-Torregrande

L'area a sud della strada provinciale, compresa tra lo spartiacque della zona a sud della provinciale stessa, è invece di dimensioni tali da non risultare soggetta ad apporto alcuno se non dalle piogge zenitali.

Le sottostanti immagini evidenziano l'alto topografico in corrispondenza della Marina di Torre Grande.

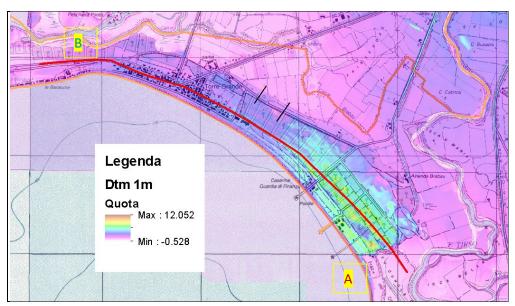


Figura 76 Dtm 1m su base IGM 25000

La successiva immagine consegna invece la sezione colta lungo lo spartiacque dei bacini in corrispondenza della zona litoranea.



Figura 77 Sezione colta sulla fascia litoranea su Dtm 1m

#### 4. ANALISI IDROLOGICA

Per la valutazione delle portate di calcolo sulle superfici scolanti individuate all'interno del territorio comunale, si è operato attraverso l'utilizzo del codice di calcolo Arc Hydro Tools attraverso una successione di fasi:

- ✓ sono state individuate preliminarmente le superfici scolanti elementari;
- ✓ sono state successivamente aggregate le superfici di cui sopra, individuando i bacini idrografici afferenti ai corsi d'acqua oggetto di valutazione idraulica o per i quali si valutata l'interazione con le aree di pertinenza;
- ✓ per i bacini inquadrati sono state determinate le aste principali, le grandezze geomorfologiche, le grandezze idrologiche;
- ✓ con l'applicazione delle metodologie note sono state effettuate le valutazioni idrologiche al fine di definire i valori delle portate di calcolo;

Il calcolo della portata è stato effettuato conformemente a quanto previsto nelle Linee Guida del PAI. In esse si rileva che, in mancanza di dati osservati, si dovrà far ricorso alle metodologie di calcolo disponibili, che possono essere inquadrate in due grandi sottoinsiemi: la prima è nota sotto la generale definizione di *Metodi Diretti*, la seconda come *Metodi Indiretti*, in cui l'aggettivo diretto o indiretto specifica se la portata al colmo in qualunque sezione è ricavata direttamente da valori di portate calcolati, ovvero indirettamente tramite trasformazione afflussi–deflussi. Nel presente caso, in mancanza di dati rilevati, si farà ricorso alla seconda metodologia.

#### 4.1. CONSIDERAZIONI GENERALI SUL FENOMENO

A premessa della descrizione del metodo utilizzato, è importante rilevare che la definizione delle aree di allagamento sulla cartografia è l'ultimo passo di un processo di analisi che non può essere scisso dalle precedenti fasi e che, come tale, risente delle schematizzazioni che necessariamente devono essere assunte. Nell'analisi idrologica l'ordine di schematizzazione assunto riguarda sia il quadro concettuale che esprime il verificarsi del fenomeno, sia la successiva traduzione modellistica del fenomeno semplificato. Nel primo caso giova rilevare che la schematizzazione di base per la rappresentazione della trasformazione degli afflussi in deflussi parte dall'individuazione di un processo descrittivo che assume il deflusso come accorpamento negativo delle grandezze facenti parte del bilancio idrico.

In particolare con il concetto di "trasformazione afflussi-deflussi" raggruppa l'insieme di quei diversi processi idrologici che concorrono alla formazione del deflusso, a partire dalla precipitazione meteorica, prima ancora che il deflusso stesso si incanali nella rete idrografica secondo la schematizzazione riportata in Figura 78.

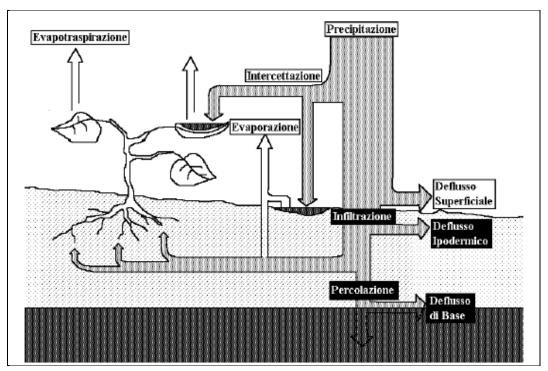


Figura 78 - Elementi che concorrono al bilancio idrologico del processo "afflussi-deflussi"

La realizzazione di modelli di piena passa necessariamente attraverso ulteriori semplificazioni del fenomeno, trascurando alcune grandezze che possono considerarsi ininfluenti, infatti:

- 1. l'evapotraspirazione risulta essere modesta o nulla in relazione ai deflussi superficiali che assumono importanza preponderante rispetto agli altri;
- 2. i diversi tipi di deflusso (superficiale, ipodermico, profondo o di base) assumono una importanza relativa che varia in funzione del tempo caratteristico di risposta del bacino in esame.
- 3. il deflusso di base, ovvero quello che può ritenersi costante e determinato dalle portate di magra del corso d'acqua, può essere ritenuto costante nell'ambito dell'evento di piena. Tale contributo, risulta in genere essere di uno o più ordini di grandezza inferiore alle portate di piena, e quindi in buona approssimazione trascurabile, così pure il deflusso ipodermico nel caso di un bacino di dimensioni medie o piccole.

La seconda fase consiste nello stabilire le relazioni analitiche intercorrenti tra le caratteristiche dell'evento meteorico che causa la piena e le modalità con cui avviene la trasformazione afflussi-deflussi.

Il processo di analisi ha avuto le sue prime formulazioni nella metà dell'800 (Mulvany) nella relazione veniva definito il valore della portata al colmo Q per un assegnato periodo di ritorno per effetto di una precipitazione ricadente in un bacino assegnato.

Nella sua formulazione, venivano assunte le seguenti semplificazioni:

- ✓ il valore della portata al colmo Q relativo ad un evento meteorico costante, è il maggiore tra tutti i valori di portata definiti per lo stesso bacino e per lo stesso tempo di ritorno T.
- ✓ per un preassegnato periodo di ritorno, l'evento meteorico che genera il valore massimo di portata ha una durata pari al tempo di corrivazione;
- ✓ che la portata al colmo Q per un evento causata da una precipitazione ragguagliata di intensità costante sia proporzionale all'intensità della precipitazione, alla superficie del bacino e a un coefficiente C legato alle caratteristiche del bacino e al suo grado di impermeabilità.

Il successivo approccio cinematico cui si fa affidamento per la determinazione della portata introduce semplificazioni che tendono a schematizzare il deflusso sempre assumendo delle condizioni che tendono a eliminare le interazioni tra le grandezze che concorrono; in particolare, le ipotesi di base sono:

- ✓ il trasferimento della piena sia affidata al trasferimento di massa liquida;
- ✓ ogni goccia percorra sempre la stessa traiettoria anche con l'evoluzione del processo di pioggia, e che quindi le linee di corrivazione siano immutabili;
- ✓ il tempo di corrivazione, e quindi la velocità di ruscellamento dell'acqua sia immutabile con il livello di saturazione del terreno e con il formarsi del velo idrico superficiale,
- ✓ la velocità della goccia non sia influenzata dal moto delle altre gocce;
- ✓ la portata di piena sia data dalla somma delle portate provenienti dalle altre parti di bacino che si presentano alla sezione di chiusura allo stesso istante.

Le ipotesi di cui sopra diventano di fondamentale importanza in relazione al contesto territoriale entro cui si opera, e inducono approssimazioni più o meno rilevanti in base alle forme e caratteristiche dei bacini di riferimento.

Entrando nelle specifiche grandezze che influenzano il modello, si rileva che le semplificazioni riguardano sia il grado di precisione della stima dell'intensità di pioggia, della sua distribuzione spaziale, che evidentemente la superficie del bacino ma anche la sua forma, così pure dell'individuazione della pioggia netta, e passa attraverso una modellizzazione della risposta del bacino stesso.

Le considerazioni su esposte, dunque, inducono a ritenere che possa essere accettato un grado di scostamento rispetto alle condizioni che realmente potrebbero verificarsi.

In fase di valutazione delle grandezze su richiamate, sarà opportuno valutare il grado di imprecisione che deriva dalla valutazione dell'intensità di pioggia, dalla sua distribuzione spaziale e dal comportamento del bacino idrografico per quanto attiene il processo di trasformazione afflussi deflussi.

#### 4.2. INDIVIDUAZIONE DEI PARAMETRI DI BACINO

Con l'ausilio di codici specifici per l'idrologia in ambiente GIS è stata dunque eseguita la prima fase di processo dei dati. Successivamente sono stati definiti, per ogni cella<sup>1</sup>, la direzione del flusso, la direzione di massima pendenza, il numero di celle a monte che contribuiscono al flusso, la rete di drenaggio, le aree di drenaggio per ogni segmento idrico, etc., ai fini di ottenere il quadro completo che concorre all'individuazione dei parametri di bacino.

L'intera procedura consente di individuare quindi i principali parametri idrologici, quali la pendenza del bacino, l'asta principale, la lunghezza e pendenza dell'asta principale, la quota massima, minima e la superficie del bacino, la pendenza media.

## **4.3.** DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI PROGETTO – METODI INDIRETTI

Tale metodologia stima la portata al colmo a partire dalla precipitazione, nell'ipotesi che la frequenza di accadimento di quest'ultima caratterizzi quella della portata al colmo.

La portata di piena è espressa dalla ben nota Formula Razionale:

$$Q_{P} = i_{[\tau,T_{R,P}(\tau,A)]} * \Phi * A * \varepsilon (\tau)$$

espressione di un modello deterministico elementare a fondamento cinematico, con il seguente significato dei simboli:

i Intensità di pioggia

T<sub>R</sub> Tempo di ritorno

E Coefficiente di ragguaglio areale

1

Il modello è costituito da una griglia di celle la cui dimensione viene assegnata sulla base delle necessità di calcolo.

- A Area del bacino
- T Durata della pioggia critica
- Φ Coefficiente di deflusso Coefficiente di laminazione

Nella valutazione dell'entità della precipitazione di più recente pubblicazione che prevede la definizione delle curve di possibilità pluviometrica basate sul modello TCEV.

#### <u>Altezza di pioggia critica</u>

#### Metodo TCEV

Eventi di pioggia particolarmente intensi sfuggivano alla capacità di previsione delle curve di possibilità pluviometriche formulate da curve a due parametri, si è reso pertanto necessario sviluppare una trattazione capace di interpretare più fedelmente eventi di breve durata, anche utilizzando curve di distribuzione con un maggior numero di parametri.

In detta recente trattazione si è riscontrata l'impossibilità di adottare, per tempi di ritorno superiori ai 10 anni, un unico tipo di funzione monomia; si è invece reso necessario separare la casistica in due tipologie di eventi: piogge di durata inferiore a un'ora e piogge di durata superiore a un'ora.

Le equazioni elaborate sono:

$$h(T,t) = (a_1 \ a_2') * t^{(b_1+b_2')}$$
  $t \le 1 \ ora$ 

$$h(T,t) = (a_1 \ a_2") * t^{(b_1+b_2")}$$
  $t > 1 \ or a$ 

dove

$$a_1 = \frac{\mu_g}{0.886 * 24^{b_1}}$$

$$b_1 = -0.493 + 0.476 * Log \mu_g$$

avendo indicato con  $\mu_g$  il valore medio giornaliero della pioggia il cui valore è rilevabile nella seguente carta. I parametri  $a_2$ ',  $a_2$ " e  $b_2$ ',  $b_2$ " contraddistinguono invece la sottozona di appartenenza, l'area in esame insiste nella **Sottozona 1**.

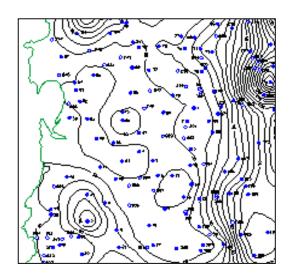






Figura 80 – Sotto Zone Omogenee per le piogge brevi e intense in Sardegna. In ciascuna zona I parametri de modello TCEV sono riportati in Tabella 8. (da Deidda ed al., 1993)

#### V alutazione del coefficiente di deflusso $\Phi$

Per la valutazione del coefficiente di deflusso, si fa ricorso al metodo CN del *Soil Conservation Service*, che secondo gli autori trova impiego ottimale nell'ambito dei piccoli bacini.

Si intende per pioggia netta la grandezza:

$$h_{netta} = \frac{(h_{lorda} - I_a)^2}{h_{lorda} + S - I_a}$$

dove

$$S = 254 * \left(\frac{100}{CN} - 1\right)$$

Per la determinazione del CN si è operato partendo dalle indicazioni definite nell'ambito del progetto di Piano Stralcio delle Fasce Fluviali; in particolare si è partito dalla cartografia dell'uso del suolo, sulla base dell'uso del suolo sono state determinati i valori di CN di partenza secondo i valori espressi nella Tabella 1 presente nell'elaborato "Metodologia di Analisi".

In una seconda fase sulla base delle indicazioni derivanti dalla geologia della Sardegna desunta dalla carta geologica della carta geologica sono stati introdotti, sempre secondo quanto previsto dalle Metodologia di analisi dei valori correttivi caratterizzati ogni tipo litologico, così come descritto nella Tabella 2.

L'attribuzione ai valori del CN derivanti dall'uso del suolo, dei valori correttivi derivanti dalla carta geologica conduceva a valori del CN che potevano essere considerati omogenei come criterio di definizione in tutto il territorio analizzato.

Il parametro S, rappresenta la quantità d'acqua immagazzinabile nel bacino, ovvero la massima altezza di pioggia che può essere ritenuta, ed è legato alla possibilità di infiltrazione, e alle condizioni di umidità precedenti (AMC Antecedet Misture Condition).

La scelta del valore del CN quindi conto della condizione di umidità del suolo a causa di eventi meteorici che possono aver interessato il bacino in esame nei 5 giorni precedenti l'evento critico attraverso l'introduzione del parametro CNIII che sarà utilizzato nei calcoli e che deriva dall'applicazione della seguente:

$$CN(III) = \frac{23 \ CN(II)}{10 + 0.13 CN(II)}$$

Il valore dell'infiltrazione iniziale è dato dalla:

 $I_a = 0.2 * S$ 

Lo scenario di analisi ha indotto cautelativamente di assumere il valore dell'infiltrazione iniziale nulla

Nella fase applicativa si sono resi necessari ulteriori approfondimenti legati al livello di dettaglio con il quale si è operato; in particolare giova evidenziare i seguenti aspetti:

a) Nella valutazione dell'altezza di pioggia netta, il valore sottratto al deflusso, per effetto della percentuale immagazzinata, è evidentemente legato al valore di S e quindi del CN; S è un valore assoluto, quindi è disgiunto dall'altezza di pioggia, in quanto per definizione frutto dell'uso del suolo e della geologia. Inoltre, minore è la dimensione del bacino, minore è il tempo di corrivazione, minore è la pioggia lorda e maggiore è l'influenza che il CN e quindi di Ia ha sulla determinazione del valore della pioggia netta. Per i piccoli bacini dell'ordine di qualche ettaro, con altezze di pioggia di alcuni millimetri, si determinano valori di S confrontabili con l'altezza netta; con conseguente rapporto

77

pioggia netta/pioggia lorda decisamente basso. Questo limite dell'applicazione del metodo tende a scomparire nei bacini di maggiore dimensione. In condizioni di eventi estremi su piccoli bacini il metodi tende quindi a sottostimare in maniera estrema i valori di portata.

b) Il legame del valore del CN con l'uso del suolo può indurre, soprattutto nei piccoli bacini, problematiche legate alla brusca variazione della copertura vegetale, anche stagionalmente o per effetto di variazione della pratica agraria. Estremizzando il concetto, anche un evento incendiario può trasformato in poche ore coperture boscate o a macchia mediterranea, riconducibili a valori del CNII nell'interno del 60, a coperture riconducibili ad aree a pascolo naturale con valori del CNII nell'interno del 75. Al contrario, nei grandi bacini l'eventuale alterazione della copertura è più probabile che possa riguardare solo una sua porzione. Tanto maggiore è la dimensione del bacino tanto minore è l'incidenza complessiva della possibile variazione. In bacini ridotti, a ridosso dei centri urbani è purtroppo possibile che il disboscamento accidentale possa interessare un intero bacino, con conseguenze drammatiche in ordine alla variazione della possibilità di deflusso.

Queste considerazioni, che non devono assolutamente essere intese come critiche al metodo proposto nel PSFF, evidenziano sostanzialmente l'esigenza di una particolare cura nella valutazione del CN soprattutto per i piccoli bacini.

La determinazione del valore, è stata quindi effettuata sia in considerazione delle linee guida e sia attraverso aggiustamenti puntuali che interessavano prioritariamente i bacini minori.

I valori conclusivi e di sintesi sono consegnati nelle seguenti tabelle.

Per il coefficiente di ragguaglio areale si assumono le seguenti espressioni:

 $r = 1 - (0.0394 \text{ A}^{0.354}) d^{(-0.40+0.0208 \ln(4.6-\ln(A)))} \text{ per } A < 20 \text{ km}^2$ 

 $r = 1 - (0.0394 \text{ A}^{0.354}) d^{(-0.40)} \text{ per A} > 20 \text{ km}^2$ 

#### Durata della pioggia critica

Per la valutazione della durata della pioggia critica si è assunto il modello utilizzato nella procedura VAPI Sardegna; si è quindi ammesso che la durata della pioggia corrisponda alla somma del tempo necessario per la formazione del deflusso superficiale e del tempo di corrivazione del bacino:

$$\tau = \tau_c + \tau_f$$

dove

è il tempo di corrivazione

è il tempo necessario per la formazione del ruscellamento superficiale

Nello specifico, si è assunto nullo cautelativamente il tempo di formazione del ruscellamento superficiale.

La valutazione del tempo di corrivazione viene fatta attraverso un confronto critico delle seguenti formule empiriche:

Tempo di	corrivazione [h]		
Ventura:	t <sub>s</sub> (h)=0,1272*(A/i <sub>m</sub> ) <sup>0,</sup>	Puglisi:	$t_c(h)=6*L^{2/3}/(h_{max}-h_{min})^{0.5}$
Pezzoli:	$\underline{\textbf{t}_{\text{c}}}(h){=}0{,}55{*}L/(i_m)^{0.5}$	Tournon:	$\underline{\textbf{t}_{\text{c}}}(h){=}0{,}369{*}L/(i){^{0.5}}{*}[((A/L^2){*}(i/\underline{\textbf{i}_{\text{m}}}))]{^{0.72}}$
Viparelli:	$\underline{\textbf{t}_{\text{c}}}(h)\underline{=}\underline{L}/V$	Giandotti	$\underline{\textbf{t}_{\text{c}}}(h) {=} (4*A^{0,5}{+}1,5*L)/(0,8*H_{m}{}^{0,5})$
VAPI:	$\mathbf{t_c}(h) = 0.212*a^{0.231*}(\underline{hm}/J)^{0.289}$	Pasini:	$\mathbf{t_c}(h) = 0.108*(A*L^{1/3})/i_m^{0.5}$

Tabella 1 Formule utilizzate per la stima del tempo di corrivazione

#### Dove:

- A rappresenta la superficie del bacino [km²]
- L la lunghezza dell'asta principale [m]
- L<sub>m</sub> distanza massima percorsa dall'acqua [m]
- i la pendenza del versante [%]
- *i<sub>m</sub>* la pendenza media dell'asta principale [%]
- *h<sub>m</sub>* la quota media del versante [m]
- $h_{max}$  e  $h_{min}$  le quote, rispettivamente, massima e minima del versante [m].
- V rappresenta la velocità di scorrimento, generalmente si è impiegato 1,3 m/s

Relativamente alla determinazione del tempo di corrivazione, la scelta è stata effettuata sulla base del confronto tra i valori calcolati con le varie metodologie proposte dalla letteratura tecnica.

Alla base della valutazione dei metodi proposti e necessaria una breve rappresentazione delle ipotesi o dei campioni esaminati dagli estensori delle formule proposte per la determinazione del tempo di corrivazione.

Il metodo di calcolo di Viparelli (1961), è sostanzialmente un metodo che parte dalla definizione di un modello sintetico del bacino idrografico; il principio quello di considerare le isocorrive coincidenti con le isoipse; conseguentemente ammettere che la distanza percorsa dalla goccia sia sostanzialmente legata alla differenza di quota tra i punti del bacino e la quota della sezione di chiusura. L'ipotesi di base è tanto più vera quanto maggiore è la circolarità del bacino esaminato. Parti di bacino con la medesima quota di spartiacque hanno isocorrive differenti, in queste condizioni cade la coincidenza dei tempi di percorrenza, e conseguentemente l'idrogramma di piena reale tende a essere più schiacciato di quello di calcolo. In base a questi presupposti il metodo tende quindi a sovrastimare le portate di calcolo. Un ultima considerazione è invece legata al comportamento della corrente in relazione al fenomeno di esondazione: si è infatti osservato (VAPI Sardegna) che durante la fase di esondazione, la corrente, tende a rallentare soprattutto nelle sue aree di frangia, conseguentemente il tempo di ascesa dell'idrogramma di piena tende ad essere più lungo del tempo di corrivazione, in queste condizioni la determinazione della pioggia critica andrebbe definita sulla base di un evento meteorico avente una durata maggiore rispetto a quello definito in base ai tempi di corrivazione.

Gli altri metodi proposti nascono invece dall'analisi dei tempi di risposta di una serie di bacini osservati, sulla base delle osservazioni effettuate, viene definita una formula per il calcolo del tempo di risposta dello stesso comparto drenante legandolo ad una serie di parametri morfologici.

Il peso dei vari parametri definiti, è evidentemente variabile tra una formula ed un'altra, in considerazione alle caratteristiche dei tipi di bacini osservati. In linea di principio, la scelta del metodo da utilizzare in ogni specifica applicazione, dovrebbe definirsi sulla base di una eventuale similitudine dei bacini oggetto di valutazione con il campione esaminato in fase di predisposizione della formula.

La difficoltà di definire l'eventuale similitudine dei casi specifici con i campioni osservati, porta, ai fini cautelativi, ad assumere di volta in volta valori dei tempi di corrivazione in linea con le valutazioni più basse derivanti dall'applicazione dei vari metodi; escludendo comunque quei valori che tendono a scostarsi in maniera significativa dalle valutazioni medio basse o quei valori che nascono dall'applicazione di una formula che trae origine da esperienze decisamente differenti;

Di seguito si consegna una rapida descrizione delle caratteristiche dei campioni di bacini osservati per la determinazione delle formule di calcolo.

- ✓ Metodo di Giandotti: è indicato per bacini collinari con estensione maggiore ai 170 Km²;
- ✓ Metodo di Pasini: il metodo è applicato su bacini di pianura delle dimensioni di qualche Km²;
- ✓ Metodo di Ventura: il campo di impiego riguarda principalmente bacini pianeggianti di modeste dimensioni;
- ✓ Tournon: il campione osservato, e conseguentemente il campo di applicazione riguarda bacini con estensioni comprese tra 30 e 170 e Km²;
- ✓ Puglisi: è stato determinato dall'esame di bacini dell'apennino da uno con superfici tra i 43 e i 94 Km²
   ;
- ✓ Pezzoli: l'analisi ha riguardato un campione di piccoli bacini ricadenti nel territorio del Piemonte
- ✓ Salis-Sechi: il metodo è stato proposto in occasione della pubblicazione del VAPI Sardegna (1991) ha origine dalla necessità di valutare l'attendibilità in campo regionale dell'applicazione delle consuete formule per la determinazione dei tempi di corrivazione. La formulazione proposta nasce dall'esame di 18 stazioni idrometriche e dall'analisi di fenomeni estremi di portata di piena registrati, il campione esaminato riguarda bacini di grandi dimensioni (oltre 100 Km²). In questo caso le dimensioni dei bacini sono inferiori a tale valore, e quindi non verranno presi in considerazione.

#### Scelta del tempo di ritorno

I tempi di ritorno adottati sono conformi alle indicazioni del PAI, in particolare sono stati adottati 50, 100, 200, 500 anni.

Stante le dimensioni del territorio esaminato e le sue caratteristiche, l'individuazione dei bacini scolati è stato effettuato su più livelli dI dettaglio, fruendo dell'informazione del DTM con passo 1m ove disponibile e utilizzando sui bacini principali il DTM con passo 10m. Di seguito si definiscono le caratteristiche dei bacini individuati differenziandoli sulla base del livello di informazione disponibile.

Nelle tabelle che seguono sono sintetizzate le indicazioni morfologiche e pluviometriche, le caratteristiche sul CN, i valori dei tempi di corrivazione calcolati e le conseguenti portate al colmo per i quattro tempi di ritorno.

#### 4.3.1.1. Quadri sintetici di analisi sui bacini principali - Base informativa DTM 10m

Tabella 2 Elementi morfologici di bacino e indicazioni idrologiche

	AREA DEL BACINO	Q CHIUSURA	QUOTA	QUOTA MEDIA	PENDENZ A MEDIA BACINO	PENDENZ A BACINO	LUNGHEZ ZA	Pendenza Asta principale	v media	CN ( III categ)
	Km <sup>2</sup>	m	m	m	%		(Km)		m/s	
NuraCraba	20.58	1.6	62.76	23.42	2.57	0.03	12.82	0.4313	1.3	93
RioS_Aoru01	17.70	-3.9	89.25	23.79	1.89	0.02	17.23	0.4456	1.3	93
R_Tanui	44.03	-3.9	89.25	21.40	2.08	0.02	19.54	0.4004	1.3	93
RiuMerdeCani	26.74	4.9	282.06	61.74	5.93	0.06	13.61	2.0303	1.3	93
RoiaSaMurta	31.38	17.0	637.88	22.29	2.02	0.02	16.55	3.5242	1.3	93
Riu_Tumboi	25.22	20.2	637.88	325.08	16.24	0.16	15.48	0.037487	1.3	93
ComplPodere02	5.08	21.5	423.89	116.94	10.05	0.10	7.02	0.57181	1.3	94
R_Spinarba	8.54	2.7	19.01	11.92	1.17	0.01	5.17	0.1432	1.3	94

Tabella 3 Quadro di sintesi dei tempi di corrivazione determinati

	Pasini	Giandotti	Viparelli	Ventura	Pezzoli	Puglisi	Tournon	Salis-Sechi	Valore adottato
NuraCraba	10.55	10.01	2.74	8.79	10.74	8.34	9.10	3.05	2.74
RioS_Aoru01	10.89	10.14	3.68	8.02	14.20	8.83	7.98	3.24	3.24
R_Tanui	16.23	13.89	4.18	13.34	16.98	9.60	14.26	3.77	3.77
RiuMerdeCani	5.41	6.81	2.91	4.62	5.25	5.25	6.38	3.37	2.91
RoiaSaMurta	4.62	25.77	3.54	3.80	4.85	4.57	8.97	3.56	3.54
Riu_Tumboi	4.08	3.10	3.31	3.30	4.40	4.38	3.69	4.02	3.10
ComplPodere02	1.49	2.50	1.50	1.20	1.62	2.98	1.85	2.37	1.20
R_Spinarba	10.08	8.01	1.10	9.82	7.51	7.07	11.16	2.57	1.10

Tabella 4 Indicazione delle valutazioni di piena determinate con il metodo indiretto

												l	1
	Tempo di ritorno	hg_med.	h_med_(d)	h'(Tr)	h(d,Tr)	i(d,r)	Ia(CN)			pioggia netta		Pioggia netta ragguagliata	Portata al colmo
	anni	mm	mm	mm				a=	n=	hn	c	mm	$m^3/s$
NuraCraba	50	45	27	2.17	58.4	21	3.8	2.227	-0.024	40.37	0.69	37.25	77.71
RioS_Aoru01	50	45	28	2.17	61.1	19	3.8	2.227	-0.024	42.91	0.70	39.95	60.59
R_Tanui	50	45	29	2.16	63.6	17	3.8	2.227	-0.024	45.30	0.71	41.25	133.76
RiuMerdeCani	50	45	27	2.17	59.3	20	3.8	2.227	-0.024	41.26	0.70	37.86	96.70
RoiaSaMurta	50	45	29	2.16	62.5	18	3.8	2.227	-0.024	44.27	0.71	40.67	100.25
Riu_Tumboi	50	45	28	2.17	60.3	19	3.8	2.227	-0.024	42.22	0.70	38.89	87.87
ComplPodere02	50	45	21	2.22	46.7	39	3.2	2.227	-0.024	31.63	0.68	29.56	34.79
R_Spinarba	50	45	21	2.22	45.6	41	3.2	2.227	-0.024	30.67	0.67	28.19	60.58
	Tempo di ritomo	hg_med.	h_med_ (d)	h'(Tr)	h(d,Tr)	i(d,r)	Ia(CN)			pioggia netta		Pioggia netta	Portata al colmo
	anni	mm	mm	mm				a=	n=	hn	c	mm	$m^3/s$
NuraCraba	100	45	27	2.47	66.4	24	3.8	2.539	-0.026	47.91	0.72	44.20	92.21
RioS_Aoru01	100	45	28	2.46	69.4	21	3.8	2.539	-0.026	50.81	0.73	47.30	71.75
R_Tanui	100	45	29	2.45	72.3	19	3.8	2.539	-0.026	53.54	0.74	48.79	158.21
RiuMerdeCani	100	45	27	2.47	67.4	23	3.8	2.539	-0.026	48.92	0.73	44.87	114.59
RoiaSaMurta	100	45	29	2.46	71.1	20	3.8	2.539	-0.026	52.36	0.74	48.12	118.61
Riu_Tumboi	100	45	28	2.47	68.6	22	3.8	2.539	-0.026	50.03	0.73	46.06	104.08
ComplPodere02	100	45	21	2.53	53.2	44	3.2	2.539	-0.026	37.72	0.71	35.25	41.49
R_Spinarba	100	45	21	2.53	52.0	47	3.2	2.539	-0.026	36.62	0.70	33.65	72.33
	Tempo di ritorno	hg_med.	h_med_(d)	h'(Tr)	h(d,Tr)	i(d,r)	Ia(CN)			pioggia netta		Pioggia netta ta	Portata al colmo
	anni	mm	mm	mm				a=	n=	hn	c	mm	$m^3/s$
NuraCraba	200	45	27	2.77	74.4	27	3.8	2.8517	-0.0285	55.50	0.75	51.20	106.81
RioS_Aoru01	200	45	28	2.76	77.8	24	3.8	2.8517	-0.0285	58.74	0.76	54.69	82.96
R_Tanui	200	45	29	2.75	80.9	21	3.8	2.8517	-0.0285	61.80	0.76	56.32	182.64
RiuMerdeCani	200	45	27	2.77	75.6	26	3.8	2.8517	-0.0285	56.63	0.75	51.94	132.66
RoiaSaMurta	200	45	29	2.75	79.6	23	3.8	2.8517	-0.0285	60.49	0.76	55.58	137.02
Riu_Tumboi	200	45	28	2.76	76.8	25	3.8	2.8517	-0.0285	57.87	0.75	53.29	120.40
ComplPodere02	200	45	21	2.84	59.7	50	3.2	2.8517	-0.0285	43.88	0.73	41.01	48.27
R_Spinarba	200	45	21	2.84	58.4	53	3.2	2.8517	-0.0285	42.65	0.73	39.19	84.22

	Tempo di ritomo	hg_med.	h_med_(d)	h'(Tr)	h(d,Tr)	i(d,r)	Ia(CN)			pioggia netta		Pioggia netta ragguagliata	Portata al colmo
	anni	mm	mm	mm				a=	n=	hn	c	mm	$m^3/s$
NuraCraba	500	45	27	3.16	84.9	31	3.8	3.265	-0.032	65.57	0.77	60.49	126.20
RioS_Aoru01	500	45	28	3.15	88.7	27	3.8	3.265	-0.032	69.26	0.78	64.48	97.81
R_Tanui	500	45	29	3.13	92.3	24	3.8	3.265	-0.032	72.74	0.79	66.28	214.95
RiuMerdeCani	500	45	27	3.16	86.2	30	3.8	3.265	-0.032	66.86	0.78	61.32	156.62
RoiaSaMurta	500	45	29	3.14	90.7	26	3.8	3.265	-0.032	71.24	0.79	65.47	161.38
Riu_Tumboi	500	45	28	3.15	87.7	28	3.8	3.265	-0.032	68.27	0.78	62.86	142.04
ComplPodere02	500	45	21	3.25	68.3	57	3.2	3.265	-0.032	52.11	0.76	48.70	57.31
R_Spinarba	500	45	21	3.25	66.9	61	3.2	3.265	-0.032	50.70	0.76	46.59	100.12

#### 4.3.1.2. Quadri sintetici di analisi sui bacini principali minori - Base informativa DTM 1m

L'analisi idrologica effettuata nell'ambito del presente paragrafo, considera le superfici drenanti comprese tra la sponda sinistra del Tirso e Il Rio Spinarla.

.La modellazione idrologica è stata effettuata sulla base delle informazioni desunte dal DTM1m integrato delle informazioni legate ai sottopassi carrabili della linea ferroviaria.

I bacini idrografici individuati sono consegnati nella Tavola 02 allegata.

Rimandando alla letteratura tecnica la teoria sulla modalità di calcolo di un approccio afflussi deflussi, si consegnano nelle tabelle seguenti le valutazioni di sintesi analitiche relative alle risultanze analitiche.

Tabella 5 Parametri di bacino

BACINO	AREA DEL BACINO	Q CHIUSURA	QUOTA MASSIMA	QUOTA MEDIA	PENDENZA MEDIA DEL BACINO	LUNGHEZZA DEIL'ASTA	PENDENZA MEDIA DELL'ASTA	CN ( III categ.)
N.	Km <sup>2</sup>	m	m	m	%	(Km)		
1	0.14	5.29	15.86	10.57	6.16	0.93	0.00810	95.00
2	0.60	6.02	17.97	11.98	4.28	1.97	0.00420	95.00
3	0.45	4.86	18.69	12.46	4.83	2.18	0.00430	95.00
4	1.01	4.20	15.61	10.41	4.24	2.80	0.00330	95.00
5	1.32	3.78	15.84	10.56	4.63	3.88	0.00250	95.00
6	2.28	6.24	17.37	11.58	5.09	4.21	0.00220	95.00
7	6.38	0.60	13.89	9.26	4.99	6.19	0.00200	95.00
8	3.66	2.35	13.24	8.83	5.00	5.12	0.00210	95.00
9	1.24	2.59	13.30	8.87	4.60	2.66	0.00330	95.00
10	0.19	1.25	12.53	8.35	9.12	1.63	0.00630	95.00
11	0.76	2.45	7.08	4.72	5.93	2.40	0.00280	95.00
12	0.54	1.59	9.70	6.47	4.24	2.13	0.00400	95.00
13	0.72	4.82	10.48	6.99	5.25	2.20	0.00420	95.00
14	7.44	1.59	7.93	5.29	3.47	6.69	0.00190	95.00
15	13.90	0.95	5.81	3.87	3.35	9.69	0.00140	95.00

Tabella 6 Tempi di corrivazione

BACINO N.	Pasini	Giandotti	Viparelli [v=1 m/s]	Ventura	Pezzoli	Puglisi	Tournon	Salis Sechi	Valore adottato
1	0.61	1.58	0.26	0.53	0.57	2.60	0.54	0.60	0.26
2	1.77	3.11	0.55	1.53	1.67	4.13	1.37	0.96	0.55
3	1.64	2.70	0.60	1.31	1.82	4.20	1.02	0.88	0.60
4	2.66	4.13	0.78	2.23	2.69	5.30	1.76	1.04	0.78
5	3.72	5.00	1.08	2.92	4.27	6.47	1.86	1.09	1.08
6	4.89	6.68	1.17	4.09	4.93	7.00	2.62	1.23	1.17
7	8.22	8.24	1.72	7.18	7.61	8.54	4.73	1.47	1.47
8	6.26	7.53	1.42	5.31	6.15	8.04	3.43	1.28	1.28
9	2.80	4.21	0.74	2.47	2.55	5.22	2.03	1.02	0.74
10	0.93	1.98	0.45	0.71	1.13	3.71	0.47	0.54	0.45
11	2.49	5.88	0.67	2.09	2.49	6.45	1.39	0.70	0.67
12	1.79	3.48	0.59	1.48	1.86	4.95	1.23	0.79	0.59
13	1.94	5.68	0.61	1.67	1.86	5.69	1.38	0.81	0.61
14	9.11	13.60	1.86	7.96	8.44	11.50	5.87	1.44	1.44
15	14.80	21.55	2.69	12.68	14.25	16.11	8.27	1.54	1.54

Parametri ideologici TCEV Sottozona idrologica 1 Hg media 45

Tabella 7 Grandezze idrologiche

Bacino	hg_med.	h_med_(d)	h'(Tr)	h(d,Tr)	i(d,t)	Ia(CN)	a=	_u	Pioggia netta hn		r(A,d)	Pioggia netta ragguagliata all'area	Portata al colmo	Volume di idrogramma
ż	mm	mm	mm						mm	С		mm	m3/s	m3
1	45	13	1.69	22.6	88	2.7	2.227	0.205	11.93	0.53	0.9678	11.54	1.76	819
2	45	17	1.97	32.9	60	2.7	2.227	0.205	20.96	0.64	0.9589	20.10	6.16	6 074
3	45	17	2.01	34.6	57	2.7	2.227	0.205	22.47	0.65	0.9642	21.67	4.52	4 914
4	45	19	2.12	39.2	50	2.7	2.227	0.205	26.77	0.68	0.9566	25.61	9.23	12 938
5	45	20	2.22	45.4	42	2.7	2.227	-0.024	32.51	0.72	0.9577	31.14	10.58	20 554
6	45	21	2.22	46.4	40	2.7	2.227	-0.024	33.45	0.72	0.9503	31.78	17.19	36 165
7	45	22	2.21	49.3	34	2.7	2.227	-0.024	36.27	0.74	0.9344	33.89	40.80	108 068
8	45	21	2.21	47.5	37	2.7	2.227	-0.024	34.50	0.73	0.9431	32.54	25.95	59 619
9	45	18	2.09	38.2	52	2.7	2.227	0.205	25.82	0.68	0.9524	24.59	11.50	15 291
10	45	16	1.89	30.0	66	2.7	2.227	0.205	18.32	0.61	0.9707	17.79	2.11	1 727

Bacino	hg_med.	h_med_(d)	h'(Tr)	h(d,Tr)	i(d,r)	Ia(CN)	a==	_u	Pioggia netta hn		r(A,d)	Pioggia netta ragguagliata all'area	Portata al colmo	Volume di idrogramma
ż	mm	mm	mm						mm	С		mm	m3/s	m3
11	45	18	2.05	36.3	54	2.7	2.227	0.205	24.04	0.66	0.9585	23.04	7.29	8 736
12	45	17	2.00	34.2	58	2.7	2.227	0.205	22.17	0.65	0.9616	21.31	5.42	5 777
13	45	17	2.01	34.7	57	2.7	2.227	0.205	22.62	0.65	0.9579	21.67	7.11	7 813
14	45	22	2.21	49.1	34	2.7	2.227	-0.024	36.00	0.73	0.9302	33.49	48.04	124 558
15	45	23	2.20	49.9	32	2.7	2.227	-0.024	36.82	0.74	0.9152	33.70	84.69	234 256
Tr	50	Anni				-				-				

Bacino N.	hg_med.	h_med_(d)	h'(Tr)	h(d,Tr)	i(d,r)	Ia(CN)			Pioggia netta hn		r(A,d)	Pioggia netta ragguagliata all'area	Portata al colmo	Volume idrogramma
	mm	mm	mm				a=	n=	mm	С		mm	m3/s	m3
1	45	13	1.75	23.5	91	2.7	2.539	0.274	12.66	0.54	0.967813	12.25	1.87	870
2	45	17	2.15	36.0	66	2.7	2.539	0.274	23.77	0.66	0.958892	22.79	6.99	6 889
3	45	17	2.21	38.1	63	2.7	2.539	0.274	25.69	0.67	0.964209	24.77	5.16	5 617
4	45	19	2.37	44.0	56	2.7	2.539	0.274	31.20	0.71	0.956649	29.85	10.75	15 078
5	45	20	2.53	51.7	48	2.7	2.539	-0.026	38.54	0.75	0.957736	36.91	12.54	24 365
6	45	21	2.53	52.8	45	2.7	2.539	-0.026	39.61	0.75	0.950257	37.64	20.36	42 828
7	45	22	2.51	56.2	38	2.7	2.539	-0.026	42.83	0.76	0.93442	40.02	48.18	127 621
8	45	21	2.52	54.1	42	2.7	2.539	-0.026	40.82	0.75	0.943064	38.49	30.70	70 526
9	45	18	2.34	42.7	58	2.7	2.539	0.274	29.97	0.70	0.952406	28.55	13.35	17 749
10	45	16	2.04	32.4	71	2.7	2.539	0.274	20.47	0.63	0.970651	19.87	2.36	1 929
11	45	18	2.27	40.2	60	2.7	2.539	0.274	27.69	0.69	0.958523	26.54	8.40	10 061
12	45	17	2.20	37.6	64	2.7	2.539	0.274	25.30	0.67	0.961591	24.33	6.18	6 593
13	45	17	2.22	38.3	63	2.7	2.539	0.274	25.88	0.68	0.957934	24.79	8.14	8 938
14	45	22	2.52	55.9	39	2.7	2.539	-0.026	42.52	0.76	0.930219	39.56	56.74	147 132
15	45	23	2.51	56.9	37	2.7	2.539	-0.026	43.46	0.76	0.91525	39.78	99.96	276 498
Tr	100	anni												

Bacino N.	hg_med.	h_med_(d)	h'(Tr)	h(d,Tr)	i(d,r)	Ia(CN)			Pioggia netta hn	v	r(A,d)	Pioggia netta ragguagliata all'area	Portata al colmo	Volume idrogramma
	mm	mm	mm				a=	n=	mm			mm	m3/s	m3
1	45	13	1.79	24.0	93	2.7	2.8517	0.3434	13.11	0.55	0.967813	12.69	1.94	901
2	45	17	2.32	38.8	71	2.7	2.8517	0.3434	26.33	0.68	0.958892	25.25	7.75	7 632
3	45	17	2.40	41.3	68	2.7	2.8517	0.3434	28.68	0.69	0.964209	27.66	5.77	6 272
4	45	19	2.62	48.5	62	2.7	2.8517	0.3434	35.51	0.73	0.956649	33.97	12.24	17 161
5	45	20	2.85	58.1	54	2.7	2.8517	-0.0285	44.63	0.77	0.957736	42.74	14.53	28 213
6	45	21	2.84	59.3	51	2.7	2.8517	-0.0285	45.82	0.77	0.950257	43.55	23.56	49 550
7	45	22	2.82	63.1	43	2.7	2.8517	-0.0285	49.44	0.78	0.93442	46.20	55.62	147 308
8	45	21	2.83	60.7	48	2.7	2.8517	-0.0285	47.18	0.78	0.943064	44.49	35.48	81 522
9	45	18	2.57	46.9	64	2.7	2.8517	0.3434	33.98	0.72	0.952406	32.37	15.13	20 123
10	45	16	2.17	34.4	76	2.7	2.8517	0.3434	22.33	0.65	0.970651	21.68	2.57	2 104
11	45	18	2.48	43.9	66	2.7	2.8517	0.3434	31.14	0.71	0.958523	29.85	9.44	11 317
12	45	17	2.38	40.8	69	2.7	2.8517	0.3434	28.20	0.69	0.961591	27.12	6.89	7 350
13	45	17	2.41	41.5	68	2.7	2.8517	0.3434	28.92	0.70	0.957934	27.70	9.09	9 987
14	45	22	2.82	62.7	44	2.7	2.8517	-0.0285	49.09	0.78	0.930219	45.67	65.51	169 864
15	45	23	2.82	63.8	42	2.7	2.8517	-0.0285	50.14	0.79	0.91525	45.89	115.33	319 013
Tr	200	anni						1		ı				

Bacino	hg_med.	h_med_(d)	h'(Tr)	h(d,Tr)	i(d,r)	la(CN)	u a	=	Pioggia netta hn	U	r(A,d)	Pioggia netta ragguagliata	Portata al colmo	Volume idrogramma
ż	mm	mm	mm						mm			mm	m3/s	m3
1	45	13	1.81	24.3	94	2.7	3.265	0.435	13.35	0.55	0.967813	12.92	1.97	917
2	45	17	2.51	42.0	77	2.7	3.265	0.435	29.34	0.70	0.958892	28.14	8.63	8 505
3	45	17	2.62	45.1	75	2.7	3.265	0.435	32.30	0.72	0.964209	31.14	6.49	7 062
4	45	19	2.93	54.3	70	2.7	3.265	0.435	41.02	0.76	0.956649	39.24	14.14	19 822
5	45	20	3.26	66.5	62	2.7	3.265	-0.032	52.74	0.79	0.957736	50.51	17.16	33 340
6	45	21	3.25	67.9	58	2.7	3.265	-0.032	54.10	0.80	0.950257	51.41	27.81	58 500
7	45	22	3.22	72.1	49	2.7	3.265	-0.032	58.22	0.81	0.93442	54.40	65.49	173 464
8	45	21	3.24	69.5	54	2.7	3.265	-0.032	55.65	0.80	0.943064	52.48	41.85	96 150
9	45	18	2.86	52.3	71	2.7	3.265	0.435	39.05	0.75	0.952406	37.19	17.39	23 122
10	45	16	2.32	36.7	81	2.7	3.265	0.435	24.38	0.67	0.970651	23.67	2.81	2 298
11	45	18	2.74	48.4	73	2.7	3.265	0.435	35.42	0.73	0.958523	33.95	10.74	12 870
12	45	17	2.60	44.5	75	2.7	3.265	0.435	31.69	0.71	0.961591	30.48	7.74	8 260
13	45	17	2.63	45.5	74	2.7	3.265	0.435	32.59	0.72	0.957934	31.22	10.25	11 256
14	45	22	3.23	71.7	50	2.7	3.265	-0.032	57.83	0.81	0.930219	53.79	77.16	200 073
15	45	23	3.22	72.9	47	2.7	3.265	-0.032	59.02	0.81	0.91525	54.02	135.75	375 478
Tr	500	anni	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	

Tabella 8 Tabella di sintesi delle portate

Sez.	AREA DEL BACINO	Portata Tr 50	Portata Tr 100	Portata Tr 200	Portata Tr 500	Sez.	AREA DEL BACINO	Portata Tr 50	Portata Tr 100	Portata Tr 200	Portata Tr 500
	Km2	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s		Km2	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s
1	0.14	1.76	1.87	1.94	1.97	9	1.24	11.50	13.35	15.13	17.39
2	0.60	6.16	6.99	7.75	8.63	10	0.19	2.11	2.36	2.57	2.81
3	0.45	4.52	5.16	5.77	6.49	11	0.76	7.29	8.40	9.44	10.74
4	1.01	9.23	10.75	12.24	14.14	12	0.54	5.42	6.18	6.89	7.74
5	1.32	10.58	12.54	14.53	17.16	13	0.72	7.11	8.14	9.09	10.25
6	2.28	17.19	20.36	23.56	27.81	14	7.44	48.04	56.74	65.51	77.16
7	6.38	40.80	48.18	55.62	65.49	15	13.90	84.69	99.96	115.33	135.75
8	3.66	25.95	30.70	35.48	41.85						



#### Dirigente Settore Sviluppo del Territorio

Dott. Ing. Giuseppe Pinna

#### **Progettista**

Ing. Alessandro Salis Geol. Fausto A. Pani

#### Collaboratori

Ing. Roberta Lai Geol. Roberta M. Sanna



#### **COMUNE DI ORISTANO**

Provincia di Oristano

#### **Sindaco**

Ing. Andrea Lutzu

#### **Assessore all'Urbanistica**

Arch. Federica Pinna

STUDIO DI COMPATIBILITA'
IDRAULICA - art. 8 c.2 delle Norme di
Attuazione del PAI esteso a tutto il
territorio comunale

# Relazione di compatibilità idraulica

Parte B - Idraulica

#### Sommario

1.	CONSID	DERAZIONI GENERALI	5
2.	METOD	OCLOGIA UTILIZZATA	6
2.1.	CONSID	DERAZIONI SUL CODICE DI CALCOLO	7
3.	RISULT	ANZE DELLO STUDIO	8
3.	1. R	ISULTANZE IDRAULICHE DEL SISTEMA IN DESTRA IDRAULICA DEL TIRSO	9
	3.1.1.	Sistema Nura - Craba Tanui	9
	3.1.2.	Sistema drenante minore	14
	3.1.3.	Aree di esondazione nel sistema minore - Area di Marina di Torre Grande	18
	3.1.1. e Cabra	Aree di esondazione nel sistema minore - Aree lungo il confine con i comuni di Nurac	
3.	2. N	MODELLAZIONE IDRAULICA DEL SISTEMA IN SINISTRA IDRAULICA DEL TIRSO	23
	3.2.1.	Rio Spinarba	23
	3.2.2.	Rio Merd'e Cani	27
	3.2.3.	Rio Roia sa Murta o Tumboi	28
	3.2.4.	Aree di esondazione nel sistema minore.	30
	3.2.4.1.	. Area di S'Arrodia e spazi contermini	32
	3.2.5.	Area urbana settore orientale	46
	3.2.6.	Area urbana settore orientale Area di Silì.	55
4.	CONDIZ	ZIONI DI VINCOLO ESISTENTI	62
5.	CONDIZ	ZIONI DI VINCOLO PROPOSTE	62

### Indice delle figure

rigura 1 Schematizzazione modello Hecras	9
Figura 2 Transetto trasversale al Tirso in corrispondenza di Nuraxinieddu	10
Figura 3 Stralcio del modello idraulico in prossimità dell'abitato di Nuraxinieddu	11
Figura 4 Schema planimetrico del modello Hecras	12
Figura 5 Rio Tanui all'altezza del santuario della Madonna del Rimedio	12
Figura 6 Transetto sul R. Tanui in prossimità del Vivaio della Forestale	13
Figura 7 Rappresentazione 3D dell'area a valle della SP 80 in prossimità della Chesa della Madonn	ıa
del Rimedio	14
Figura 8- Immagine satellitare 2016 (fonte google earth)	15
Figura 9 Stralcio cartografia GdbMP (le curve di livello dei 10 m in colore senape)	16
Figura 10 Stralcio cartografia IGM 1980 (in giallo il limite amministrativo)	16
Figura 11 Stralcio cartografia Igm 1:25000 - 1950 (sono evidenti le aree depresse nel contesto	
orientale)	17
Figura 12 Stralcio cartografia IGM 1:50000	17
Figura 13 Curva dei volumi di invaso in forma grafica ed analitica nell'area retrostante Marina di	
Torregrande	19
Figura 14 Su base DsmBild - Orografia nell'area in esame	20
Figura 15 Viabilità in corrispondenza della zona contrassegnata da cerchio verde nella figura	
precedente	20
Figura 16 Area a nord lungo il confine con Nurachi	21
Figura 17 Area a sud lungo il confine con Cabras	22
Figura 18 Stralcio della cartografia inviluppo dell'area in esame	22
Figura 19 Planimetria del comparto drenante sinistro Tirso	23
Figura 20 Immagine satellitare con trasparenza del Dtm 1m in prossimità dell'aeroporto di Fenosu	24
Figura 21 Sezione colta sul modello digitale passo 1m	25
Figura 22 Transetto di calcolo con campo di velocità, in estrema destra la presenza di un'area di ca	ıva
	26
Figura 23 Transetto di calcolo con campo di velocità, in estrema destra la presenza di un'area di ca	ıva
Figura 24 Profilo longitudinale del Rio Merd'e Cani	
Figura 25 Sezione del Rio, in particolare si osserva la presenza di acqua con velocità nulla	
Figura 26 Aree di pericolosità riscontrate	
Figura 27 Profilo longitudinale Rio	
Figura 28 Pericolosità idraulica sul Roia sa Murta	
Figura 29 Schema planimetrico modello Hecras	
Figura 30 Transetto tipico nelle aree a valle dell'intervento della provincia (a valle dell'intersezione	
con Via Repubblica)	
Figura 31 Piano quotato ottenuto da Dsm 1m (direzione del flusso da nord a sud)	
Figura 32 Quadro schematico delle portate entranti sull'area 2D	35

Figura 33 Individuazione valori RHF nell'area di S'Arrodia per Tr= 50 anni	39
Figura 34 Individuazione valori RHF nell'area di S'Arrodia per Tr= 200 anni	40
Figura 35 Zona di frangia periferia Ovest - Modello digitale del suolo	42
Figura 36 Confronto mappature Campi VxH (sinistra) e tiranti idrici (destra)	43
Figura 37 Variazione di tirante idrico in corrispondenza dell'area di frangia ovest	44
Figura 38 Aree di pericolosità idraulica sul limite sudoccidentale dell'edificato	45
Figura 39 Area del Foro Boario	46
igura 40 Immagini colte da Via Marrocu; a destra via Casu, di fronte via Sardegna (evento mete	orico
del 14.09.2009)	47
Figura 41 Dettaglio modello del suolo (DTM - DSM) a valle del varco <i>Oiomomia</i> (varco nord -are:	ale B))
	47
Figura 42 modello digitale del terreno (DSM Bild) e rappresentazione aerea	48
Figura 43 Dettaglio del contesto individuato dalla lettera A	49
Figura 44 Modellazione 2D su base Dsm	50
Figura 45 Stralcio Cartografia	51
Figura 46 Stralcio foto aerea 1954 (in gialle la viabilita e le aree critiche di accumulo idrico))	51
Figura 47 Su base Google Earth le aree successivamente urbanizzate	52
Figura 48 confronto altimetrico sulla zona di frangia Nord - S'arrodia	53
Figura 49 Individuazione valori RHF nel settore est Oristano per Tr= 200 anni	54
Figura 50 Aree di pericolosità nel settore orientale dell'abitato	54
Figura 51 Superficie scolante tra Sa Marinella e la SS 131	56
Figura 52 Bacini idrografici su base DTM 10m	57
Figura 53 Curva dei volumi di invaso a monte della SS 131	58
igura 54 Impronta delle aree allagabili (colore verde)su Dtm 1m – Area analizzata in celeste lim	nitata
alla SS 131	59
Figura 55 Curva dei volumi di invaso	59
igura 56In verde le aree a quota inferiore a 8.5 slm, in marrone le aree a quota inferiore a 8.9 s	
Area analizzata in celeste estesa oltre la SS 131	60
Figura 57 Rappresentazione indicativa delle aree allagabili in funzione della quota slm	61
Figura 58 Aree di pericolosità idraulica nelle aree contermini Silì	61

Indice delle tabelle	
Tabella 1 -Portate di progetto in m3/s	9
Tabella 2 Riepilogo portate di calcolo sui bacini minori	35
Tabella 3 Flood Hazard Rating in funzione di altezza (h) e velocità di inondazione (v)	37
Tabella 4 Volumi idrici drenanti per i vari tempi di ritorno	57
Tabella 5 Curva dei volumi di invaso in forma analitica	58
Tabella 6 Curva dei volumi di invaso in forma analitica	60

#### 1. CONSIDERAZIONI GENERALI

Gli effetti dei deflussi intensi sul territorio sono stati effettuati rilevando il comportamento che le portate veicolate internamente al reticolo idrografico hanno nei confronti delle aree di pertinenza fluviale.

Come per l'analisi idrologica, anche in quella idraulica sono state utilizzate opportune schematizzazioni e semplificazioni che mirano a produrre un approccio modellistico del fenomeno, che possa tradursi in una procedura di calcolo. E' da rimarcare, come si è spesso indicato nell'ambito della trattazione, che il territorio di Oristano è caratterizzato da una conformazione e una infrastrutturazione tale da indurre la necessità di analizzare gli effetti del deflusso attraverso molteplici approcci, operando poi una sintesi critica delle indicazioni prodotte fino alla definizione di una carta della pericolosità idraulica.

Sono svariate le semplificazioni che vengono assunte e le modalità di schematizzazione dei calcoli.

La fase preliminare è stata incentrata sull'analisi monodimensionale, 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 10 m e dtm 1 m) supportata da ulteriori indagini in situ. La simulazione del deflusso idraulico sul modello generato dalle informazioni cartografiche ha definito un profilo di corrente per ogni portata di calcolo.

L'impronta dell'allagamento è definito dal luogo dei punti che in ogni sezione si trovano al di sotto dell'altezza idrica calcolata. In fase di modellazione si è operato valutando l'andamento dei profili idrici su più sezioni attigue effettuando sostanzialmente una media mobile tra le sezioni dell'interno ed eliminando i valori decisamente anomali. 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.

- Una seconda fase di approfondimento è stata condotta secondo un modello bidimensionale sempre mediante l'utilizzo del codice di calcolo Hec Ras. Questa ulteriore analisi si è resa necessaria al fine di avere

ulteriori indicazioni sul comportamento dei deflussi in aree sostanzialmente pianeggianti, dove l'assenza di una sezione che inducesse e contenesse la portata determinava una forte componente trasversale moto.

#### 2. METODOLOGIA UTILIZZATA

In ottemperanza a quanto disposto dalle Linee Guida del PAI, l'analisi principale verrà condotta in condizioni di moto permanente per le portate di piena con tempi di ritorno 50, 100, 200, 500 anni e attraverso un modello di calcolo monodimensionale; successivamente, in una seconda fase, si realizzerà un'analisi interpretativa delle informazioni fotografiche e delle condizioni orografiche di specifici siti. In terza analisi sarà effettata localmente un'analisi bidimensionale.

Nella valutazione delle aree di esondazione attraverso l'approccio monodimensionale 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 delle presenza di vegetazione, o sulla base delle caratteristiche del materiale presente in alveo, si è attribuito il coefficiente di scabrezza.

L'analisi in condizioni di moto permanente necessita della definizione della condizione al contorno di monte e della definizione al 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 le due condizioni:

- a monte l'ipotesi di altezza di moto uniforme,
- a valle, in presenza di sfocio al mare, l'altezza proposta in ambito PSFF¹. In caso contrario, ovvero se il tratto studiato termina prima della foce, lo studio sarà esteso ben oltre il limite comunale e verrà assunta la condizione di moto uniforme.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Nel caso di mari a aperti H=1.80 m slm, nel caso di "mari chiusi" 1.10 m slm

#### 2.1. CONSIDERAZIONI SUL CODICE DI CALCOLO

Il codice 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 e bidimensionale 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 pericolo idraulico 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 e calandole sul modello del suolo, 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.

L'analisi bidimensionale è invece condotta mediante la definizione di un'area sulla quale sono individuate celle che possono essere di forma e dimensioni differenti e che possono leggere con adeguato grado di precisione l'alterazione della forma del terreno. I dati di input sono legati a quanto indicato dalle valutazioni idrologiche. Per quanto attiene la forma del terreno, è stato assunto il modello DSM Bild, che legge meglio le divagazione della corrente per effetto della presenza antropica.

Per quanto attiene la descrizione specifica del codice di calcolo Hec Ras si rimanda ai manuali in dotazione con il codice di calcolo.

#### 3. RISULTANZE DELLO STUDIO

In analogia a quanto visto relativamente alle valutazioni idrologiche, anche le valutazioni idrauliche sono state svolte individuando due contesti principali, riguardanti i bacini a nord e sud del Tirso, con una successiva analisi riguardante le aree esterne sia al Tirso che ai bacini di cui sopra.

Una nota specifica riguarda l'analisi del Tirso: nel presente documento sono state assunte integralmente le indicazioni del PSFF. Si è inoltre in attesa delle risultanze che la Regione Sardegna ha in essere nell'ambito del Piano di Gestione Rischio Alluvione.

Le tavole, unitamente alle elaborazioni grafiche e numeriche allegate alla presente relazione, consegnano in dettaglio le risultanze delle modellazioni. Di seguito sono raccolte invece le considerazioni di sintesi che emergono dall'interpretazione delle modellazioni, con rappresentazione grafica della sola pericolosità molto elevata H<sub>4</sub>, che risulta essere predominante nello studio.

## 3.1. RISULTANZE IDRAULICHE DEL SISTEMA IN DESTRA IDRAULICA DEL TIRSO

#### 3.1.1. Sistema Nura - Craba Tanui

Il sistema in destra idraulica del fiume Tirso è sostanzialmente costituito dai Rii Nura Craba e dal Rio S'Aoru: i due si incontrano poco a sud di Nuraxinieddu e vanno a costituire il Rio Tanui che sfocia in corrispondenza dell'abitato di Cabras. La modellazione idraulica è stata eseguita con l'ausilio dell'informazione cartografica relativa al DTM 1m fornito dalla Regione Sardegna.

Le portate di calcolo sono:

	River	Reach	RS	Tr50	Tr100	Tr200	Tr500
1	NuraCraba	NuraCraba	2631.233	77.71	92.21	106.81	126.2
2	S_Aoru	S_Aoru	1842.23	60.59	71.75	82.96	97.81
3	Tanui	Tanui	3415.161	133.76	158.21	182.64	214.95

Tabella 1 -Portate di progetto in m3/s

Di seguito si consegna lo schema planimetrico del modello idraulico.

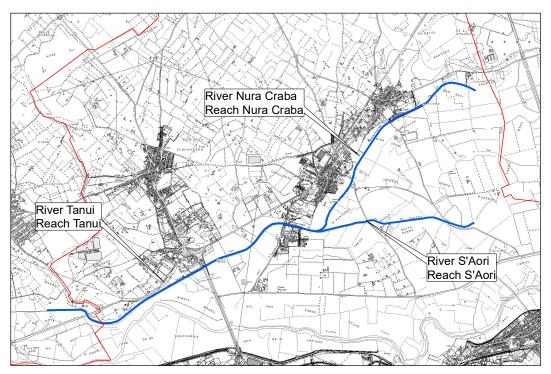


Figura 1 Schematizzazione modello Hecras

Per quanto concerne le specifiche sui modelli e le risultanze delle modellazioni stesse si riscontra quanto segue.

Il modello del <u>Rio Nura Craba</u> si estende per una lunghezza di circa 2600 m, la pendenza è sostanzialmente nulla, sensibilmente inferiore allo 0.1 %, soprattutto proseguendo verso valle. Il modello idraulico è stato realizzato predisponendo 27 sezioni con lunghezze che talvolta sono prossime al chilometro. Si è reso necessario ampliare il transetto a causa dell'esigua pendenza trasversale e alla mancanza di un vero compluvio. L'ampliamento del transetto ha quindi tenuto conto del possibile e deciso spandimento della portata nella sezione idraulica.

Si osserva inoltre che il rio, il cui percorso è stato alterato da interventi di regimazione, tende a scorrere parallelamente al Tirso, e la sezione trasversale funge sostanzialmente da colatore dello stesso per gli eventi ordinari, ma va in crisi in occasione di eventi estremi. Nelle situazioni critiche la portata non contenuta all'interno della sezione idraulica del R. Nura Craba tende a defluire verso il Tirso, addossandosi al lato esterno dell'argine.

La successiva sezione, tipica del contesto esaminato, evidenzia come il canale tenda sostanzialmente ad articolarsi come un canale a *mezza costa*, la destra idraulica è quindi il limite dell'area di espansione, ove peraltro sorge il centro di Nuraxinieddu.

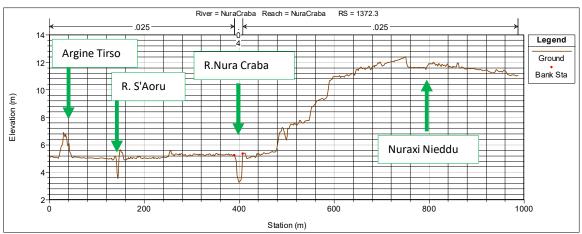


Figura 2 Transetto trasversale al Tirso in corrispondenza di Nuraxinieddu

L'area di espansione, come evidenziato in precedenza, si addossa al sottostante rio S'Aoru e in seconda battuta all'argine destro del Tirso.

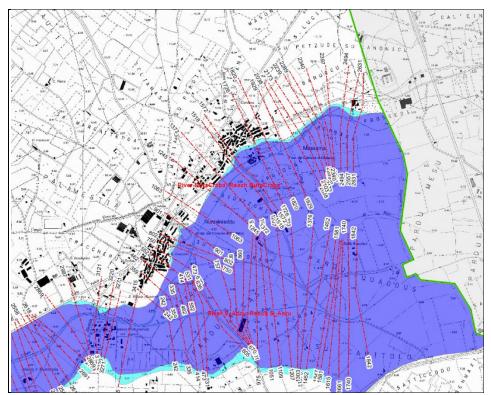


Figura 3 Stralcio del modello idraulico in prossimità dell'abitato di Nuraxinieddu

Il Rio S'Aoru è invece stato modellato per una lunghezza di 1850 m, scorre anch'esso parallelamente all'argine destro del Tirso, in piena area golenale. Come nella situazione precedente, anche in questo caso la pendenza longitudinale si mantiene sotto l'uno per mille. I transetti sono 26 e anche in questo caso le lunghezze del transetto sono dell'ordine del chilometro.

La bassa pendenza determina bassissime velocità e favorisce l'inerbimento e crescita di vegetazione negli alvei, e le zone golenali sono sostanzialmente pianeggianti.

Le aree di espansione sono estremamente estese con tiranti idrici modesti e velocità in golena di qualche decina di centimetro al secondo; la modellazione ha evidenziato una sostanziale occupazione dell'intero transetto di calcolo proprio per effetto dell'orizzontalità dell'area. Il rio si trova nella golena del Tirso e la sua espansione va ad interessare l'area di pertinenza idraulica del Tirso prima della sua arginatura.

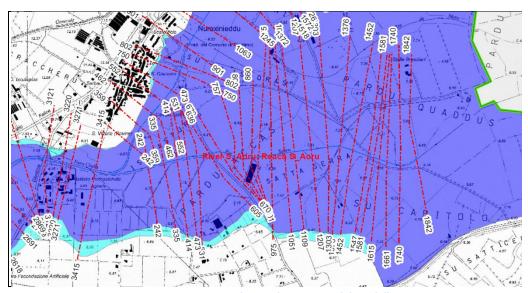


Figura 4 Schema planimetrico del modello Hecras

Il Tanui, nasce dalla confluenza dei Rii Nura Craba e S'Aoru; scorre in direzione est ovest, sino ad attraversare la Strada Provinciale 56 all'altezza della Madonna del Rimedio. La sezione è larga circa 25 m e profonda due metri circa, e spesso ricolma di vegetazione che, unitamente alla forte orizzonalità dell'asta (anche in questo caso le pendenze sono inferiori all'uno per mille), limita fortemente la velocità di deflusso.



Figura 5 Rio Tanui all'altezza del santuario della Madonna del Rimedio

Circa 1500m a valle dell'attraversamento con il ponte del Rimedio, il fiume interseca la SP 1: questo è un punto di discontinuità della sezione idraulica, e a valle la sezione si estende per una larghezza di circa 30 m con una sezione trapezia con profondità di 3m circa.

Tra i due ponti il deflusso è fortemente confinato a sinistra dall'argine destro del Tirso al quale si avvicina fortemente, e a destra da un'area a quota maggiore interessata dal vivaio della Forestale.

E' questo un punto particolarmente critico: sia il Tanui, ma ancor più il Tirso, subiscono una riduzione della sezione idraulica che evidentemnte si traduce con un aumento del tirante idrico.

Il modello idraulico è stato realizzato con l'implementazione di 41 transetti; in basso la sezione trasversale colta in prossimità del vivaio in dx idraulica, in sinistra è evidente l'argine del Tirso.

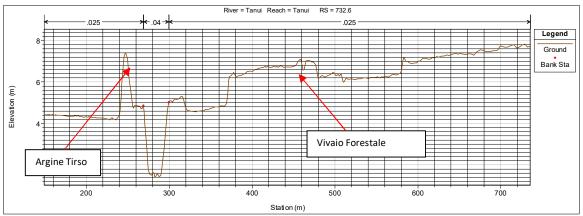


Figura 6 Transetto sul R. Tanui in prossimità del Vivaio della Forestale

La successiva figura mostra in una rappresentazione 3D l'argine destro del Tirso che, dopo l'attraversamento del ponte della Madonna del Rimedio, tende ad avvicinarsi fortemente al ciglio del Rio Tanui. Il fiume si allontana dal Tirso una volta superata l'area del Vivaio Forestale.

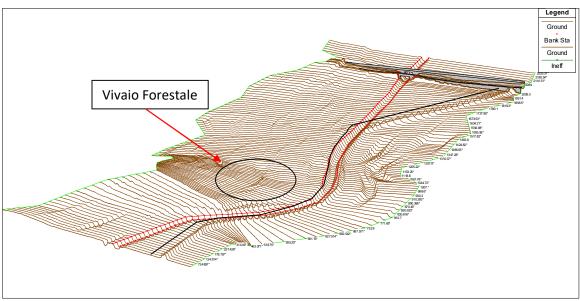


Figura 7 Rappresentazione 3D dell'area a valle della SP 80 in prossimità della Chesa della Madonna del Rimedio

#### 3.1.2. Sistema drenante minore

Per quanto attiene le aree esterne al bacino del Tanui, come richiamato nella parte idrologica, è stato analizzato il contesto a nord-ovest, prospiciente il limite comunale con Nurachi. Si conferma che in quest'area, individuata come Fenughedda nella cartografia IGM1:50000, non sono individuabili compluvi sui quali si concentrano le portate di deflusso. L'area si presenta come un piano inclinato con inclinazione Est Ovest, con i deflussi che scorrono superficialmente verso le *Pauli* interne al territorio comunale di Nurachi.

Le immagini sottostanti consegnano stralci della cartografia GedbMP, Igm 1:25000, IGM 1:50.000, unitamente ad un'immagine satellitare. Quello che emerge è una estrema frammentarietà delle aree, a denotare un uso agricolo di carattere intensivo, così come rappresentato dal GeodbMP e dall'immagine satellitare. Non si evidenziano inoltre aree di compluvio o di raccolta delle acque, ad eccezione della rete di irrigazione di cui si è fatto cenno nella parte di descrizione nel presente documento.

L'informazione generale che emerge dalla lettura di tutte le carte disponibili è la totale assenza di curve di livello nell'area, ma un'orografia caratterizzata da una graduale e lievissima pendenza verso le aree depresse di Nurachi (Pauli Margiani, Pauli Pala Canna, Pauli Su Nuschi, Pauli su Dottori). Si consegna di seguito una rassegna degli stralci cartografici relativi a periodi storici differenti riprodotte su scale non omogenee.

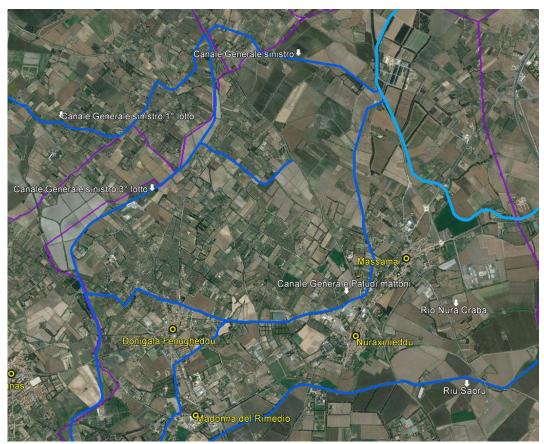


Figura 8- Immagine satellitare 2016 (fonte google earth)

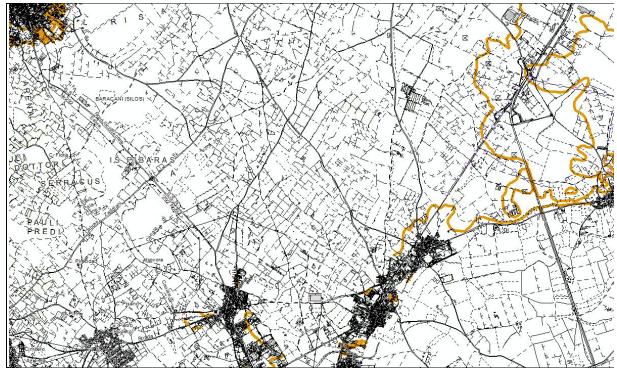
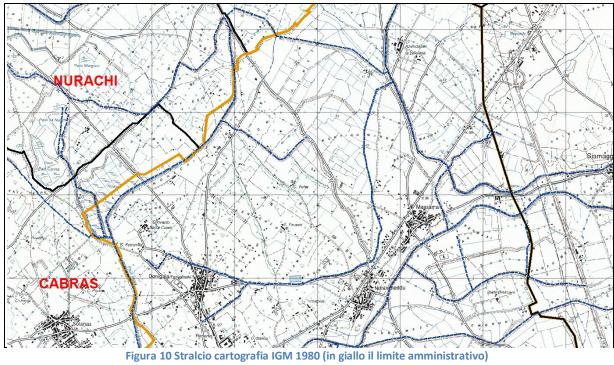


Figura 9 Stralcio cartografia GdbMP (le curve di livello dei 10 m in colore senape)



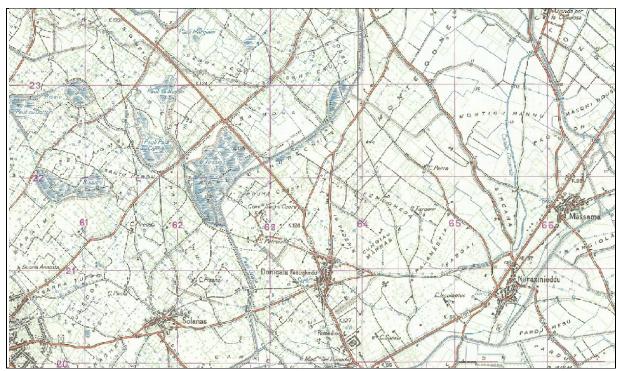


Figura 11 Stralcio cartografia Igm 1:25000 - 1950 (sono evidenti le aree depresse nel contesto orientale)

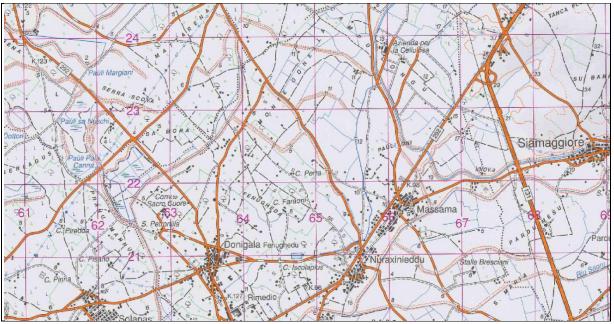


Figura 12 Stralcio cartografia IGM 1:50000

### 3.1.3. Aree di esondazione nel sistema minore - Area di Marina di Torre Grande

Confermando e acquisendo le informazioni indicate all'interno delle analisi descrittive dei luoghi, l'area si articola in due settori principali: uno verso il mare sul quale sorge l'edificato storico e un secondo comparto nell'entroterra in un'area a quota decisamente inferiore.

Il sistema idraulico è caratterizzato da una rete di dreno artificiale che veicola le portate verso un sistema idrovoro che poi le adduce allo stagno. L'individuazione delle aree allagabili è stata effettuata valutando la possibile contemporaneità di un evento meteorico intenso con un blocco del sistema idrovoro, è una situazione che verosimilmente può verificarsi in situazione meteorologiche estreme.

In queste condizioni il deficit di funzionamento impedisce l'evacuazione delle portate con conseguente fenomeno di invaso dell'area di monte. In queste condizioni si possono verificare due scenari:

- che l'area possa risultare interamente *compartimentata* e quindi priva di evacuazione forzata, contestualmente si dovesse verificare un sovralzo di marea pari a 1.1 m slm conforme a quanto indicato nel PSFF<sup>2</sup>
- che l'area *compartimentata* possa essere coinvolta da un evento meteorico tale da invasare l'intero volume di pioggia.

Sulla base di queste valutazioni è stata valutata in ambiente Gis la curva dei volumi d'invaso, di seguito riportata, èd è stata individuata la capacità di accumulo idrico dell'area sottesa ad un livello idrico pari ad 1.1m slm.

Il volume invasabile è stimato in circa un milione di metri cubi.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Il valore di 1.1 m slm è attribuito in occasione di sfocio in mari chiusi

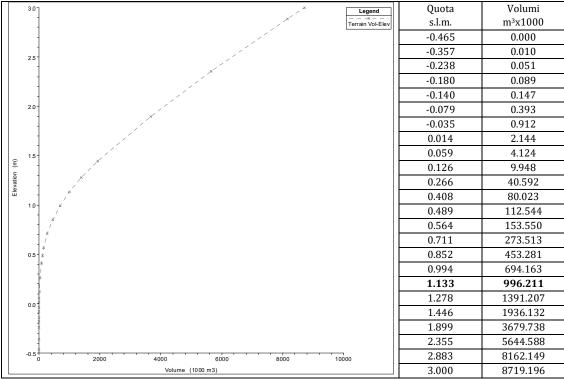


Figura 13 Curva dei volumi di invaso in forma grafica ed analitica nell'area retrostante Marina di Torregrande

Assumendo che il sistema in esame sia chiuso tra l'argine destro del Tirso ad Est, il Rio Tanu a Nord, lo stagno di Cabras a Ovest e l'alto Topografico di Marina di Torre Grande, il bacino endoreico avrebbe una superficie di circa 4 Km². La condizione di accumulo idrico di 1 milione di metri cubi si avrebbe dunque per un altezza di pioggia pari a 250 mm distribuita uniformemente su tutta l'area. Considerando che le piogge definibili critiche nell'area in esame possono essere ricondotte su eventi di durata 2 ore, il valore di 250 mm va ben oltre valori ipotizzabili per qualunque tempo di ritorno riconducibile al PAI.

Tra le due situazioni, la risalita dallo stagno di Cabras o una pioggia zenitale, si ritiene che la prima sia la condizione più estrema che possa verificarsi.

Si è inoltre effettuata una ulteriore verifica, ovvero si è ipotizzato che oltre alla risalita dallo stagno si potesse determinare una pioggia zenitale su tutta l'area, uniforme e costante, con tempi di ritorno riconducibili a quelli individuati nell'ambito del PAI. Dalle curve di possibilità pluviometrica, si evince che un evento di durata due ore e tempo di ritorno duecentennale avrebbe un'altezza di pioggia pari a circa 50 mm. Considerare anche gli altri tempi di ritorno non determinerebbero variazioni di altezza di pioggia e quindi volumi idrici sostanzialmente differenti.

Conseguentemente, rapportando i 50 mm di pioggia su tutta l'estensione dei 4 Km², si determinerebbe un volume di precipitazione di circa 200 000 m³, osservando dalla curva dei volumi di invaso che tra quota

1.13 e quota 1.28 slm si potrebbero accumulare 394000 m³ (1391 000m³- 996000 m³) é ipotizzabile con un sufficiente grado di certezza che nell'ipotesi di concomitante ingresso dalla laguna ed un evento meteorico di rilevante intensità sull'area, il livello idrico non potrebbe superare in condizioni idrostatiche la quota di 1.2 m slm.

La successiva immagine consegna l'orografia dell'area con le seguenti colorazioni:

in celeste aree a quota inferiore a 1.1 m slm in blu aree con quota compresa tra 1.1 e 1.2 m slm in giallo aree con quota superiore a 1.2 m slm.

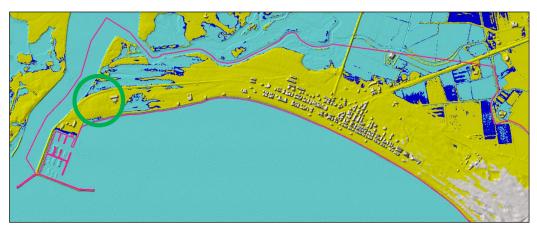


Figura 14 Su base DsmBild - Orografia nell'area in esame

Una criticità locale è rappresentata dalla porzione di territorio inscritta nel cerchio verde: come richiamato anche nella sottostante fotografia, l'area risulta ad una quota prossima alla zona di sommersione di 1.2 m slm. E' prevedibile quindi il possibile sormonto della viabilità locale. Si prevede quindi, seppure con tiranti idrici contenuti, un possibile livello di pericolosità.



Figura 15 Viabilità in corrispondenza della zona contrassegnata da cerchio verde nella figura precedente

## 3.1.1.Aree di esondazione nel sistema minore - Aree lungo il confine con i comuni di Nurachi e Cabrasa

Come si è potuto valutare durante la fase di analisi idrologica le aree ricadenti esternamente al bacino idrografico del sistema S'Aorue/Nura Craba e successivamente Bennaxi nel versante settentrionale, tendono a ruscellare disordinatamente verso i compendi più depressi del sistema. Nello specifico gli elementi che accolgono le suddette portate sono individuati lungo i confini dei comuni di Nurachi più a nord e Cabras perso sud.

Il compendio a nord è relativo al sistema denominato Pauli Pala Canna, che si estende principalmente verso il territorio di Nurachi. La sottostante immagine consegna il contorno in azzurro del livello di pericolosità idraulica definita, e in rosso il limite comunale.



Figura 16 Area a nord lungo il confine con Nurachi

Il compendio più meridionale, prospiciente il territorio di Cabras, è invece, analogamente una porzione depressa che recapita anche'essa i deflussi contermini, ma che avendo a ridosso il bacino spartiacque del Rio Bennaxi, accoglie volumi idrici decisamente inferiori. La naturale conformazione dell'area suggerisce tuttavia una condizione di criticità che nello specifico può essere ricondotta ad un livello di allagamento centenario. Tale valore di criticità conferma quanto indicato nell'ambito

dello studio PSFF relativamente al livello di criticità determinato dalle esondazioni del Fiume Tirso in sponda destra. La successiva immagine consegna uno stralcio satellitare dell'area in esame.



Figura 17 Area a sud lungo il confine con Cabras

La successiva immagine consegna uno stralcio della pericolosità inviluppo definita nell'area

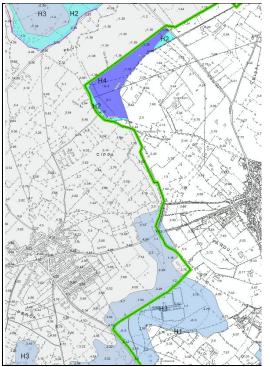


Figura 18 Stralcio della cartografia inviluppo dell'area in esame

# **3.2.** MODELLAZIONE IDRAULICA DEL SISTEMA IN SINISTRA IDRAULICA DEL TIRSO

Come evidenziato nel paragrafo relativo alla parte idrologica, il sistema dei deflussi in sinistra idraulica del Fiume Tirso è principalmente affidata alle linee di deflusso riconducibili ai Rii Spinarba, il rio Merd'e Cani e il rio Roia Sa Murta.

Per quanto concerne le informazioni cartografiche utilizzate, era disponibile il DTM 1m per il rio Spinarba, mentre per i rimanenti due elementi idrici, non essendo disponibile un'informazione di dettaglio, si è operato con l'ausilio del DTM 10 riclassificato con le informazioni relative alle sezioni d'alveo.

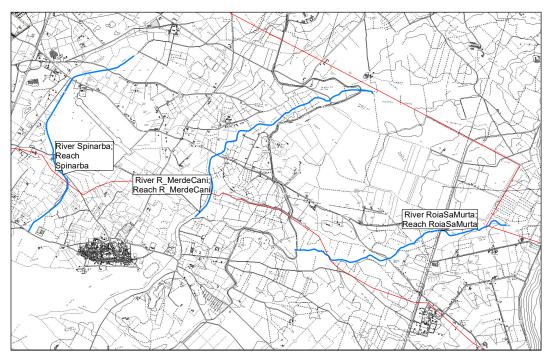


Figura 19 Planimetria del comparto drenante sinistro Tirso

Si consegnano nel dettaglio le considerazioni sulle specificità dei singoli modelli idraulici realizzati.

## 3.2.1. Rio Spinarba

Il rio Spinarba, come già evidenziato, è un canale che ha origine in agro di Simaxis e funge da canale di bonifica per le campagne che attraversa lungo il suo percorso; in quanto canale di dreno è evidentemente dimensionato per portate ordinarie e, attraversando aree sostanzialmente pianeggianti, è privo di pendenze

di rilevo. L'intero sviluppo è dell'ordine dei 3700 m, nei primi 2400 m la pendenza si attesta su valori dell'uno per mille, successivamente aumenta senza mai superare valori del cinque per mille.

Nel suo percorso attraversa aree a vocazione agricola, spesso risicola, ed aree occupate da cave, entrambe situazioni che determinano un comportamento idraulico estremamente variabile. In particolare, come si potrà riprendere successivamente, le risaie determinano delle condizioni di limitato deflusso in quanto le acque zenitali hanno difficoltà a superare i pur esigui arginelli di contenimento.

Le figure seguenti consegnano l'andamento di una sezione trasversale al corso d'acqua in prossimità della pista dell'aeroporto di Fenosu.

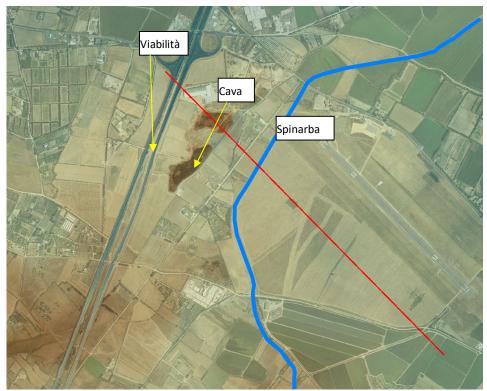


Figura 20 Immagine satellitare con trasparenza del Dtm 1m in prossimità dell'aeroporto di Fenosu

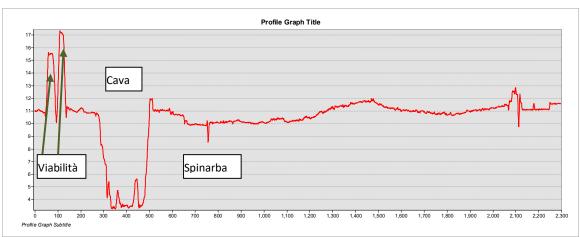


Figura 21 Sezione colta sul modello digitale passo 1m

i primi due chilometri del canale ricadono su un'area priva di informazioni cartografica, la planarità del contesto territoriale non consente di poter fruire delle informazioni usualmente disponibili e anche un rilievo sul campo ha condotto a risultati che non potevano dare particolare affidabilità. Si è quindi scelto di mutuare le informazioni acquisibili dalla modellazione su base DTM della porzione più valliva. 1m garantendo sostanzialmente il medesimo transetto di allagamento. Questa condizione, essendo la morfologia delle aree abbastanza conforme ha condotto alla determinazione della pericolosità nel contesto esaminato. Complessivamente il modello idraulico è stato ottenuto con il tracciamento di 31 transetti anche in questo caso particolarmente lunghi al fine di valutare l'espansione della piena nella loro totale interezza nelle aree golenale. Si rimarca che in questa sede il modello monodimensionale mal rispecchia il reale andamento del deflusso, che, per la mancanza di un confinamento delle portate, tende a espandersi secondo linee trasversali all'andamento dell'elemento idrico definito nel GeodbMP. Per questo motivo si è cercato di ovviare all'inconveniente estendendo in maniera rilevante la sezione di calcolo. In taluni casi la lunghezza totale ha raggiunto i 2 Km andando ad individuare alle estremità il minimo rilevato, spesso legato alla viabilità, che potesse in qualche maniera confinare le portate esondate; come ipotizzabile, le velocità risultano estremamente basse, qualche centimetro al secondo.

I valori della portata assunti alla base del calcolo sono i seguenti:

	River	Reach	RS	Tr 50	Tr 100	Tr 200	Tr 500
1	Spinarba	Spinarba	3987.8	60.58	72.33	84.22	100.12

La successiva immagine consegna una sezione trasversale sulla quale sono individuate le velocità in corrispondenza di un evento con tempo di ritorno di 50 anni; la campitura gialla evidenzia velocità comprese tra 0 e 20 cm/s, riconducibile quindi ad una condizione di ristagno.

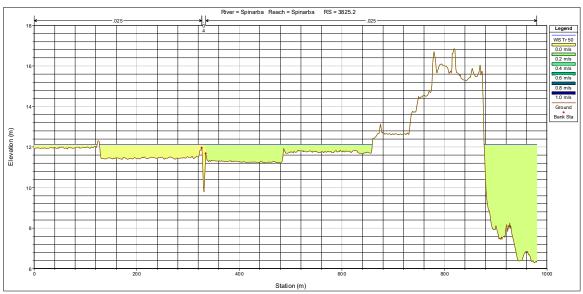


Figura 22 Transetto di calcolo con campo di velocità, in estrema destra la presenza di un'area di cava

Le aree di pericolosità idraulica sono particolarmente estese sia in sinistra che in destra idraulica a monte della pista di Fenosu, con l'espansione destra confinata dal rilevato stradale interpoderale di una risaia.

Di seguito l'area di pericolosità individuata

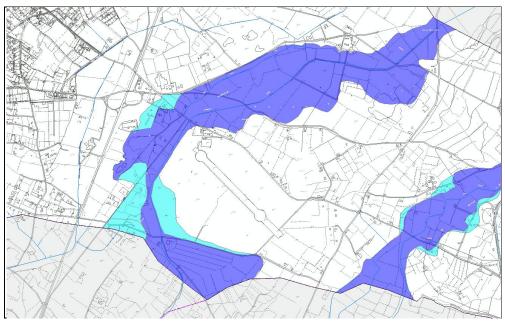


Figura 23 Transetto di calcolo con campo di velocità, in estrema destra la presenza di un'area di cava

#### 3.2.2. Rio Merd'e Cani

Poco a sud scorre il **Rio Merd'è Cani**. Il modello analizzato ha una lunghezza di circa 400 m, di cui una prima porzione della dimensione di circa 1500 m con una pendenza apprezzabile riconducibile a valori dell'ordine del 1.5 %. La rimanente porzione presenta una pendenza estremamente inferiore, minore dell'uno per mille.

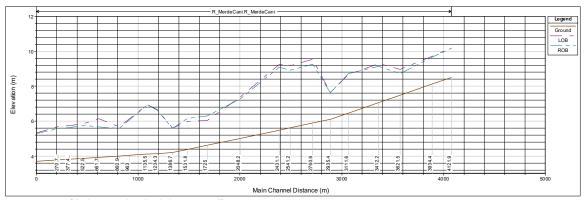


Figura 24 Profilo longitudinale del Rio Merd'e Cani

Lungo il suo percorso va ad interessare aree a vocazione agricola e la sua sezione d'alveo è generalmente trapezia con 4 metri circa in sommità scarpe a 45° e altezza compresa tra 1.5 e due metri. Il fondo dell'alveo è interessato in ampi tratti dalla presenza d'acqua sostanzialmente ferma, ad evidenziare una quasi totale assenza di gradiente idraulico.



Figura 25 Sezione del Rio, in particolare si osserva la presenza di acqua con velocità nulla

L'area di espansione della piena tende a defluire in destra idraulica, verso aree caratterizzate da attività risicole, in sinistra idraulica tende invece a rimanere confinata dal Canale Adduttore Tirso Arborea. Le

fasce di allagamento si mantengono entro valori di circa 300 m, con velocità sempre estremamente modeste. L'assenza di una informazione cartografica di dettaglio non consente una verifica puntuale dei tiranti idrici come avviene laddove è presente un volo leader. Si rileva tuttavia che le informazioni in possesso possono indicare tiranti idrici abbastanza modesti.

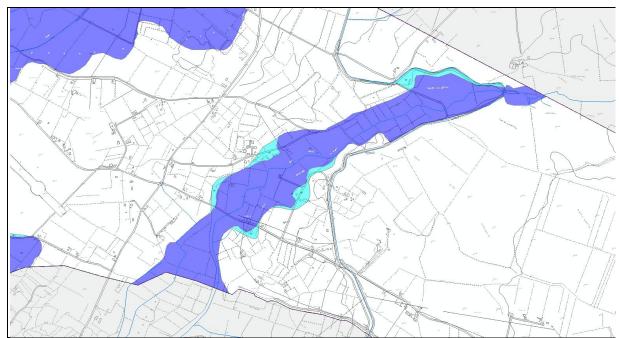


Figura 26 Aree di pericolosità riscontrate

## 3.2.3. Rio Roia sa Murta o Tumboi

Ancora più a sud scorre il **Rio Roia sa Murta o Tumboi**, è un compluvio che discende dai rilevati del Monte Arci, decisamente acclive nei primi mille metri di modellazione, con valori dell'ordine dell'1.5% per poi degradare progressivamente nella seconda parte, con valor di pendenza dell'ordine di qualche unità per mille. Il numero dei transetti individuato è di 27, con lunghezze superiori a due chilometri.

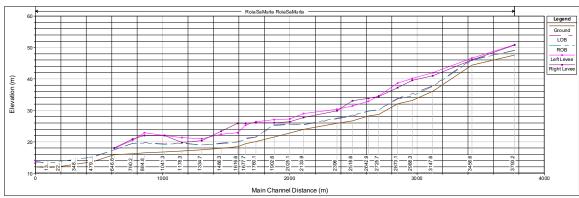


Figura 27 Profilo longitudinale Rio

Rispetto alle condizioni precedentemente descritte, il corso d'acqua non va ad interessare aree a vocazione risicola e le sezioni trasversali tendono ad essere leggermente più chiuse con un maggiore confinamento delle portate esondate. Le aree di allagamento si estendono infatti nell'interno del corso d'acqua per una larghezza di 150 - 180m per poi allargarsi maggiormente quando si giunge nel limite del territorio comunale.

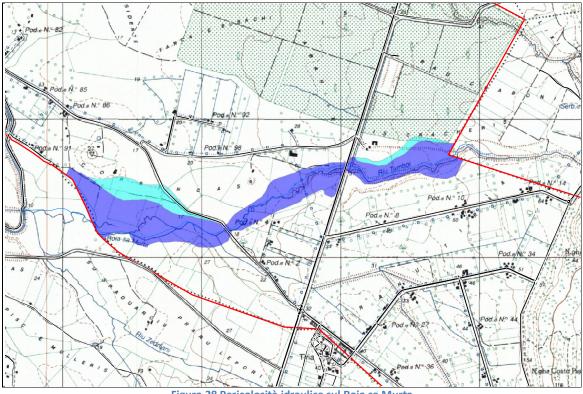


Figura 28 Pericolosità idraulica sul Roia sa Murta

#### 3.2.4. Aree di esondazione nel sistema minore.

Nel presente paragrafo vengono analizzate delle aree che per loro natura e particolare conformazione non rientrano in un'analisi di tipo monodimensionale ed inoltre non sono spesso riconducibili ai contesti drenanti principali citati in precedenza.

Le porzioni di territorio inserite in questo paragrafo sono in taluni casi sostanzialmente pianeggianti, prive di una linea di impluvio e caratterizzate da un processo del moto estremamente disordinato e spesso alterato dalle modifiche morfologiche apportate negli anni, in altri casi vengono coinvolte aree prive di sbocchi e caratterizzate da possibili volumi di invaso.

Nel primo caso, l'impossibilità di individuare una linea di compluvio e la consapevolezza che il processo del moto mal si coniuga con le ipotesi di base dell'utilizzo del modello di calcolo monodimensionale, ha indotto l'utilizzo di un' approccio bidimensionale per l'individuazione delle aree di pericolosità.

Nel secondo caso si è operato, come visto per la località di Marina di Torre Grande, attraverso una valutazione dei livelli idrici e delle relative superfici allagabili derivanti da un processo di invaso.

Queste porzioni di territorio sono riconducibili ad aree che per particolari conformazioni morfologiche, sia naturali che determinate dall'uomo, possono in situazione di particolare criticità essere oggetto di vulnerabilità idraulica.

Queste ultime, coerentemente con quanto indicato nell'analisi idrologica, sono:

- l'area di S'Arrodia e gli spazi contermini;
- il contesto territoriale ad est dell'abitato, lungo l'allineamento Oristano -Simaxis;
- l'area a nord dell'allineamento Simaxis Simaxis, a ridosso dell'argine sinistro del Tirso a monte de Sa Maddalena in località Silì;
- l'area a sud dell'allineamento Simaxis, nelle aree non ricomprese dai bacini principali.

Si ribadisce che nelle suddette aree, non si è potuto operare con un approccio modellistico di tipo monodimensionale in quanto si tratta di aree prive di incisioni, all'interno delle quali non è individuabile un'univoca direzione di deflusso e con sistema drenante minore caratterizzato da canalette o capofossi poderali.

Per quanto attiene le aree a vocazione risicola si può specificare che, ad esclusione delle risaie che ricadono in aree già definite pericolose per la presenza di elementi idrici ad esse prossime, le altre sono interessate da presenze idriche esclusivamente per:

- la presenza di presenza di pioggia zenitale,
- per adacquamento delle aree attraverso il sistema acquedottistico di irrigazione.

Nel primo caso, le piogge sono in parte assorbite e in parte defluiscono verso i punti più bassi della risaia, e se la portella di evacuazione è aperta non ristagnano al suo interno.

Nel secondo caso l'apporto idrico è garantito dalla fornitura di un sistema irriguo artificiale alimentato sostanzialmente dal partitore alimentato dal canale Tirso Arborea e che ha l'organo di intercettazione in prossimità di Simaxis.

Si può quindi concludere che la permanenza d'acqua all'interno delle risaie è legata allo specifico utilizzo delle aree, e ad uno specifico processo di utilizzo agricolo che non ha nessun riferimento con il fenomeno degli allagamenti da evento meteorico intenso.

Di seguito si consegna una descrizione relative ai comparti minori su richiamati.

## 3.2.4.1. Area di S'Arrodia e spazi contermini

Come anticipato nei punti precedenti, la valutazione della pericolosità idraulica nel contesto esaminato ha dovuto tenere conto di ulteriori indicazioni oltre a quelle emerse da valutazioni della modellazione monodimensionale. Quest'ultima attinge, come noto, da una schematizzazione di calcolo che prevede il processo del moto inquadrato all'interno di un cilindroide, assume che il moto sia gradualmente variato con andamento lineare e unidimensionalità delle traiettorie ed infine che queste ultime siano tra loro parallele. Nell'area di S'Arrodia, per la conformazione del territorio, questa condizione è ben lontano dal verificarsi: infatti, una volta che la portata supera la massima portata compatibile con la sezione idraulica, il deflusso avviene in maniera disordinata andando a riempire le vaste e numerose aree depresse contermini.

Oltre a quanto sin qui evidenziato, si rileva che la notevole planarità del complesso territoriale in esame, e la presenza di aree con presenza idrica influisce in maniera determinante sulla validità dell'informazione fornita dai modelli digitale del terreno. Infatti, il Dtm mostra spesso un terreno perfettamente piano e orizzontale, calato sullo specchio acqueo; il DSM, ovvero il modello non depurato dalla vegetazione e dalle antropizzazioni, mostra un'orografia estremamente falsata in quanto assimila la vegetazione al suolo, e priva in alcuni casi il modello digitale della presenza della incisione degli alvei.

Tutto quanto premesso, in prima analisi è stata comunque effettuata una modellazione monodimensionale di un modello idraulico in ambiente HecRas, con un foltissimo numero di transetti, anche estremamente estesi.



Figura 29 Schema planimetrico modello Hecras

La forma delle sezioni, riconducibile a quella di seguito consegnata, presenta spesso aree diffuse con giacenze idriche anche in contesti distanti dall'asse del corso d'acqua.

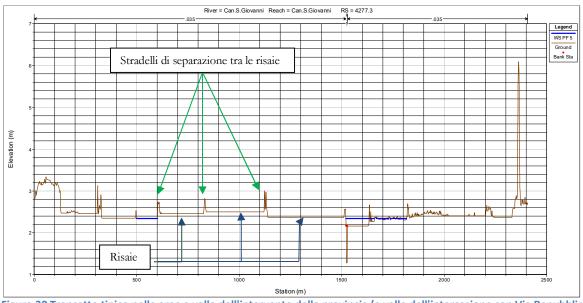


Figura 30 Transetto tipico nelle aree a valle dell'intervento della provincia (a valle dell'intersezione con Via Repubblica)

I risultati legati alla modellazione monodimensionale soffrivano evidentemente di una notevole incongruenza con la tipologia del processo di moto, si è quindi ritenuto opportuno effettuare delle modellazioni che potessero rendere conto delle reali caratteristiche della dinamica di propagazione della piena.

La planimetria quotata sotto consegnata, ottenuta dall'interpolazioni sul DSM di punti colti in aree libere da edificato o vegetazione alta, mostra l'orografia nell'intorno del canale Torangius: si può osservare nella generalità dei casi come le quote in sponda sinistra tendono ad assumere valori più elevati rispetto a quelli in sponda destra.

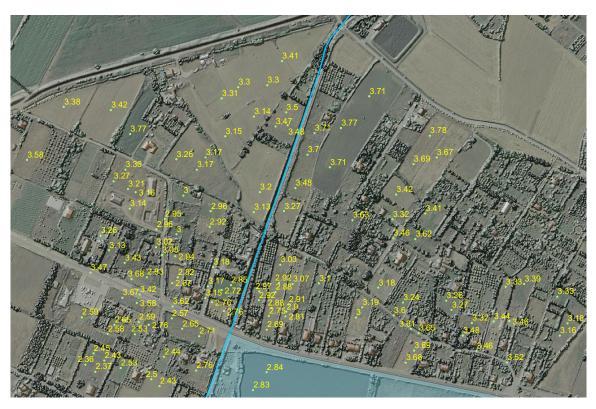


Figura 31 Piano quotato ottenuto da Dsm 1m (direzione del flusso da nord a sud)

Al fine di valutare le modalità con la quale le portate di deflusso tendevano ad interessare le aree più depresse è stata operata una modellazione bidimensionale. L'area è stata inquadrata in una maglia a passo due metri, e sono state assunte le portate sulla base delle valutazioni idrologiche indicate in precedenza e colte sul DTM 1m.

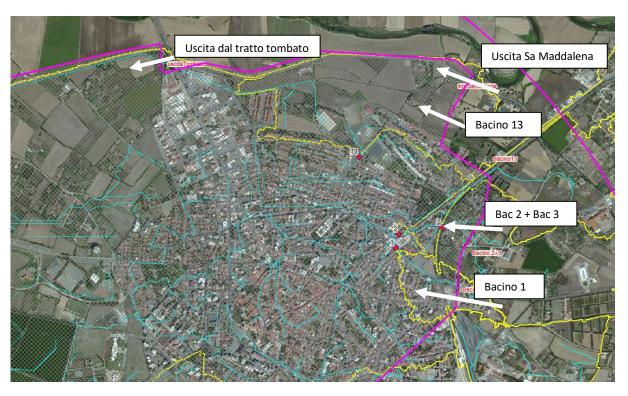


Figura 32 Quadro schematico delle portate entranti sull'area 2D

Le modellazioni sono state effettuate in moto vario, gli idrogrammi di calcolo hanno il tempo di ascesa pari al tempo di corrivazione, e il tempo di esaurimento pari al doppio del tempo di corrivazione; si è utilizzato un coefficiente di deflusso secondo Manning pari a 0.06, un valore decisamente alto rispetto alla casistiche classiche del monodimensionale, ma si è assunto tale valore in considerazione del fatto che tiranti idrici modesti, unitamente a valori di velocità basse, possono risentire in maniera maggiore delle condizioni di scabrezza del suolo e delle sue caratteristiche di copertura vegetale. Di seguito si consegna un quadro riepilogativo con i valori di portata utilizzati all'interno di ogni porzione del modello bidimensionale.

Tabella 2 Riepilogo portate di calcolo sui bacini minori

Bacino	AREA	Portata Tr 50	Portata Tr 100	Portata Tr 200	Portata Tr 500	Tempo di corrivazione	Riferimento modello 2D Settore di ingresso
	Km <sup>2</sup>	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	ore	
1	0.14	1.76	1.87	1.94	1.97	0.26	Bacino 1
2	0.60	6.16	6.99	7.75	8.63	0.55	OvestIsPasturas Ingresso02
3	0.45	4.52	5.16	5.77	6.49	0.60	Ovest Loc IsPasturas
2+3		10.68	12.15	13.52	15.12	0.57	SaRodia Bac 2+Bac 3
13	0.72	7.11	8.14	9.09	10.25	0.61	SaRodia Bacino 13

Uscita tombato presso centro commerciale										
	5.46	9.77	15.0	13.22	15.48	20.41	Sa Rodia Uscita Tratto Tombato			
Portata di calcolo valutata sull'uscita dal cunicolo Sa Maddalena 1.73 mc/s										

Bacino	AREA	Portata Tr 50	Portata Tr 100	Portata Tr 200	Portata Tr 500	Tempo di corrivazione	Riferimento modello 2D Settore di ingresso			
	Km <sup>2</sup>	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	ore				
1	0.14	1.76	1.87	1.94	1.97	0.26	Bacino 1			
2	0.60	6.16	6.99	7.75	8.63	0.55	OvestIsPasturas Ingresso02			
3	0.45	4.52	5.16	5.77	6.49	0.60	Ovest Loc IsPasturas			
2+3		10.68	12.15	13.52	15.12	0.57	SaRodia Bac 2+Bac 3			
13	0.72	7.11	8.14	9.09	10.25	0.61	SaRodia Bacino 13			
	•									
Uscita t	ombato j	presso cen	tro comme	rciale						
	5.46	5.46 9.77 15.0 13.22 15.48 20.4		20.41	Sa Rodia Uscita Tratto Tombato					
Portata di calcolo valutata sull'uscita dal cunicolo Sa Maddalena 1.73 mc/s										

Le considerazioni che si potranno fare circa i risultati ottenuti dalle modellazioni idrauliche sono le seguenti:

- i tiranti idrici sono generalmente modesti, nella maggior parte dei casi inferiore ai venti centimetri;
- le aree con tiranti idrici inferiori ai venti centimetri sono inoltre spesso aree isolate con superficie inferiore ai 500 mg;
- le velocità sono dell'ordine di poche decine di centimetri con aree di ristagno determinate dagli stradelli spesso in leggero rilevato;
- le aree sulle quali è stato implementato il modello idraulico ricadono all'intero del bacino di calcolo, ovvero la portata stimata è generalmente maggiore dell'esistente soprattutto nella porzione montana dell'area 2D.

Al fine di poter individuare aree sulle quali si potesse individuare una reale condizione di pericolosità, ci si è avvalsi di quanto suggerito nella "Proposta metodologica per l'aggiornamento delle mappe di pericolosità e di rischio" Quaderno82/2012 Manuali e linee guida Ispra.

Al suo interno è valutato, come parametro rappresentativo della vulnerabilità associata alla presenza umana, il valore ottenuto dalla formula

Flood Hazard Rating 
$$=h*(v+0.5)+DF$$

dove DF è funzione del trasporto solido, che nello specifico caso in esame, su indicazione di quanto espresso nella linea guida, può essere ricondotto a zero.

La stessa guida indica una tabella rappresentativa del grado di pericolo ricondotto ai singoli valori del parametro FHR, e in particolare si riscontra che:

Tabella 3 Flood Hazard Rating in funzione di altezza (h) e velocità di inondazione (v)

h * (v+0.5)	Grado di pericolo da inondazione	Descrizione
< 0.75	Basso	Cautela
		"Zone inondate da acque fluenti con basso tirante o da acque ferme ma
		profonde"
$0.75 \div 1.25$	Moderato	Pericoloso per qualcuno (bambini)
		"Zone inondate da acque profonde o ad elevata velocità di deflusso"
$1.25 \div 2.5$	Significativo	Pericoloso per la maggior parte delle persone
		"Zone inondate da acque profonde o ad elevata velocità di deflusso"
> 2.5	Estremo	Pericoloso per chiunque
		"Zone inondate da acque profonde o ad elevata velocità di deflusso"

L'analisi proposta nel presente documento acquisisce quanto su richiamato e propone una soglia di riferimento per individuazione del valore FHR finalizzato all'individuazione del livello di pericolosità critica.

I valori tabellati su esposti non riguardano grandezze da impiegatre infase di pianificazionequindi si è ritenuto cautelativo considerare dei valori che potessero comunque essere inferiori al valore minimo (0,7) previsto nella cittata tabella.

I valori proposti e utilizzatti sono i seguenti:

 $h*(v+0.5) \le 0.1$  assenza di livello di pericolosità

0,1<h\*(v+0,5)<0,2 condizione di pericolosità minima ma da investigare sulla base delle informazioni locali

La successiva tabella consegna in forma numerica il campo dei valori *h* e *v* riconducibili ad un valore RHF minore o uguale a 0.1 (rosso) e compreso tra 0.1 e 0.2 (blu).

Н	V	Hx(v+0.5)												
[m]	[m/s]	[m <sup>2</sup> /s]												
0.01	0.01	0.005	0.2	0.007	0.4	0.009	0.6	0.011	0.8	0.013	1	0.015	2	0.025
0.02	0.01	0.010	0.2	0.014	0.4	0.018	0.6	0.022	0.8	0.026	1	0.030	2	0.050
0.03	0.01	0.015	0.2	0.021	0.4	0.027	0.6	0.033	0.8	0.039	1	0.045	2	0.075
0.04	0.01	0.020	0.2	0.028	0.4	0.036	0.6	0.044	0.8	0.052	1	0.060	2	0.100
0.05	0.01	0.026	0.2	0.035	0.4	0.045	0.6	0.055	0.8	0.065	1	0.075	2	0.125
0.06	0.01	0.031	0.2	0.042	0.4	0.054	0.6	0.066	0.8	0.078	1	0.090	2	0.150
0.07	0.01	0.036	0.2	0.049	0.4	0.063	0.6	0.077	0.8	0.091	1	0.105	2	0.175
0.08	0.01	0.041	0.2	0.056	0.4	0.072	0.6	0.088	0.8	0.104	1	0.120	2	0.200
0.09	0.01	0.046	0.2	0.063	0.4	0.081	0.6	0.099	0.8	0.117	1	0.135	2	0.225
0.1	0.01	0.051	0.2	0.070	0.4	0.090	0.6	0.110	0.8	0.130	1	0.150	2	0.250
0.11	0.01	0.056	0.2	0.077	0.4	0.099	0.6	0.121	0.8	0.143	1	0.165	2	0.275
0.12	0.01	0.061	0.2	0.084	0.4	0.108	0.6	0.132	0.8	0.156	1	0.180	2	0.300
0.13	0.01	0.066	0.2	0.091	0.4	0.117	0.6	0.143	0.8	0.169	1	0.195	2	0.325
0.14	0.01	0.071	0.2	0.098	0.4	0.126	0.6	0.154	0.8	0.182	1	0.210	2	0.350
0.15	0.01	0.077	0.2	0.105	0.4	0.135	0.6	0.165	0.8	0.195	1	0.225	2	0.375
0.16	0.01	0.082	0.2	0.112	0.4	0.144	0.6	0.176	0.8	0.208	1	0.240	2	0.400
0.17	0.01	0.087	0.2	0.119	0.4	0.153	0.6	0.187	0.8	0.221	1	0.255	2	0.425
0.18	0.01	0.092	0.2	0.126	0.4	0.162	0.6	0.198	0.8	0.234	1	0.270	2	0.450
0.19	0.01	0.097	0.2	0.133	0.4	0.171	0.6	0.209	0.8	0.247	1	0.285	2	0.475
0.2	0.01	0.102	0.2	0.140	0.4	0.180	0.6	0.220	0.8	0.260	1	0.300	2	0.500
0.21	0.01	0.107	0.2	0.147	0.4	0.189	0.6	0.231	0.8	0.273	1	0.315	2	0.525
0.22	0.01	0.112	0.2	0.154	0.4	0.198	0.6	0.242	0.8	0.286	1	0.330	2	0.550
0.23	0.01	0.117	0.2	0.161	0.4	0.207	0.6	0.253	0.8	0.299	1	0.345	2	0.575
0.24	0.01	0.122	0.2	0.168	0.4	0.216	0.6	0.264	0.8	0.312	1	0.360	2	0.600
0.25	0.01	0.128	0.2	0.175	0.4	0.225	0.6	0.275	0.8	0.325	1	0.375	2	0.625
0.26	0.01	0.133	0.2	0.182	0.4	0.234	0.6	0.286	0.8	0.338	1	0.390	2	0.650
0.27	0.01	0.138	0.2	0.189	0.4	0.243	0.6	0.297	0.8	0.351	1	0.405	2	0.675
0.28	0.01	0.143	0.2	0.196	0.4	0.252	0.6	0.308	0.8	0.364	1	0.420	2	0.700
0.29	0.01	0.148	0.2	0.203	0.4	0.261	0.6	0.319	0.8	0.377	1	0.435	2	0.725
0.3	0.01	0.153	0.2	0.210	0.4	0.270	0.6	0.330	0.8	0.390	1	0.450	2	0.750
0.31	0.01	0.158	0.2	0.217	0.4	0.279	0.6	0.341	0.8	0.403	1	0.465	2	0.775
0.32	0.01	0.163	0.2	0.224	0.4	0.288	0.6	0.352	0.8	0.416	1	0.480	2	0.800
0.33	0.01	0.168	0.2	0.231	0.4	0.297	0.6	0.363	0.8	0.429	1	0.495	2	0.825
0.34	0.01	0.173	0.2	0.238	0.4	0.306	0.6	0.374	0.8	0.442	1	0.510	2	0.850
0.35	0.01	0.179	0.2	0.245	0.4	0.315	0.6	0.385	0.8	0.455	1	0.525	2	0.875
0.36	0.01	0.184	0.2	0.252	0.4	0.324	0.6	0.396	0.8	0.468	1	0.540	2	0.900
0.37	0.01	0.189	0.2	0.259	0.4	0.333	0.6	0.407	0.8	0.481	1	0.555	2	0.925
0.38	0.01	0.194	0.2	0.266	0.4	0.342	0.6	0.418	0.8	0.494	1	0.570	2	0.950
0.39	0.01	0.199	0.2	0.273	0.4	0.351	0.6	0.429	0.8	0.507	1	0.585	2	0.975
0.4	0.01	0.204	0.2	0.280	0.4	0.360	0.6	0.440	0.8	0.520	1	0.600	2	1.000

Sulla base delle considerazioni esposte ai punti precedenti, le seguenti figure sono rappresentative dei valori RHF in relazione alle portate con tempo di ritorno di 50 e 200 anni.

Sono stati assunti questi due valori di tempo di ritorno al fine di valutare il grado di sensitività che ha il paramentro RHF al variare del tempo di ritorno e quindi della portata.

Le due successive immagini consegnano la variabilità del valore RHF nell'area di S'Arrodia, in particolare si può osservare che i tratti per i quali si ha un valore di RHF maggiore di 0.1 hanno una colorazione marrone, sono aree sostanzialmente riconducibile all'areale nell'intorno della sezione di ingresso (laddove si è imputato l'idrogramma in ingresso all'area 2D), mentre nella generalità dei casi, ad esclusione di aree sparse, si determina una quasi totale assenza di criticità (aree a colorazione celeste). Ovviamente la figura riferita ad un tempo di ritorno di duecento anni (Figura 34) denota situazioni di criticità maggiori.

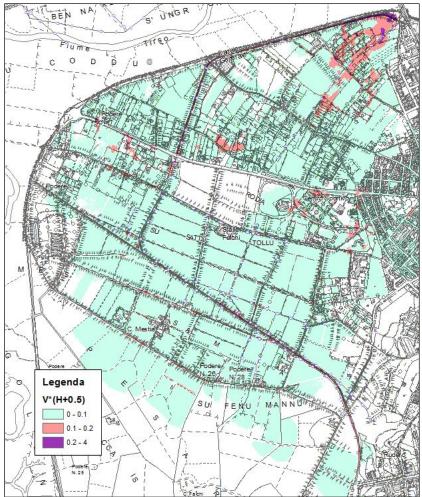


Figura 33 Individuazione valori RHF nell'area di S'Arrodia per Tr= 50 anni

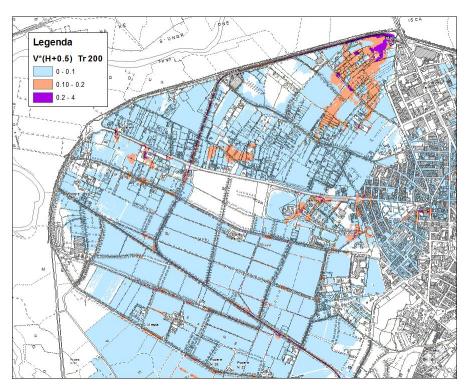


Figura 34 Individuazione valori RHF nell'area di S'Arrodia per Tr= 200 anni

Per quanto attiene le aree di frangia dell'abitato di Oristano che si affaccia all'area di S'Arrodia, è stato fatto un raffronto tra le indicazioni tratte da una valutazione delle quote desunte dal modello Dsm con le indicazioni rilevate dal modello relativo allo scorrimento superficiale.

Nel dettaglio, la Figura 35 mostra un contesto che si ritiene sia da considerare critico, infatti è un contesto che mette sostanzialmente in comunicazione due aree a quota inferiore, una nord, in corrispondenza della scritta Via Segni e un'ulteriore area poco a sud. L'area di passaggio tre i due contesti depressi è individuata con una freccia rossa.

L'area di scorrimento preferenziale individuata è caratterizzata da velocità modeste riconducibili a 20 cm/s, e tiranti ancor più ridotti dell'ordine di qualche centimetro; tuttavia, per il fatto che risulta l'unica linea di deflusso tra la zona di monte e la zona di valle si ritiene opportuno individuare in essa una situazione di criticità.

L presenza di tiranti idrici di pochi centimetri di tirante idrico, ancorché discontinuo, può anche essere generata da asperità o "rugosita" del modello digitale del Suolo, non necessariamente e totalmente da condizioni di sommergenza. Tuttavia anche in tali condizioni si è ritenuto opportuno evidenziare un livello di pericolosità, lasciando a fasi di analisi di ulteriore dettaglio valutane la magnitudo.

Le successive immagini consegno nel dettaglio le variazioni altimetriche del contesto in esame, dove sono evidenti incrementi di quota nelle aree antropizzate e infrastrutturate, e quote più modeste in corrispondenza delle aree ancora libere.

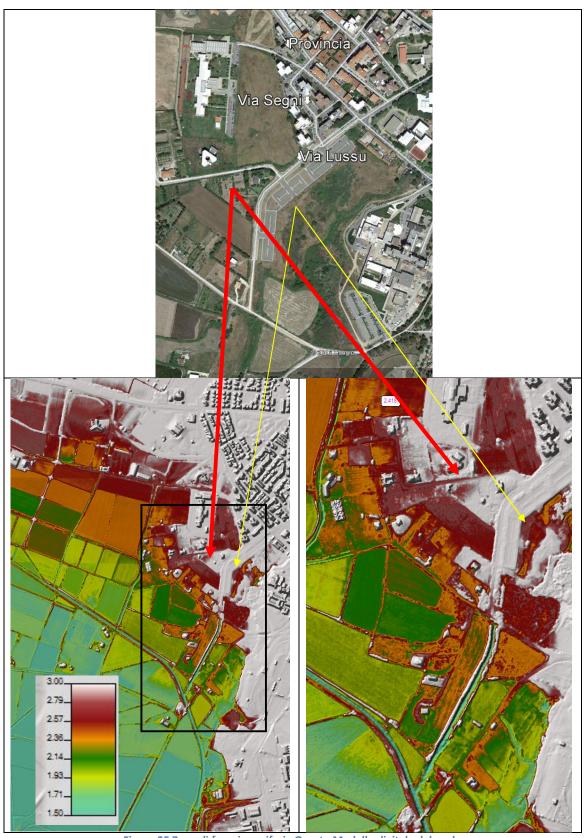


Figura 35 Zona di frangia periferia Ovest - Modello digitale del suolo

In Figura 36 sono richiamati i valori dei tiranti idrici nell'area e i valori corrispondenti al prodotto velocità per tiranti idrici. Si è ritento utilizzare questa mappatura in quanto rappresentativa delle linee di percorrenza preferenziale dei deflussi. In un contesto in cui i tiranti idrici e le velocità non sono tali da poter dare generalmente una indicazione precisa, l'esame del loro prodotto mostra nella figura un campo ben preciso e rappresentativo di una particolarità preferenziale del del moto (aree colorate in verde nel riquadro sinistro).

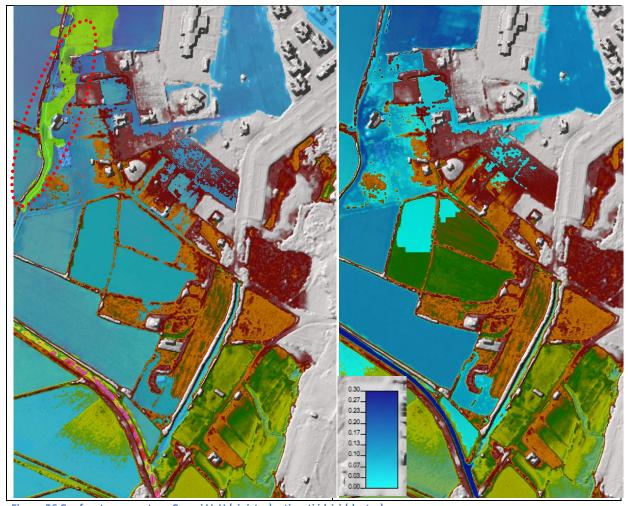
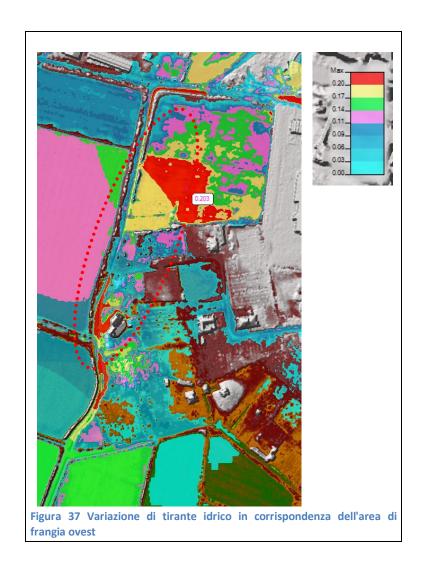


Figura 36 Confronto mappature Campi VxH (sinistra) e tiranti idrici (destra)

Il tratto puntinato è evidentemente il luogo dei deflussi di maggiore rilevanza, si è quindi ritennuto opportuno investigare ulteriormente mediante un'analisi più puntuale dei tiranti idrici, la sucessiva immagine rende conto dei valori assunti dai livelli.

La campitura rossa definisce e conferma quanto su espresso circa la possibile presenza di criticità locali.



Sulla base delle indicazioni altimetriche del suolo e sulla base delle interpretazioni dei campi di velocità e del prodotto velocità per tirante idrico relativi ad un evento cautelativamente duecentenario, si è potuto definire la seguente mappatura dei livelli di pericolosità idraulica.

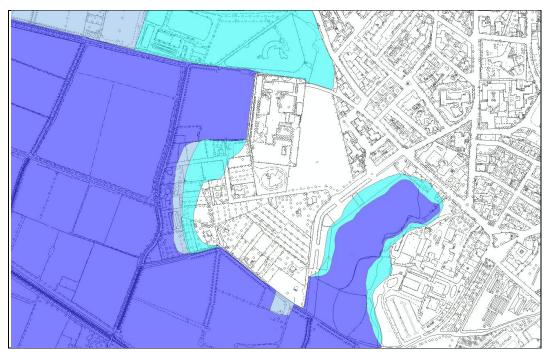


Figura 38 Aree di pericolosità idraulica sul limite sudoccidentale dell'edificato

#### 3.2.5. Area urbana settore orientale

Una ulteriore area sensibile è rappresentata dall'area dell'abitato nell'intorno del del Foro Boario. Sono molteplici ,anche nel recente passato, le notizie di allagamenti anche non riconducibili ad eventi meteorici di estrema intensità ed eventualmente imputabili ad inadeguatezza della rete di smaltimento delle acque bianche.



Figura 39 Area del Foro Boario

Come definito nella sezione relativa allo studio idrologico, la descrizione dei bacini minori ricompresi tra la località de Is Pasturas e Oristano, ovvero le superfici ad est della linea ferroviaria tendono a drenare le acque convogliandole attraverso i due sottopassi ferroviari che diventano in questa maniera sede di concentrazione dei deflussi e punti di immissione verso la città.

Dall'ingresso più a nord i deflussi percorrono la via Galilei e, dopo una curva a destra la via Vandalino Casu.

Dall'ingresso più a sud i deflussi percorrono la via Renato Marrocu sino ad unirisi alla via Vandalino Casu nell'area attigua al Foro Boario.

L'unione dei deflussi provenienti dai due sottopassi ferroviari percorre successivamente la via Sardegna.

I valori dei livelli idrici sono spesso dell'ordine dei 20 - 30 cm per raggiungere successivamente lungo la via Sardegna valori anche maggiori.

Le immagini di seguito consegnate sono rappresentative della viabilità su richiamata in occasione di un

evento meteorologico del 2009. Per facilità di lettura, le frecce indicano i medesimi punti individuati sulle due immagini accoppiate.



Figura 40 Immagini colte da Via Marrocu; a destra via Casu, di fronte via Sardegna (evento meteorico del 14.09.2009).

L'analisi del modello del suolo e l'interpretazione del modello del deflusso superficiale è stata contestuale in quanto trattasi di elementi tra loro non disgiungibili in un'analisi idraulica in contesto urbano. Il punto nevralgico è l'imbocco della via Sardegna, punto che sembrerebbe sede principale dei recapiti delle acque provenienti dal comparto ad ovest de Is Pasturas. La successiva immagine evidenzia come poco a valle del varco, si definisce un piccolo insaccamento prima dell'immissione in via Vandalino casu

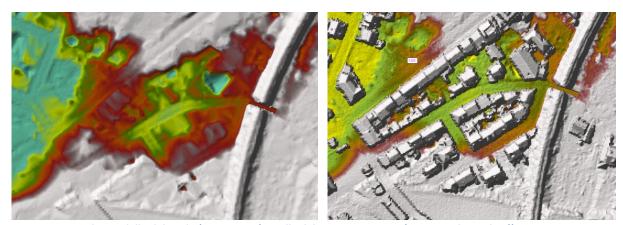


Figura 41 Dettaglio modello del suolo (DTM - DSM) a valle del varco Oiomomia (varco nord -areale B))

 $Nella\ Figura\ 42$  è invece rappresentata una vista globale del centro abitato, la rappresentazione altimetrica evidenzia che , percorsa la via Sardegna, un'area depressa si trova nel contesto individuato con la lettera A in figura.

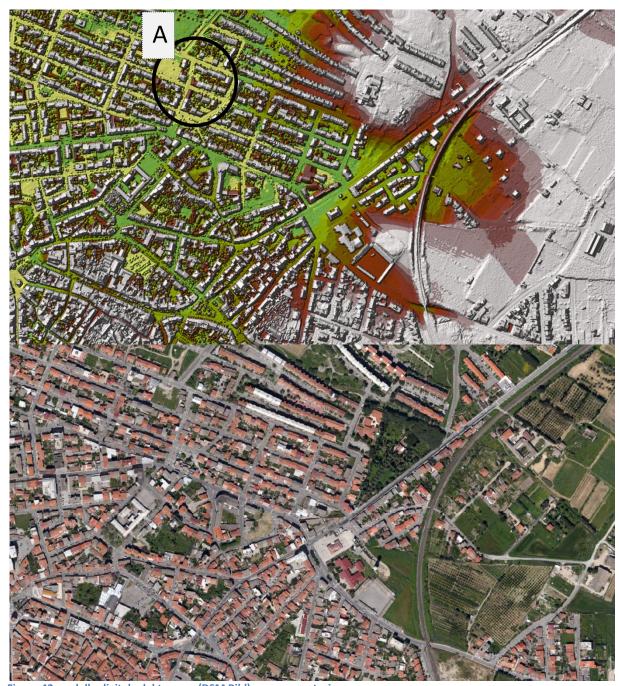


Figura 42 modello digitale del terreno (DSM Bild) e rappresentazione aerea

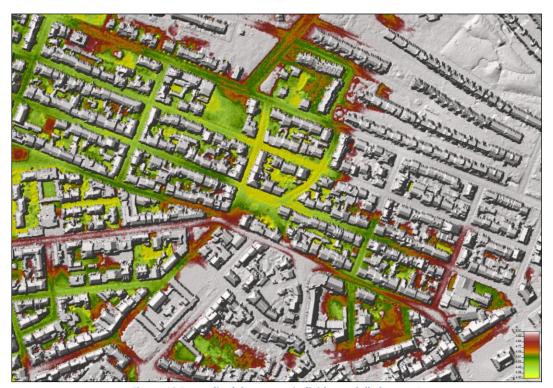


Figura 43 Dettaglio del contesto individuato dalla lettera A

La Figura 44 mostra invece i risultati della modellazione bidimensionale relativi ad un evento meteorologico con tempo di ritorno pari a 50 anni. Secondo la figura i deflussi si immettono all'interno della città attraverso i due varchi della linea ferroviaria.

Il colore giallo intenso è rappresentativo di un'altezza idrica di 5 cm, il colore azzurro intenso invece rappresenta un'altezza d'acqua che va ad aumentare e comunque compreso tra 20 e 70 cm.

Poco a valle dell'ingresso B è evidente un'area con tiranti idrici riguardevoli (l'area evidenziata anche in precedenza e definita *insaccata*); i valori raggiunti sono dell'ordine dei 40 - 50 cm in condizione di massima piena e di rete fognaria oramai incapace di recepire ulteriori portate.

Sempre con riferimento alla Figura 44, per quanto concerne la zona A, la descrizione del sito consegnata in precedenza evidenzia che in corrispondenza del sottopasso la strada percorre una sella e conseguentemente si determina una situazione localizzata di pericolosità idraulica con tiranti idrici che possono superare i 40 cm.

Un ulteriore punto di criticità rilevante consegnato dalla modellazione è, come documentato dalle fotografia, la via Sardegna e la zona del Foroboario; si registrano tiranti idrici dell'ordine dei 50 cm all'imbocco della via Sardegna (zona C).

Successivamente il deflusso va a propagarsi verso l'area di espansione edilizia nell'intorno di Via Umbria, Via Campania ecc..

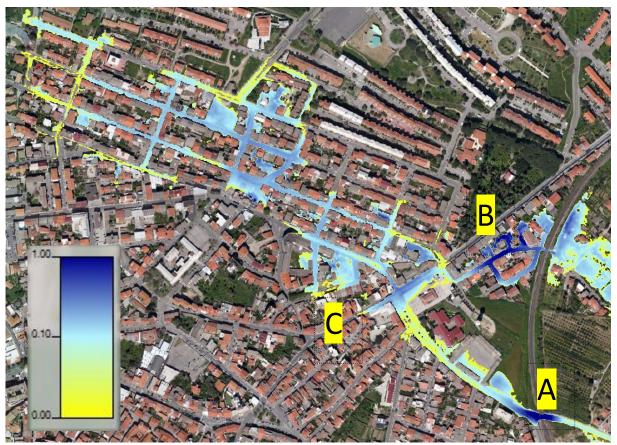


Figura 44 Modellazione 2D su base Dsm

Dall'esame delle carte storiche e dell'immagine aerea del 1954 (v. Figura 46), si può verificare che la zona di via Campania e via Umbria erano oggetto di utilizzo agricolo e costituenti parte integrante di S'Arrodia.

L'intera area è stata sottratta ad un uso agricolo in due fasi successive e, soprattutto la seconda fase ha determinato un aumento della criticità locale in quanto ha eliminato il possibile scorrimento superficiale delle acque dall'area urbanizzata verso le aree libere. La Figura 48 contiene su immagine aerea le due aree edificate, con colore viola è consegnata l'area antropizzata in un secondo momento. La seconda parte della medesima figura evidenzia come la zona in esame sia uniformemente a quota superiore rispetto all'area interna (colore giallo) che a questo punto si trova chiusa tra due alti topografici senza possibilità di smaltimento superficiale.

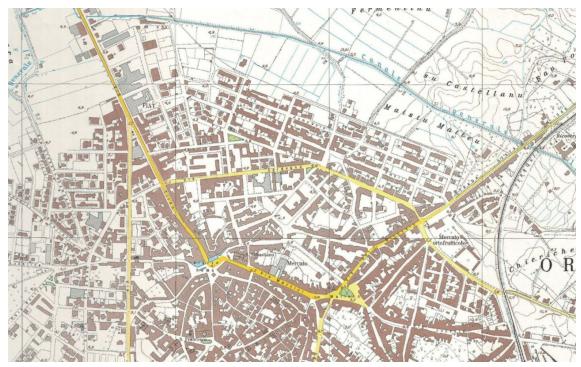


Figura 45 Stralcio Cartografia



Figura 46 Stralcio foto aerea 1954 (in gialle la viabilita e le aree critiche di accumulo idrico))



Figura 47 Su base Google Earth le aree successivamente urbanizzate



Figura 48 confronto altimetrico sulla zona di frangia Nord - S'arrodia

Un'ulteriore esame è stato effettuato sulla base delle valutazioni del parametro RHF di cui ai paragrafi precedenti; quest'ultimo esame da ulteriore conferma delle aree di principale criticita

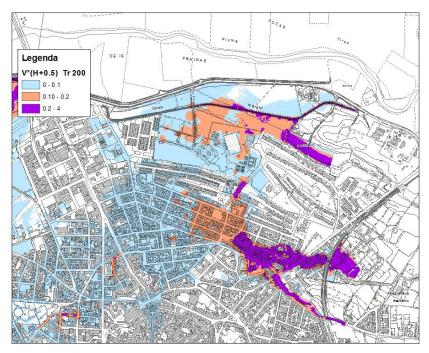


Figura 49 Individuazione valori RHF nel settore est Oristano per Tr= 200 anni

La carta della pericolosità risultante dalla somma delle informazioni su descritte è consegnata nella successiva immagine.

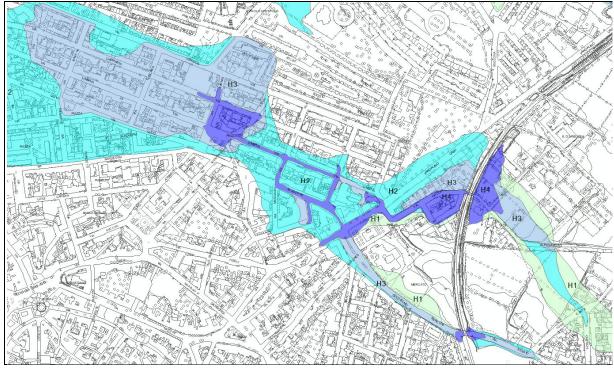


Figura 50 Aree di pericolosità nel settore orientale dell'abitato

## 3.2.6. Area urbana settore orientale Area di Silì.

Come descritto nel paragrafo relativo all'idrografia, l'area di Silì si trova ad accogliere i deflussi ricompresi ad ovest della zona alta de Is Pastura e a sud dell'allineamento Oristano – Simaxis . L'area risulta sostanzialmente chiusa a nord dall'argine sinistro del Tirso, a ovest dall'alto topografico de Sa Marinella e a sud dalla SP 55 con affiancata la linea ferroviaria.

L'unica possibilità di deflusso delle acque è affidato al tratto tombato del colatore sinistro del Tirso nel tratto terminale denominato Canale Torangius, che in corrispondenza dell'ingresso all'abitato di Silì aperto poi tombato e poco a valle procede in galleria. Le dimensioni del condotto non sono tali da garantire un deflusso libero verso valle, ne è riprova una criticità occasionalmente segnalata anche in occasione di eventi di non particolare intensità con coinvolgimento della rete fognaria delle acque bianche del nucleo abitato.

La modalità operativa che si è scelto di adoperare per la valutazione delle aree allagabili fruisce da un approccio riconducibile alla valutazione del volume massimo invasabile.

In particolare si è scomposta l'area in due settori, una valliva, corrispondente all'abitato di Silì e posti ad ovest e ad est della citata SS 131.

In una seconda fase, sulla base delle analisi idrologiche sono state acquisite le informazioni relative alle portate e ai volumi di pioggia attendibili in occasione dei tempi di ritorno di riferimento.

In particolare, per la determinazione delle portate si è individuato il bacino minore scolante sulla porzione ricompresa tra la SS 131 e l'alto topografico Sa Marinella di seguito evidenziato.

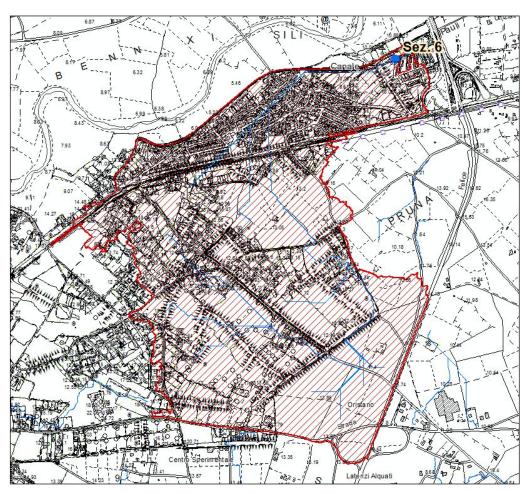


Figura 51 Superficie scolante tra Sa Marinella e la SS 131

Successivamente, dalle elaborazioni idrologiche, è stato individuato quale bacino campione il Bacino 6.

Tale bacino è stato utilizzato al fine dell'applicazione del metodo del contributo unitario e per stimare i volumi potenzialmente drenanti nelle aree in esame. Di seguito è riportata la tabella rappresentativa della valutazione effettuata per determinare il volume drenante nell'area di Silì.

	AREA DEL BACINO	Portata Tr 50	Portata Tr 100	Portata Tr 200	Portata Tr 500	Valore Tc adottato
	Km <sup>2</sup>	m³/s	m³/s	m³/s	m <sup>3</sup> /s	
6	2.28	17.19	20.36	23.56	27.81	1.17
Tc [	sec]	4212	4212	4212	4212	
	Assumendo un idrogramma di piena triangolare con tempo di ascesa pari a Tc e tempo di esaurimento pari a 2xTc si determinano i valori del volume della portata di piena					
V [m <sup>3</sup> /s]		108 606	128 634	148 852	175 704	
V [m³/s]/Km²		47 634	56 419	65 286	77 063	

In una fase successiva sono state individuate, mediante l'utilizzo del DTM1m laddove possibile e in alterativa del DTM10m, le aree che per condizioni orografiche andrebbero a drenare verso la zona retrostante l'argine sinistro.

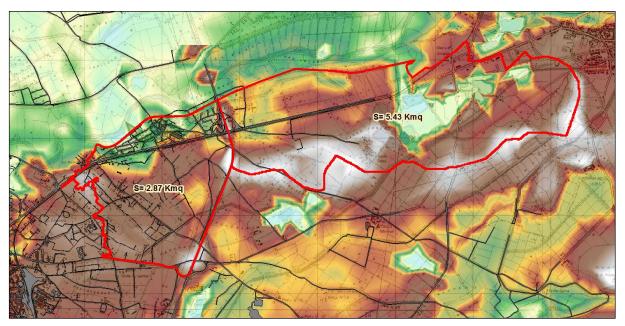


Figura 52 Bacini idrografici su base DTM 10m

Sulla base di quanto rappresentato in figura, la superficie drenante a monte della SS 131 risulta di 5.43 Km², la superficie a valle della SS 554 risulta invece di 8.3 Km² (2.87 + 5.43 Km²).

Pur rilevando la forte presenza di cave e risaie che determinano una riduzione della capacità di deflusso dell'area a seguito di fenomeni di invaso naturale, a fini cautelativi si assume che queste condizioni siano ininfluenti, si assume quindi che il volume idrico drenato dalle superfici sia proporzionale alle superfici scolanti, valgono quindi le seguenti condizioni:

Tabella 4 Volumi idrici drenanti per i vari tempi di ritorno

rabella i volani lanera en en anti per i van tempi arritorno					
	AREA DEL BACINO	Volume Tr 50	Volume Tr 100	Volume Tr 200	Volume Tr 500
	Km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
V [m³/s]/Km²		47 634	56 419	65 286	77 063
Tratto a est della SS 131	5.43	258 655	306 353	354 503	418 452
Tratto a ovest della SS 131	8.3	395 365	468 275	541 874	639 623

I valori in azzurro rappresentano quindi i volumi idrici drenati verso le aree a monte e a valle della SS 131. La determinazione delle aree allgabili a est e ad ovest della SS 131 verrà effettuata come segue:

a) Allagamento dell'area ad est della SS 131: il volume drenato a monte della SS 131 permane a monte della stessa invasando nella suddetta area; le caratteristiche morfologiche rappresentative della capacità di invaso dell'area sono determinate dalla curva dei volumi di invaso che si consegna:

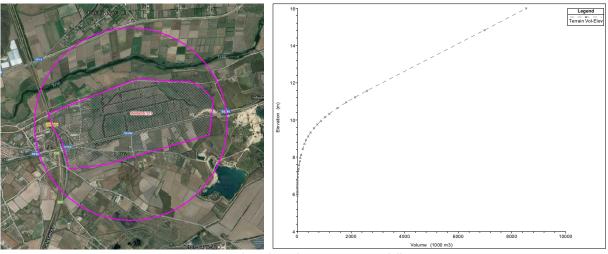


Figura 53 Curva dei volumi di invaso a monte della SS 131

Nella successiva tabella si individuano a quale quota del pelo libero si attestano i volumi di piena calcolati per i differenti tempi di ritorno.

Tabella 5 Curva dei volumi di invaso in forma analitica

V [mc]	x H [m]	Tempi di ritorno	V [mc] x 1000	Н
1000		di riferimento		
0.000	5.940		198.576	8.
0.008	6.031		260.792	8.
0.047	6.093		325.062	8.9
0.135	6.158		398.614	9.3
0.259	6.213		501.316	9.3
0.775	6.349		615.563	9.5
1.487	6.470		739.700	9.
2.302	6.560		501.316	9.3
3.353	6.642		615.563	9.5
4.569	6.708		739.700	9.7
6.051	6.764		874.303	9.9
12.438	6.927		1031.924	10
21.435	7.096		1194.360	10
32.109	7.248		1491.220	10
44.344	7.391		1818.127	10
62.541	7.566		2150.244	11
88.272	7.780		2596.858	11
112.491	7.959		6968.337	14
137.370	8.120		8539.200	16

V [mc] x 1000	H [m]	Tempi di ritorno
		di riferimento
198.576	8.453	
260.792	8.715	Tr 50
325.062	8.928	Tr100
398.614	9.119	Tr 200 - Tr 500
501.316	9.345	
615.563	9.559	
739.700	9.760	
501.316	9.345	
615.563	9.559	
739.700	9.760	
874.303	9.951	
1031.924	10.153	
1194.360	10.338	
1491.220	10.641	
1818.127	10.943	
2150.244	11.223	
2596.858	11.573	
6968.337	14.830	
8539.200	16.000	

Si consegnano in figura le aree interessate da una quota nell'interno dei 9 m, ovvero la quota del terreno che soggiace il livello idrico di massimo invaso a monte della SS 131.

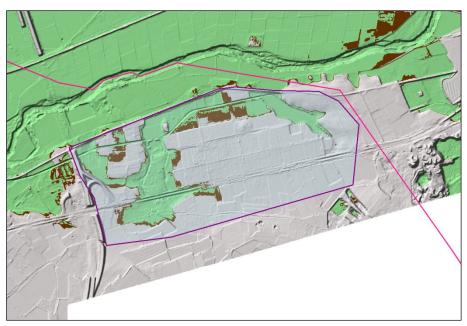


Figura 54 Impronta delle aree allagabili (colore verde)su Dtm 1m – Area analizzata in celeste limitata alla SS 131

<u>b)</u> Allagamento dell'area ad ovest della SS 131: La modalità di calco è il medesimo rispetto al punto precedente. In questo caso si assume che la SS 131 non funge da impedimento al deflusso. Il volume drenato andrà spalmarsi su un'area a cavallo della SS 131 assumendo un'unica piezometrica; le caratteristiche relative all'area di invaso sono di seguito rappresentate.

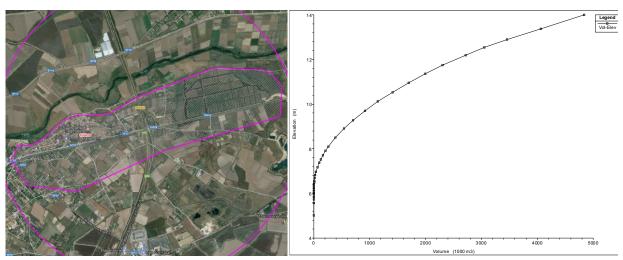


Figura 55 Curva dei volumi di invaso

Individuazione dei livelli idrici relativi ai volumi drenati per i vari tempi di ritorno.

Tabella 6 Curva dei volumi di invaso in forma analitica

V [mc] x	H [m]	Tempo	di
1000		ritorno	
0.000	5.020		
0.010	5.560		
0.050	5.730		
0.110	5.850		
0.200	5.950		
0.290	6.020		
0.400	6.080		
0.780	6.170		
1.420	6.260		
2.370	6.340		
3.550	6.410		
5.470	6.490		
7.890	6.560		
15.180	6.690		
25.540	6.830		
39.920	6.970		
64.850	7.170		
94.580	7.370		

V [mc] x 1000	H [m]	Tempo di ritorno
122.670	7.530	
160.730	7.710	
209.380	7.910	
262.070	8.100	
387.210	8.500	Tr 50
535.620	8.900	Tr 100 - Tr 200
704.000	9.280	Tr 500
913.690	9.710	
1143.380	10.120	
1407.070	10.540	
1695.920	10.960	
1992.640	11.360	
2302.870	11.740	
2714.880	12.200	
3047.840	12.540	
3456.340	12.900	
4064.020	13.380	
4841.130	14.000	

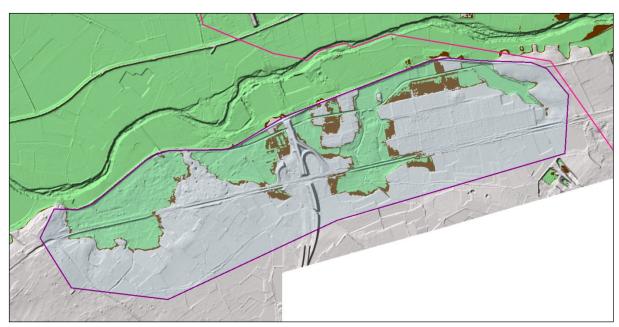


Figura 56In verde le aree a quota inferiore a 8.5 slm, in marrone le aree a quota inferiore a 8.9 slm - Area analizzata in celeste estesa oltre la SS 131

Lo scenario risultante è il seguente: al suo interno con colorazione dall'azzurro al celeste sono qualitativamente individuate le quote relative alle sommergente per i vari tempi di ritorno.

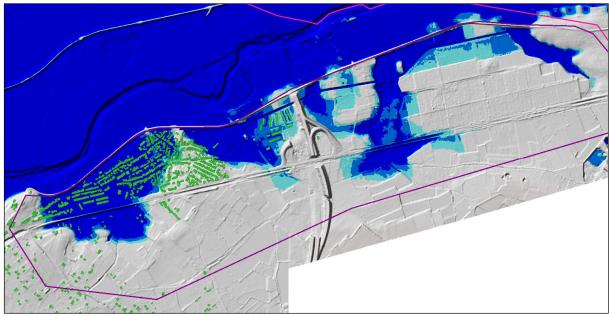


Figura 57 Rappresentazione indicativa delle aree allagabili in funzione della quota slm

La veduta globale dell'allagamento dell'area è consegnata nella sucessiva immagine.

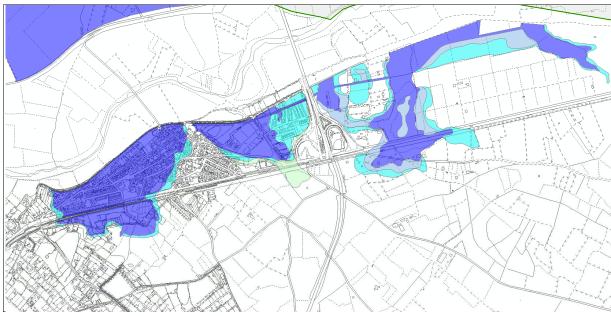


Figura 58 Aree di pericolosità idraulica nelle aree contermini Silì

## 4. CONDIZIONI DI VINCOLO ESISTENTI

La trattazione su esposta non ha opportunamente tenuto conto degli effetti di pericolosità idraulica determinati dalle portate veicolate dal Fiume Tirso. Il presente documento recepisce infatti integralmente quanto consegnato nell'ambito del Progetto di Piano Stralcio delle Fasce Fluviali adottato con Delibera n.1 del 20.06.2013 e con Delibera n.1 del 05.12.2013 a cui si rimanda per le specifiche indicazioni.

La documentazione cartografica allegata alla presente conterrà una rappresentazione grafica delle aree di pericolosità idraulica individuate dal PSFF e recepite successivamente nell'ambito del PGRA, e, unitamente ad essa, una carta inviluppo della pericolosità studiata e del regime vincolistico vigente.

Ulteriori elaborazioni del presente documento potranno recepire quanto emergerà dalle risultanze del redigendo *Progetto di Piano di Gestione del Rischio Alluvioni, Scenario 0*.

IL regime dei vincoli che scaturisce dal presente documento contempla quindi quanto emerge dalle modellazioni idrologiche e idrauliche e quanto indicato dal sistema dei vincoli preesistenti

## 5. CONDIZIONI DI VINCOLO PROPOSTE

Il quadro complessivo della pericolosità definita all'interno del territorio Comunale è determinato dall'inviluppo dei vincoli definiti nell'ambito degli studi approvati e dagli scenari di pericolosità riscontrati all'interno del presente studio.

Ciò che emerge è sostanzialmente uno scenario di criticità complessivo originato dalle seguenti condizioni

- Il deflusso veicolato dal Fiume Tirso nel territorio di Oristano è un elemento che direttamente non determina scenari di criticità in sponda sinistra, viceversa, in sponda destra sono ampie le aree compromesse per inadeguatezza del sistema arginale. inoltre, il sistema arginale stesso impedisce i deflussi verso il Tirso determinando criticità diffuse legate al reticolo minore sia in sponda destra che in sponda sinistra.
- I deflussi del reticolo minore esistente, in sponda destra è costituito dagli elementi riconducibili al sistema Rio S'Aoru /Tanui e che in sponda sinistra richiama i rii Spinarba, Merd'eCani e Sa Murta, come visto, sono elementi idrici caratterizzati da un bassissimo gradiente, con inadeguatezza della sezione d'alveo che determina diffuse condizioni di criticità con vaste aree interessate, con tiranti idrici non rilevanti e basse velocità:
- I deflussi del reticolo minuto esistente, che in sponda sinistra, è costituito dagli elementi ricompresi tra l'argine sinistro e lo spartiacque che idealmente percorre il territorio in direzione est

ovest lungo l'allineamento Simaxis-Oristano. Il sistema dei deflussi che originariamente andava a defluire sul Tirso viene ora dirottato su un colatore sinistro che passando a nord di Siliì prosegue verso ovest col nome di Canale Torangius sino a sfociare in area Pesaria dopo aver tagliato l'aread i S'Arrodia. La presenza di tratti tombati e di scarsissime pendenze determina vaste aree di criticità lungo il percorso.

- Sistema dei deflussi afferenti allo Stagno di Santa Giusta. Sono riconducibili ai rii Merd'e Cani e Roia Sa Murta provenienti dai versanti di Monte Arci, e dal Rio Spinarba che ha origine nelle aree di attività risicola di Simaxis. In entrambi i casi le portate non sono esigue, soprattutto per i primi, la criticità diffusa è legata alla progressiva riduzione del gradiente idraulico nell'incedere dei rii verso lo stagno di Santa Giusta.
- Deflussi superficiali delle aree ad est di Oristano. Si tratta di aree di ridotte dimensioni che dalla località de Is Pasturas determinano scorrimenti superficiali verso l'abitato. Le criticità che vengono determinate sono caratterizzate da esigui tiranti idrici e modeste velocità, eccezion fatta per situazioni singolari in cui il deflusso p confinato entro passaggi stretti (attraversamenti ferroviari). I deflussi vanno ad interessare l'abitato di Oristano ricollegandosi verso nord in direzione s'Arrodia.
- Area di S'arrodia, è un sistema particolare caratterizzato da ridotte condizioni di pendenza è quote sul livello del mare anch'esse ridotte. Si verificano situazioni di pericolosità idraulica diffusa soprattutto a causa della difficoltà con le quali le portate effluenti possono essere riconsegnate ai corpi recettori. Sono inoltre presenti deflussi provenienti dall'abitato che vanno ad interessare le are periurbane della città andando ad interessare spazi contermini ai naturali canali di evacuazione superficiale.