



CIUTAT DE L'ALGUER
CITTA' DI ALGHERO

COMUNE DI ALGHERO

PROVINCIA DI SASSARI



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO ai sensi dell'art.8 comma 2 bis delle N.A. del PAI (rev. 03.05.2018)

Area di indagine: perimetro soggetto a Variante del Piano di Conservazione
e Valorizzazione delle Bonifiche (P.C.V.B.)

STUDIO ASSETTO IDRAULICO

ELABORATO :			
RELAZIONE GENERALE			
REVISIONI			
n°	MODIFICA	DATA	CTRL
01	Consegna	Ottobre 2017	FC
02	Aggiornamento ADIS	Giugno 2018	FC
ALLEGATO			
A			
SCALA			
CODICE			
NOTE			

I Professionisti incaricati :
Ing. Fabio Cambula

Geol. Alessandro Muscas

Arch. Laura Carbini

Il Dirigente
Ing. Giovanni Luca Balzano

Ufficio del Piano Urbanistico
Ing. Fabio E. M. Spurio
Geom. Franco Cherchi

Il Sindaco:
Dott. Mario Bruno

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018

Sommario

1	PREMESSA.....	2
2	RICHIESTA DI CHIARIMENTI E INTEGRAZIONI DA PARTE DELL'AGENZIA DEL DISTRETTO IDROGRAFICO REGIONALE (ADIS).....	4
2.1	Canale urune: confronto tra le portate del PSFF e quelle dello Studio	6
2.2	Caratteristiche dei corsi d'acqua studiati.....	13
3	ASPETTI METODOLOGICI GENERALI	24
4	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO	25
4.1	Inquadramento geografico.....	25
4.2	Rilievi geomorfologici e Cartografici	26
5	RILIEVI DI DETTAGLIO.....	27
5.1	Rilievi topografici.....	27
6	ANALISI DEI BACINI IDROGRAFICI E METODOLOGIA DI CALCOLO DELLE PORTATE.....	28
6.1	Premessa	28
6.2	Calcolo Dell'altezza Di Pioggia.....	29
6.3	Calcolo delle portate di piena	30
6.4	METODOLOGIA DI ANALISI IDRAULICA	37
7	CONCLUSIONI	43

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018

1 PREMESSA

La presente relazione illustra la metodologia di lavoro e le elaborazioni oggetto dello Studio di Assetto idraulico esteso alla porzione del territorio comunale di Alghero inclusa all'interno del perimetro del Programma di Conservazione e Valorizzazione delle Bonifiche (PCVB) oggetto di una Variante Urbanistica; l'area in esame è situata nel settore occidentale, a ovest dello Stagno di Calich.

Lo Studio è stato redatto, unitamente a quello relativo all'assetto geologico, per ottemperare alle prescrizioni dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) aggiornate definitivamente il 03 Maggio 2018 in concomitanza della Variante del P.C.V.B. e ha lo scopo di attestarne la sostenibilità dal punto di vista delle criticità di tipo idraulico. L'articolo 8 ai commi 2, 2bis e 2 ter recita:

*2. Indipendentemente dall'esistenza di aree perimetrare dal PAI e tenuto conto delle prescrizioni contenute nei piani urbanistici provinciali e nel piano paesaggistico regionale relativamente a difesa del suolo, assetto idrogeologico, riduzione della pericolosità e del rischio idrogeologico, i **Comuni**, con le procedure delle varianti al PAI, assumono e valutano le indicazioni di appositi studi comunali di assetto idrogeologico concernenti la pericolosità e il rischio idraulico, in riferimento ai soli elementi idrici appartenenti al reticolo idrografico regionale, e la pericolosità e il rischio da frana, riferiti a tutto il territorio comunale o a rilevanti parti di esso, anche in coordinamento con gli altri Comuni confinanti. Gli studi comunali di assetto idrogeologico considerano, inoltre, il fenomeno delle inondazioni costiere, definiscono gli interventi di mitigazione e contengono anche le valutazioni afferenti agli studi dei bacini urbani di cui al comma 5 bis seguente.*

***2bis.** Gli studi comunali di assetto idrogeologico sono redatti, in ogni caso, in sede di adozione di nuovi strumenti urbanistici e di varianti generali agli strumenti urbanistici vigenti. Le conseguenti valutazioni, poste a corredo degli atti di piano costituiscono presupposto per le verifiche di coerenza di cui all'articolo 31, comma 5 della legge regionale 22.4.2002, n. 7 (legge finanziaria 2002). Il presente comma trova applicazione anche nel caso di variazioni agli strumenti urbanistici conseguenti all'approvazione di progetti ai sensi del DPR 18.4.1994, n. 383, "Regolamento recante disciplina dei procedimenti di localizzazione delle opere di interesse statale".*

***2 ter.** **Gli studi comunali di assetto idrogeologico** sono redatti obbligatoriamente anche in sede di adozione di nuovi strumenti urbanistici di livello attuativo e specificano con maggior dettaglio le risultanze degli studi di cui al comma 2 bis.*

3. Gli studi di cui ai commi 2 bis e 2 ter analizzano le possibili alterazioni dei regimi idraulici e della stabilità dei versanti collegate alle nuove previsioni di uso del territorio, con particolare riguardo ai progetti di insediamenti residenziali, produttivi, di servizi, di infrastrutture.

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018

Il lavoro pertanto è finalizzato a valutare la pericolosità idraulica all'interno dell'area oggetto di pianificazione in accordo con le metodologie previste nel vigente Piano di Assetto Idrogeologico (PAI). Lo studio in oggetto sarà strumento indispensabile nel valutare le possibili alterazioni dei regimi idraulici in seguito a nuove previsioni di uso del territorio nell'ambito della Pianificazione Comunale.

Gli scriventi ing. Fabio Cambula, geol. Alessandro Muscas e Arch. Laura Carbini, riuniti in R.T.P., hanno ricevuto l'incarico dall'Amministrazione comunale con determinazione del Dirigente del settore Urbanistica a seguito di RdO del 24/04/2017 tramite MEPA.; la parte geologica del lavoro è curata dal Dott. Geol. Alessandro Muscas, incluso nel R.T.P..

Lo Studio ha come risultato principale la definizione delle aree a pericolosità idraulica originate dalle piene eccezionali (tempi di ritorno di 50-100-200-500 anni) delle aste torrentizie, mediante analisi ed elaborazioni di maggiore dettaglio rispetto a quelle effettuate in sede di redazione del PAI vigente o del PSFF; la nuova mappa sarà utilizzata per valutare le iniziative e le trasformazioni ed in generale la fruizione della porzione di territorio oggetto di pianificazione e al tempo stesso si costituirà la base propedeutica per sviluppi ed aggiornamenti successivi.

Le nuove aree saranno introdotte nel quadro delle pericolosità in vigore, per il caso in esame quelle adottate nel Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) e temporaneamente coesisteranno con esse, determinando nuovi perimetri di salvaguardia detti di "involuppo" tra le varie configurazioni progressivamente adottate; tali limiti sono provvisori e rappresentano la condizione di massima salvaguardia in attesa della definitiva adozione della Variante del PAI a seguito di Studio di maggiore dettaglio. A seguito dell'approvazione dello Studio da parte del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino regionale, sarà attivato il regime di salvaguardia che consentirà di applicare nelle aree interessate dalla pericolosità idraulica la disciplina di cui agli articoli dal 27 al 33 delle N.A. e darà l'avvio al percorso della **Variante del PAI ai sensi dell'art 37 comma 3** delle N.A. (*Varianti del PAI per Studi di maggior dettaglio*), che con l'adozione definitiva sancirà il quadro delle pericolosità e del rischio idraulico aggiornati, annullando i perimetri degli studi meno recenti e superati da quelli nuovi e più dettagliati.

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018

2 RICHIESTA DI CHIARIMENTI E INTEGRAZIONI DA PARTE DELL'AGENZIA DEL DISTRETTO IDROGRAFICO REGIONALE (ADIS)

Con nota del 23.04.2018 n. prot. 3279, l'Agenzia del Distretto Idrografico ha formulato la richiesta di alcuni chiarimenti ed integrazioni, riferiti ad aspetti riferibili all'editing dei documenti e ad aspetti sostanziali inerenti il lavoro proposto.

In particolare la nota chiede di:

- a) indicare in tutte le tavole grafiche il perimetro del PCVB oggetto di Variante Urbanistica, limitando la suddivisione delle tavole stesse al suddetto perimetro;
- b) chiarire in breve la natura dei corsi d'acqua esaminati in relazione all'appartenenza alla rete idrografica naturale o alla realizzazione di canali artificiali;
- c) completare l'analisi del reticolo idrografico con l'esame di due affluenti in destra del Rio Filibertu ed in sinistra del Canale Urune anche in considerazione della presenza di attraversamenti di strade principali (SS 291);
- d) motivare la scelta di aver studiato il Canale Urune, già studiato nel PSFF in vigore, e al tempo stesso di non aver ristudiato gli altri corsi d'acqua già inclusi nel PSFF quali il Rio Barca, il Rio Filibertu e il Rio Sassu; inoltre si chiede la motivazione della differenza di portata per il Canale Urune tra il presente Studio e il PSFF;
- e) introdurre nel report delle schede monografiche dei manufatti rilevati anche il riferimento del nome del corso d'acqua utilizzato nelle altre parti del lavoro, utilizzando codifiche coerenti tra i vari elaborati proposti;
- f) verificare alcune incongruenze nell'allegato C "report calcoli idraulici" e di precisare le informazioni inerenti i rilievi effettuati.

Si riportano di seguito puntualmente i riscontri ai suddetti aspetti, rimandando agli elaborati per gli approfondimenti.

- a) è stato inserito il perimetro dell'area del PCVB oggetto di pianificazione; la suddivisione delle tavole che riportano la pericolosità idraulica è stata effettuata limitatamente alla zona del PCVB, includendo soltanto i corsi d'acqua interni a tale perimetro;
- b) nella presente relazione è stato inserito un paragrafo, cui si rimanda, che descrive **la natura dei corsi d'acqua esaminati**; in sintesi è stato possibile constatare che in linea generale le aste studiate seguono il reticolo naturale, per quanto scorrano in una vasta area pianeggiante caratterizzata da pendenze bassissime; i rami periferici di monte del Canale Urune e gli affluenti del Rio Filibertu presentano sono ricavati tra i confini dei poderi

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018

secondo andamenti ottenuti con interventi artificiali, verosimilmente risalenti alla realizzazione delle bonifiche. Le incisioni considerate sono comunque presenti nelle cartografie ufficiali, ad iniziare da quelle I.G.M. in scala 1:25.000. In nessun caso sono stati osservati rivestimenti artificiali; in generale i canali si presentano gravati da fitta vegetazione e con segni di manutenzione in corrispondenza degli attraversamenti della viabilità principale. Si osservi che nell'area sono presenti vari altri tratti di canali certamente non ricadenti nel reticolo naturale e privi di bacino idrografico proprio derivante dalla morfologia del terreno, realizzati all'epoca delle bonifiche; tuttavia non sono stati considerati nelle simulazioni effettuate in quanto di sezione scarsamente significativa rispetto alle portate in gioco ed in ogni caso nella consapevolezza che la loro funzione sia di drenaggio superficiale di portate ordinarie e non di trasferimento di portate di piena eccezionale come quelle studiate.

- c) è stata completata l'analisi del reticolo idrografico introducendo le **fasce di prima salvaguardia** ai sensi **dell'art. 30ter delle N.A. del PAI** per 3 aste affluenti in destra del Rio Filiberto censite nel database ufficiale del reticolo idrografico regionale; tale scelta è stata ritenuta sufficientemente cautelativa considerando che le aste presentano scarsa incisione, bacini idrografici modesti e non attraversano elementi della viabilità principale; trattandosi di aste classificate al livello 1 secondo l'ordine gerarchico di Horton-Strahler, è stata istituita una fascia di profondità pari ad 10.00 metri lungo entrambi i lati a partire dall'asse. All'interno di tale settore vale la disciplina di cui all'art. 27 delle N.A. del PAI che governa le aree a pericolosità idraulica molto elevata (Hi4); eventuali interventi all'interno della fascia di salvaguardia dovranno essere preceduti da appositi studi idrologici-idraulici volti a determinare le effettive aree di pericolosità secondo i canonici livelli corrispondenti ai tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni. Per quanto concerne **l'affluente di monte in destra del Canale Urune (asta 090003_78574)**, è stato necessario sviluppare lo Studio secondo la metodologia completa per omogeneità con la restante parte del Corso d'acqua principale di cui sono state ridefinite le aree a pericolosità idraulica con l'impiego del rilievo di dettaglio disponibile presso il Comune di Alghero e delle informazioni derivanti dagli approfondimenti in campo.
- d) nel lavoro proposto si è scelto di ristudiare e rimodellare **l'asta principale del Canale Urune** sebbene studiata nel PSFF nella convinzione di ottenere una mappatura delle aree di allagamento più affidabile e rispondente al fenomeno reale di quanto non sia nel suddetto Piano in vigore. La motivazione principale risiede nella disponibilità di un rilievo di dettaglio messo a disposizione dal Comune di Alghero esteso proprio al settore pianeggiante lungo l'Urune, costituito da una "nuvola" di punti quotati molto fitta e in grado

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018

di produrre un modello digitale del terreno molto preciso. Tale rilievo di dettaglio non è disponibile per le altre aste fluviali studiate dal PSFF (Rio Filiberto, Rio Barca, Rio Sassu) ed in tal senso si è ritenuto che non potessero esserci modifiche significative nei risultati per lo scopo del presente lavoro. Si osservi che nella revisione dello studio del Canale Urune, è stata utilizzata la metodologia prevista dalle N.A. del PAI; in particolare sono state seguite le indicazioni dell'Autorità di Bacino che negli anni si sono progressivamente consolidate e che sono state codificate nelle recenti Direttive, per quanto concerne la scelta dei parametri quali il **Curve Number ed il Tempo di Corrivazione** orientati ad assicurare la massima salvaguardia dai fenomeni di piena eccezionale, considerando condizioni di saturazione del suolo, impermeabilità e rapidità di deflusso delle portate studiate, nell'ottica cautelativa; ciò spiega i maggiori valori di portata rispetto a quelli ottenuti nel PSFF. All'uopo è stata effettuata un'analisi comparativa tra i due Studi, confrontando i bacini idrografici esaminati e i valori dei principali parametri. Per i dettagli si rimanda al paragrafo 2.1 seguente. Inoltre si è proceduto ad effettuare una scomposizione dei bacini idrografici della parte di monte del Canale Urune (aste 090003_78574 e Asta 1), fissando nuove sezioni di chiusura in corrispondenza delle confluenze di monte e non soltanto in corrispondenza dell'attraversamento situato alla progressiva 7726.39; in tal modo sono state attribuite ai singoli tratti del corso d'acqua le portate effettivamente contribuenti.

- e) Nell'allegato delle schede monografiche dei manufatti rilevati, sono stati inseriti i riferimenti ai nomi dei corsi d'acqua e resi omogenei i nomi delle aste oggetto di studio coerentemente con il database ufficiale della Regione Sardegna. In nessuno degli attraversamenti studiati è rispettato il franco idraulico di legge sulla portata duecentennale ad eccezione del viadotto lungo la S.S. 291-Dir a monte dello Stagno di Calich (sez. progressiva del modello n. 469.6844 – asta 4 del Canale Urune);
- f) sono state eliminate le incongruenze tra gli elaborati e completato il report dei calcoli idrologici con i sub-bacini studiati.

2.1 CANALE URUNE: CONFRONTO TRA LE PORTATE DEL PSFF E QUELLE DELLO STUDIO

Come accennato al paragrafo precedente, si è ritenuto necessario rivalutare le aree di allagamento associate al Canale Urune in virtù della disponibilità di una base dati relativa al rilievo del terreno più fitta e precisa rispetto a quella della Carta Tecnica Regionale (CTR) in scala 1:10.000 utilizzato nel PSFF; tale rilievo è stato fornito dal Comune di Alghero e si riferisce al settore pianeggiante del primo tratto di monte del Canale Urune lungo circa 2 km.

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018

La rivalutazione ha comportato il calcolo delle portate di piena seguendo la metodologia del PAI, inclusi i recenti indirizzi dell'Agenzia del Distretto Idrografico sui valori da adottare per il CN e per il calcolo del tempo di corrivazione.

I fattori principali che influiscono in maniera preponderante sulle differenze ottenute sono i seguenti:

- Le dimensioni del bacino idrografico sotteso alla sezione di riferimento comune;
- I valori del CN.

Bacini idrografici

Se si concentra l'attenzione sulle aree di allagamento della porzione più a monte, particolarmente pianeggiante e soggetta a aree a pericolosità molto estese, si osserva che la sezione di chiusura per il sub-bacino "Urune Asta 1" (progressiva n. 7726.39) è stata individuata in corrispondenza dell'attraversamento stradale lungo una delle strade comunali di penetrazione agraria e coincide sostanzialmente con la sezione D del PSFF.

E' stato effettuato anche il confronto globale dell'intero bacino chiuso allo sbocco del Canale Urune nello Stagno di Calich.

Sintesi dei confronti:

- il bacino complessivo del PSFF risulta di dimensioni inferiori rispetto a quello delimitato nello Studio di dettaglio (46 kmq in luogo di 48 kmq), con una differenza importante lungo il displuvio ad Est (in diminuzione) ed una lungo il displuvio ad Ovest (in aumento);
- il sub-bacino chiuso in coincidenza con la sezione D del PSFF corrispondente a quello denominato "Urune Asta 1_progress. 7726.39" ha dimensioni molto più elevate (13 kmq contro circa 8 kmq) e presenta forma molto diversa;
- nella tabella seguente si riporta la corrispondenza tra tutti i sub-bacini studiati con quelli del PSFF.

progressiva sez. di chiusura	STUDIO DI DETTAGLIO	PSFF
9147.65	Urune_asta 78574	D
8307.65	Urune_asta 1	
7726.39	Urune_asta 1	
5733.93	Urune_asta 1	F
1025.2	Urune_asta 3	I
17.42	Urune_asta 4	M

COMUNE DI ALGERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
 Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018

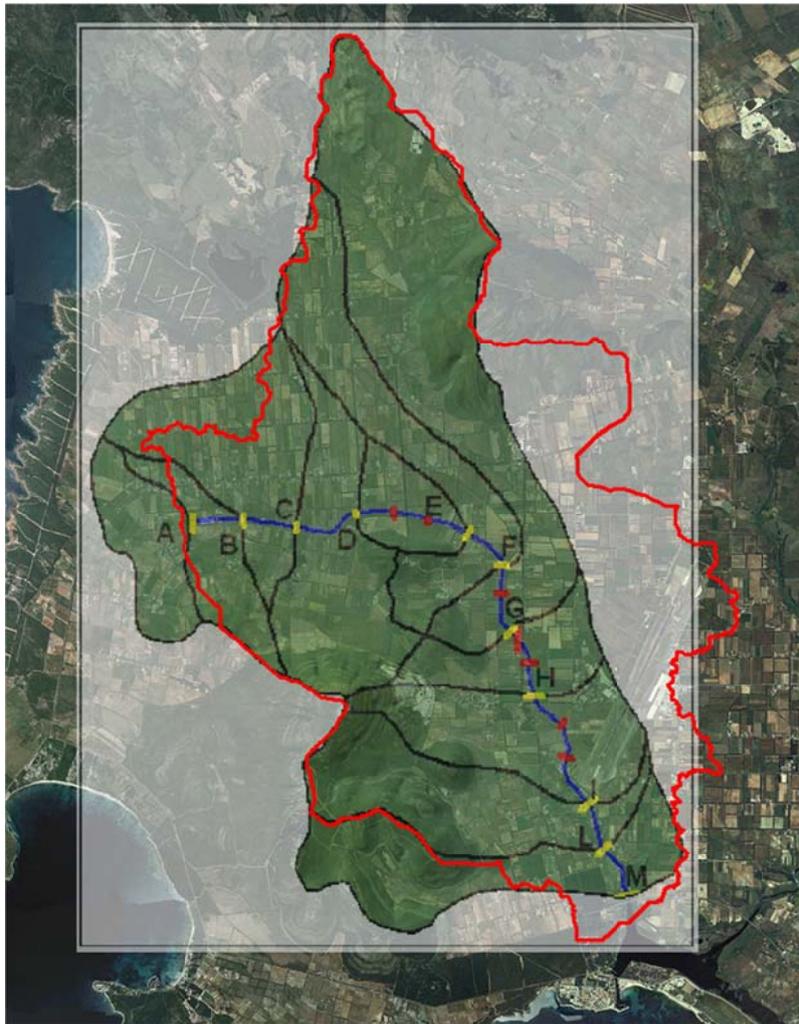


Figura 1 – confronto del bacino completo del Canale URUNE tra Studio (in rosso) e PSFF

Sezione	S [km ²]	Hmin [m s.m.]	Hmax [m s.m.]	Hmedia [m s.m.]	L [km]	i [m/m]
A	2,2	34	90	62	1,3	0,04
B	4,2	32	120	76	2,0	0,04
C	8,8	30	120	75	2,7	0,03
D	13,6	30	436	233	3,7	0,08
E	15,1	26	436	231	5,3	0,08
F	20,0	23	436	230	5,9	0,07
G	30,7	22	436	229	6,8	0,06
H	32,9	21	436	229	7,8	0,05
I	37,2	12	436	224	9,6	0,04
L	41,8	5	436	221	10,3	0,04
M	46,4	4	436	220	11,0	0,04

Figura 2 – dati sub-bacini del PSFF

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018

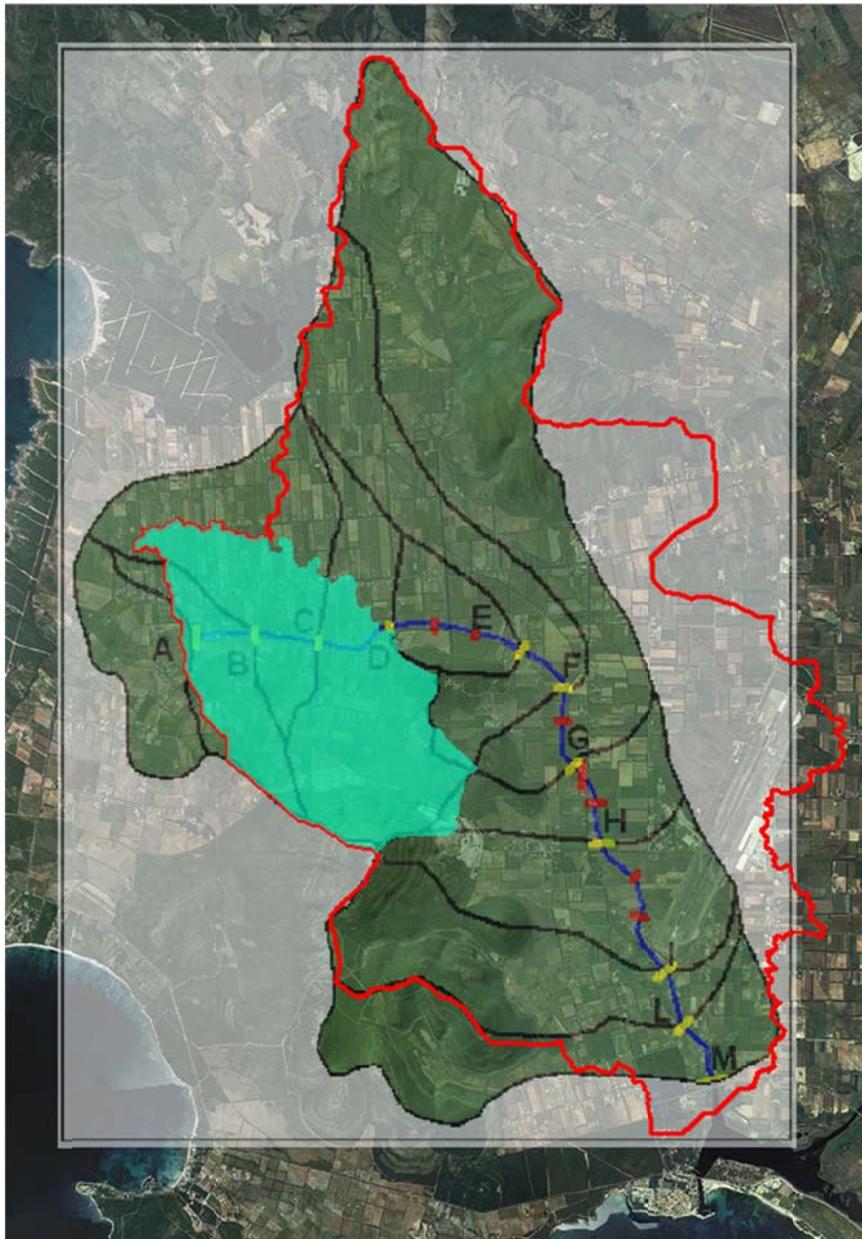


Figura 3 – confronto tra il sub-bacino Urune asta 1 e i corrispondenti del PSFF

Valutazione del CN

Il parametro che condiziona maggiormente i valori di portata è il Curve Number; nello Studio si è preferito adottare il principio di massima cautela in mancanza di riferimenti di campo sufficientemente diffusi ed affidabili in materia di permeabilità per una superficie di rilevante estensione e oggettivamente con attitudine al ristagno idrico (zona paludosa oggetto di bonifica); sono stati considerati quindi suoli con bassissima capacità di infiltrazione molto impermeabili e assimilabili a quelli di tipo argilloso (suoli di tipo D) che inducono valori elevati del CNII e suoli sostanzialmente saturi al momento dell'arrivo della piena (CNIII con condizioni peggiori dovute a pioggia caduta da oltre 5 ore).

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018

Il PSFF per i bacini in esame non utilizzò il medesimo principio, ottenendo portate inferiori; mediamente il valore finale del CNIII è dello stesso ordine di grandezza del CNII utilizzato nello Studio, con ovvie conseguenze in termini di differenza di portata.

Codice	CN (AMC II)	CN (AMC III)
A	64	81
B	64	81
C	64	80
D	64	81
E	64	80
F	63	80
G	63	80
H	64	80
I	64	80
L	65	81
M	65	81

Figura 4 – valori del CN assegnati nel PSFF

Tempi di corrivazione

I tempi di corrivazione adottati nel PSFF sono superiori a quelli scelti nello Studio, che predilige i valori più bassi tra quelli ammissibili con lo scopo di ottenere le portate maggiori, più cautelative.

Sottobacino	tc [h]
A	0.5
B	0.7
C	1.1
D	0.9
E	1.2
F	1.4
G	1.7
H	2.0
I	2.6
L	2.8
M	3.0

Figura 5 – valori del tempo di corrivazione assegnati nel PSFF

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
 Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018

Valori di pioggia

I valori di pioggia lorda usati nel PSFF sono maggiori di quelli dello Studio probabilmente per l'utilizzo di diversi valori dei parametri "a" ed "n" del metodo TCEV; in ogni caso i valori finali di pioggia netta sono sensibilmente inferiori a causa dell'elevata capacità di infiltrazione assegnata al terreno con i CNII bassi.

Sottobacino	h(T50)	h(T100)	h(T200)	h(T500)
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
A	43	49	55	63
B	48	54	61	70
C	53	61	68	78
D	51	58	65	74
E	55	63	70	81
F	58	66	74	84
G	61	69	77	88
H	64	73	81	93
I	69	78	87	100
L	70	80	89	102
M	72	82	91	104

Sottobacino	r	hr(T50)	hr(T100)	hr(T200)	hr(T500)
		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
A	0,94	41	46	52	60
B	0,94	45	51	57	65
C	0,93	50	57	63	73
D	0,91	46	53	59	68
E	0,92	51	58	65	74
F	0,92	53	60	67	77
G	0,91	55	63	70	80
H	0,91	58	66	74	85
I	0,92	63	72	80	91
L	0,92	64	73	82	93
M	0,92	66	75	84	95

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
 Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018

Sottobacino	$h_N(T50)$ [mm]	$h_N(T100)$ [mm]	$h_N(T200)$ [mm]	$h_N(T500)$ [mm]
A	9	12	16	21
B	11	15	19	25
C	14	18	23	29
D	12	15	20	25
E	15	19	24	31
F	15	20	25	32
G	17	22	27	35
H	19	25	30	38
I	23	29	36	44
L	24	31	37	46
M	26	32	39	49

Figura 6 – valori di pioggia lorda, ragguagliata e netta assegnati nel PSFF

Portate di piena

Le portate di piena per i tempi di ritorno previsti dal PAI calcolate nel PSFF sono inferiori soprattutto per i tempi di ritorno di 50 e 100 anni. Si riportano di seguito le tabelle per effettuare il confronto.

Sottobacino	Area [km ²]	Q(T50) [m ³ /s]	Q(T100) [m ³ /s]	Q(T200) [m ³ /s]	Q(T500) [m ³ /s]
A	2,2	11	14	19	25
B	4,2	18	24	30	39
C	8,8	31	40	51	65
D	13,6	48	64	81	105
E	15,1	50	65	82	105
F	20,0	61	79	99	126
G	30,7	85	110	137	174
H	32,9	87	111	138	174
I	37,2	91	115	141	177
L	41,8	100	127	155	193
M	46,4	109	137	167	207

Figura 7 – valori di portata calcolati nel PSFF

A titolo di esempio si osservi che per il sub-bacino D del PSFF confrontabile con quello denominato Canale Urune Asta 1- sub 2 chiuso alla progressiva 7726.39, la portata duecentennale è pari a 82 mc/s mentre quella calcolata nel presente studio con il metodo SCS è pari a 106.25, superiore del 23% circa. Si osservi che l'applicazione di uno qualsiasi degli altri metodi per il calcolo del tempo di corrivazione idonei al bacino in esame (Viparelli, Pasini) produrrebbe valori di portata in linea con quello del PSFF. Il metodo SCS è stato ritenuto il più valido per le caratteristiche del bacino studiato e ha prodotto valori di portata sufficientemente cautelativi.

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018

In definitiva si ritiene che la valutazione delle portate effettuate nel presente Studio sia più corretta e aderente alle condizioni tipiche degli eventi intensi che ormai si verificano frequentemente, nei quali in tempi molto brevi affluiscono copiosi volumi d'acqua, senza che il terreno possa intervenire come mezzo di laminazione e al contrario si presenti sostanzialmente impermeabile.

Si osservi che pur in presenza di portate significativamente maggiori, le aree di allagamento hanno estensione inferiore a parità di bacino idrografico studiato e sono distribuite nel terreno con maggiore precisione ed attendibilità rispetto ai perimetri del PSFF, definiti su rilievo cartografico in scala 1:10.000. Infine si ritiene che anche una diminuzione delle portate non possa modificare sostanzialmente l'impronta nel terreno delle aree allagabili e semmai ridurrebbe lievemente i battenti idrici, alla luce della morfologia particolarmente pianeggiante del bacino del tratto di monte del Canale Urune; le condizioni potranno migliorare sensibilmente con l'ampliamento delle sezioni del tratto del Canale Urune situato a monte della progressiva 7977.65 e a seguito dell'adeguamento dell'attraversamento situato alla sezione 7726.39.

2.2 CARATTERISTICHE DEI CORSI D'ACQUA STUDIATI

Come accennato al paragrafo precedente, sono state precisate le caratteristiche salienti dei canali e corsi d'acque del reticolo esaminato, addivenendo alle seguenti conclusioni:

- in linea generale le aste studiate seguono il reticolo naturale, per quanto scorrono in una vasta area pianeggiante caratterizzata da pendenze bassissime, ma i rami periferici in taluni casi sono stati realizzati artificialmente; ciò è intuibile dai tracciati particolarmente tortuosi ma geometricamente lineari che si snodano tra i confini dei vari poderi. Ciò è facilmente riconoscibile per i rami periferici di monte del Canale Urune e gli affluenti del Rio Filibertu. Le incisioni considerate sono comunque presenti nelle cartografie ufficiali, ad iniziare da quelle I.G.M. in scala 1:25.000. In nessun caso sono stati osservati rivestimenti artificiali; in generale i canali si presentano gravati da fitta vegetazione e con segni di manutenzione in corrispondenza degli attraversamenti della viabilità principale. La porzione di monte del cosiddetto "Canale di bonifica", affluente in sinistra del Canale Urune, è certamente artificiale in quanto non si sviluppa seguendo il declivio delle curve di livello ma anzi interseca il limite di displuvio del bacino idrografico delimitato; tuttavia nella porzione di valle si raccorda all'incisione naturale, coerente con la morfologia del terreno indisturbato;
- nell'area sono presenti vari altri tratti di canali certamente non ricadenti nel reticolo naturale e privi di bacino idrografico proprio derivante dalla morfologia del terreno, realizzati all'epoca delle bonifiche; tuttavia non sono stati considerati nelle simulazioni effettuate in quanto di sezione scarsamente significativa rispetto alle portate in gioco ed in ogni caso nella consapevolezza che la loro funzione sia di drenaggio superficiale di portate ordinarie e non di trasferimento di portate di piena eccezionale come quelle studiate.

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018

- le condizioni di tenuta dei canali e dei corsi d'acqua naturali studiati non sono ottimali riguardo alla capacità di deflusso; infatti nella maggior parte dei casi è presente fitta vegetazione costituita anche da piante ad alto fusto e arbusti notevolmente sviluppati. Negli approfondimenti svolti a seguito della richiesta di chiarimenti da parte dell'ADIS, sono state rilevate nel dettaglio anche le sezioni trasversali dei rami dell'Urune situati nella parte più pianeggiante soggetta agli allagamenti più estesi e introdotte nel modello matematico per le simulazioni in moto permanente, eliminando il livello di approssimazione contenuto nella precedente versione nella quale le sezioni erano state desunte dal rilievo cartografico di dettaglio e da locali misure in campo. L'esito comunque conferma l'insufficienza e criticità dei segmenti a monte della progressiva 7977.65 che determina la diffusione degli allagamenti, mentre a valle di essa, dove la sezione dell'Urune è sensibilmente più ampia, si osserva una concentrazione del deflusso all'interno dell'alveo inciso. Si riportano di seguito alcune figure e foto che documentano le situazioni descritte e rilevate.

CANALE URUNE – ATTRAVERSAMENTO alla prog. 7726.39

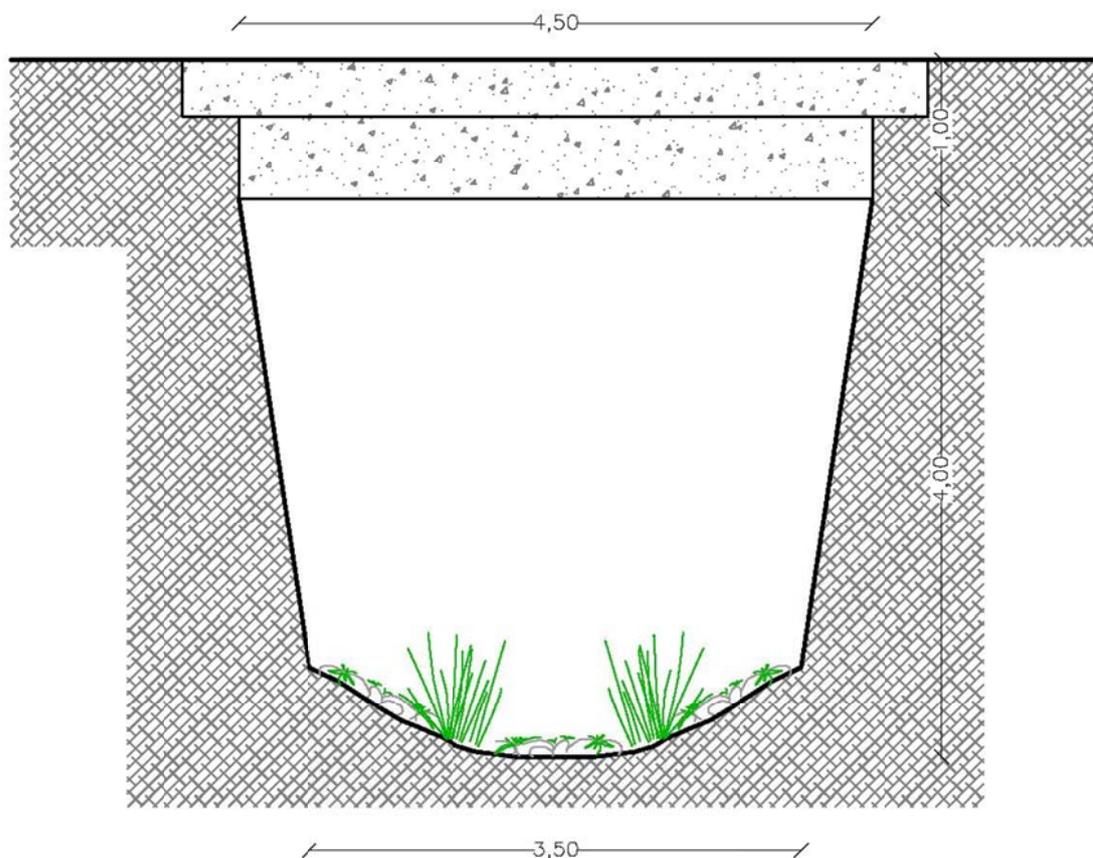


Figura 8 – sezione trasversale a monte dell'attraversamento stradale

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018



Figura 9 – panoramica attraversamento



Figura 10 – attraversamento lato di monte

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018



Figura 11 – vegetazione in alveo a monte



Figura 12 – vegetazione in alveo a valle

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018

CANALE URUNE tratto a monte della progressiva 7977.65

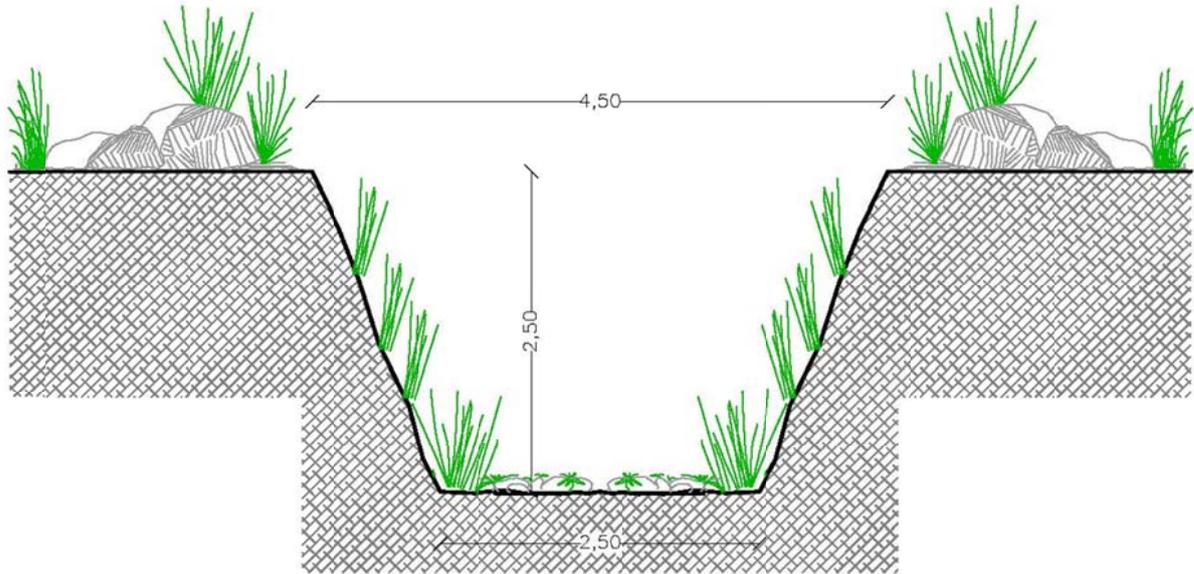


Figura 13 – sezione trasversale tipo



Figura 14 – vegetazione in alveo

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018



Figura 15 – vegetazione e interferenze reti acquedottistiche in alveo



Figura 16 – cavalcafosso per accesso proprietà privata

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018



Figura 17 – fitta vegetazione in prossimità di cavalcafosso per accesso proprietà privata



Figura 18 – tratto di alveo con scarsa vegetazione

COMUNE DI ALGERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018



Figura 19 – tratto di alveo con scarsa vegetazione



Figura 20 – tratto di alveo in corrispondenza della confluenza del ramo Asta 71849

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante

RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018

CANALE URUNE – asta 71849 – attraversamento SP 55 presso Guardia Grande

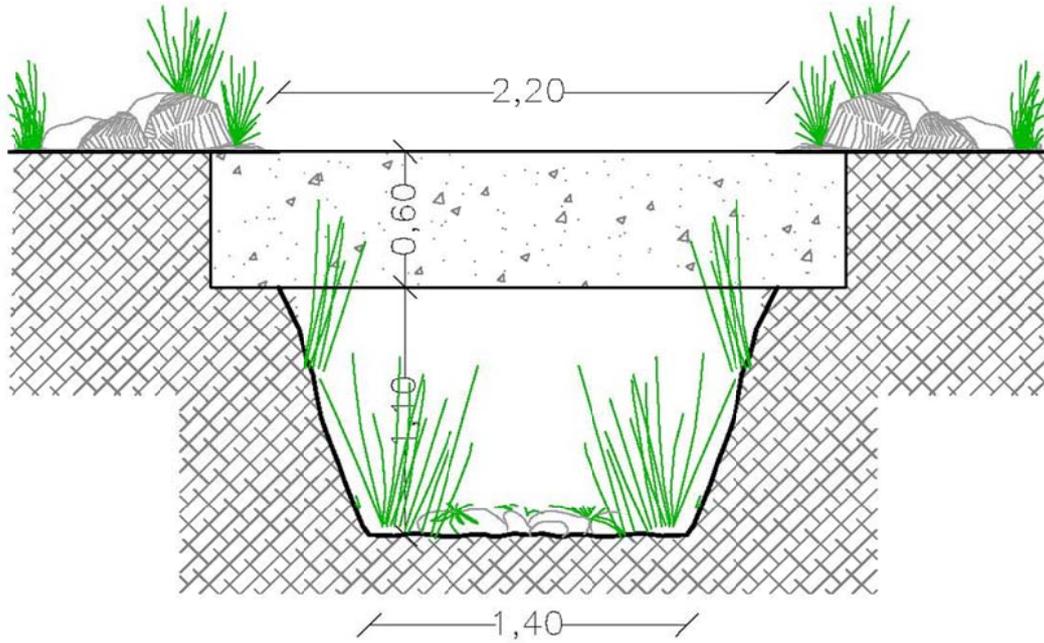


Figura 21 – sezione a monte dell'attraversamento

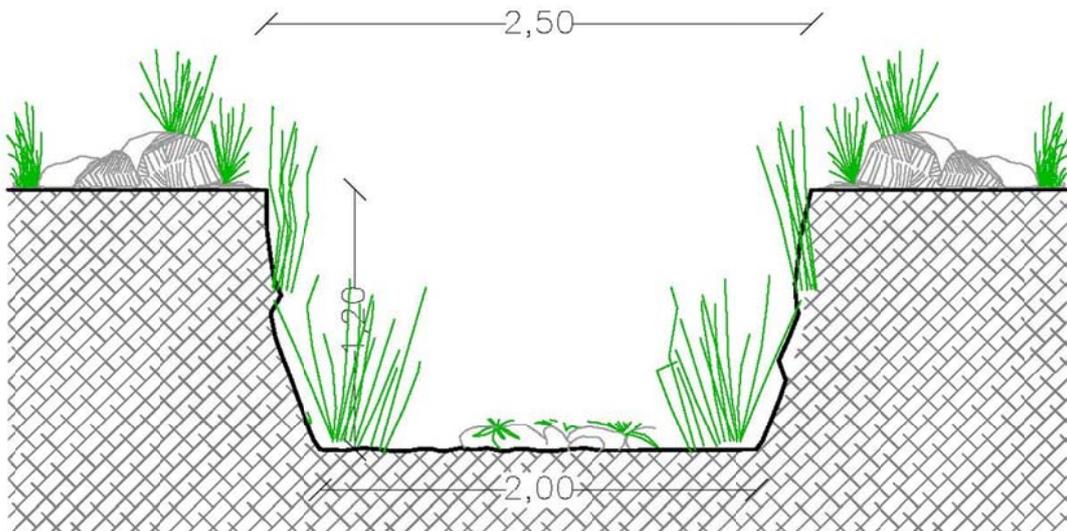


Figura 22 – sezione tipo a valle dell'attraversamento

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018



Figura 23 – Ramo Asta 71849 - attraversamento della SP 55



Figura 24 – Ramo Asta 71849 – alveo a valle dell'attraversamento della SP 55

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018

Asta 78574 – attraversamento SP 55 presso Guardia Grande



Figura 25 – Ramo Asta 78574 – attraversamento della SP 55



Figura 26 – Asta 78574 – sbocco dell'attraversamento della SP 55

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018

3 ASPETTI METODOLOGICI GENERALI

Le analisi delle pericolosità idrauliche sono state predisposte analogamente a quanto stabilito dal D.P.C.M. 29/9/1998 (Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del D.L. 11/6/1998, n. 180) e dalle “*Linee Guida per l'attività di individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e relative misure di salvaguardia*” del PAI, anche per quanto attiene l'aggiornamento e/o l'adeguamento delle perimetrazioni delle stesse aree a pericolosità idraulica.

Le criticità che sono state individuate nel presente studio suggeriscono *in primis* le seguenti constatazioni e i comportamenti da adottare, di cui in premessa si propone un accenno rimandando alle conclusioni per lo sviluppo completo:

- l'importanza **dell'acquisizione della conoscenza** effettiva delle condizioni di giacitura e funzionalità dei canali naturali e delle infrastrutture che con essi interferiscono, in particolare nelle porzioni di territorio edificato dotato di infrastrutture, creando nella maggior parte dei casi le condizioni di pericolo; in tal senso è importante la predisposizione del **catasto degli attraversamenti stradali in alveo e delle opere idrauliche** coinvolte nelle dinamiche evolutive delle acque superficiali in condizioni di piena, individuandone i limiti di esercizio e programmandone l'adeguamento;
- l'urgenza **di costituire una mappa delle aree di allagamento** conseguenti ad eventi meteorici significativi, da tenere presente in sede di aggiornamento e redazione degli strumenti di pianificazione comunale e territoriale in genere; il presente lavoro costituisce in tal senso un passaggio importante, i cui risultati saranno recepiti formalmente sia in sede di adeguamento del PCVB sia successivamente nell'ambito dell'adeguamento del PUC al PAI e avranno ricadute positive anche nel medio e lungo termine;
- il costante **aggiornamento** del catasto e della cartografia delle aree di allagamento a seguito dell'attuazione di interventi di mitigazione del rischio o di realizzazione di interventi di nuova costruzione o manutenzione che possano interferire con gli equilibri naturali della componente fluviale.

Le attività svolte nel presente studio per la porzione di territorio esaminata, sono riassunte nel seguente elenco:

- analisi geografica e geomorfologica;
- rilievi topografici;
- rilievo dell'uso del suolo e della vegetazione;
- analisi idrologica;

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018

- analisi idraulica;
- delimitazione delle aree di esondazione a pericolosità idraulica.

Lo Studio è costituito, oltre che dalla presente Relazione Generale, dalle tabelle riepilogative dei calcoli idrologici, dalle Simulazioni Idrauliche in Moto Permanente, contenenti i profili longitudinali, le sezioni trasversali dei corpi idrici in presenza delle correnti studiate e i relativi tabulati numerici. A ciò si aggiunge il fascicolo dei manufatti rilevati, contenente le monografie di dettaglio di ciascuno di essi con annessa documentazione fotografica e analisi delle condizioni di tenuta dal punto di vista statico-strutturale, erosivo e di sicurezza in genere. Le aree di allagamento sono rappresentate nelle Carte della Pericolosità Idraulica predisposte per ciascuna asta fluviale o corpo idrico esaminato.

Sono stati studiati 6 corpi idrici principali suddivisi in 10 aste, come riportato nelle tabelle seguenti, che riferiscono anche della suddivisione attuata nei modelli di simulazione. Il gruppo di aste esaminato fa riferimento principalmente al Canale Urune, immissario dello Stagno di Calich nel settore posto più ad Ovest.

Tabella 1 - riepilogo modelli matematici delle aste oggetto di studio

Nome	River	Reach
1 - Gruppo Canale Urune	090003_78754	Asta
	090003_FIUME_74342	Asta
	Canale di Bon	Asta
	Canale su Inc	Asta
	Canale urune	71849
	Canale urune	Asta 1
	Canale urune	Asta 2
	Canale urune	Asta 3
	Canale urune	Asta 4
2 - Rio del Lazzaretto	Lazzaretto	Asta

4 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO

4.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La zona in studio è rappresentata dall'area di tutela del Piano di Conservazione e Valorizzazione delle Bonifiche, del Comune di Alghero, che occupa la porzione occidentale del territorio comunale, situato nella Sardegna nord-occidentale e che confina con i territori comunali di Sassari, Villanova Monteleone e Porto Torres.

Dal punto di vista della suddivisione in bacini idrografici del territorio regionale, l'area in esame ricade all'interno del sub-bacino idrografico n. 3 Coghinas-Mannu-Temo e fa riferimento al Rio Barca, corso d'acqua principale tra gli immissari dello Stagno di Calich.

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018

I corsi d'acqua oggetto di studio si sviluppano prevalentemente nella pianura a ovest di Alghero, sottratta alle paludi mediante l'attuazione di importanti interventi di bonifica ed attualmente destinata alle attività agro-pastorali. La direzione del deflusso è da ovest verso est e da nordovest verso sudest, con sbocco nello Stagno di Calich; lungo il tracciato dei corsi d'acqua sono presenti numerose interferenze con le infrastrutture viarie delle strade provinciali e comunali che costituiscono la rete di comunicazione nella Nurra di Alghero.

4.2 RILIEVI GEOMORFOLOGICI E CARTOGRAFICI

Gli elementi cartografici utilizzati sono costituiti da:

- Carta Tecnica Regionale in formato vettoriale 3D in scala 1:10.000;
- Modello digitale del terreno (DTM) presente nel portale cartografico della Regione Sardegna;
- Ortofoto aggiornate all'anno 2010;
- Carta di uso del suolo della Regione Sardegna aggiornata all'anno 2008 disponibile nel sito ufficiale.

Per l'individuazione delle aste fluviali è stato utilizzato il layer del database multiprecisione della Regione Sardegna, confrontato con i riscontri in campo e con le altre cartografie disponibili.

Validi riferimenti cartografici sono stati inoltre forniti dallo strumento di consultazione via web dai portali di Google Earth e Bing Maps che, pur non essendo estraibili georeferenziati, sono stati integrati negli strumenti GIS di supporto alle attività di rilievo, fornendo la rappresentazione a colori dell'area di studio in momenti successivi e contribuendo a risolvere alcuni dubbi interpretativi.

Dal complesso della base dati predisposta, sono state acquisite le geometrie planimetriche riferibili ai seguenti elementi che caratterizzano l'alveo:

- **alveo attivo**, inteso come porzione di territorio sede del transito della portata di magra;
- **sponde dell'alveo attivo** intese come tracce lineari indicanti il limite esterno dell'alveo attivo;
- **alveo a piene rive** inteso come porzione di territorio sede del transito della piena ordinaria;
- opere idrauliche di difesa sia longitudinali che trasversali;
- opere idrauliche di contenimento dei livelli (argini, muri);
- opere di attraversamento e relativi rilevato di accesso;
- infrastrutture o elementi in rilevato paralleli o interferenti con il corso d'acqua;
- aree di sistemazione fluviale.

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018

Gli elementi territoriali quali curve di livello e punti di quota, nonché le principali linee infrastrutturali, sono stati utilizzati per la costituzione del Modello Digitale del Terreno (DTM) con celle di base di forma quadrata di lato 10 metri in funzione del livello di dettaglio necessario, utile per la delimitazione dei bacini idrografici e la descrizione delle diverse componenti territoriali che influiscono nel processo di trasformazione afflussi-deflussi.

Per la costruzione dei modelli matematici dei corsi d'acqua utilizzati nelle simulazioni, sono stati costruiti DTM con celle quadrate di lato 2 - 3 m.

5 RILIEVI DI DETTAGLIO

5.1 RILIEVI TOPOGRAFICI

I livelli informativi conseguiti con le elaborazioni digitali sono stati integrati con le attività di rilevamento in campo, sviluppate prevalentemente in corrispondenza di singolarità quali:

- attraversamenti stradali o pedonali;
- luci di passaggio e tombature di vario genere;
- arginature e opere di difesa longitudinali;
- rilevati trasversali alla corrente;
- manufatti o fabbricati in alveo o in prossimità di esso;
- tratti del corso d'acqua particolarmente incogniti o poco definiti dalla cartografia digitale disponibile;
- elementi materiali non segnalati nella cartografia disponibile ma presenti e influenti nella dinamica evolutiva del corso d'acqua.

Le attività di rilevamento in campo sono state effettuate prevalentemente mediante l'utilizzo di ricevitore mobile GPS, in grado di connettersi tramite linea GSM alla Rete di 18 Stazioni Permanenti GNSS (Global Navigation Satellite System) della società TopCon, distribuite sul territorio della Sardegna e gestite dalla Geomarke; in alcuni casi, ove non è stato possibile disporre di una ricezione satellitare adeguata, è stata impiegata una stazione totale TopCon GTS-226.

Le misure locali dei manufatti sono state effettuate con l'ausilio di distanziometro laser della Leica Geosystem Italia e con strumenti tradizionali.

Il rilievo in campo è stato indispensabile nella costruzione dei modelli matematici delle aste fluviali per compensare le accennate lacune insite nella cartografia aerofotogrammetrica in particolare per quanto attiene i seguenti elementi:

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018

- parti di alveo maggiormente incise e scarsamente definite;
- parti di alveo pianeggianti ed estese le cui variazioni altimetriche non sono individuate;
- manufatti di attraversamento stradale e acquedottistici;
- tombinature di vario genere.

I sopralluoghi in campo hanno consentito di risolvere i dubbi interpretativi soprattutto laddove interventi artificiali sul corso d'acqua e l'influenza delle infrastrutture hanno agito in maniera determinante nel condizionamento dei deflussi in piena.

Le opere di attraversamento e le opere idrauliche rilevate sono descritte nel *report* dei rilievi, dove sono riportate per ciascun attraversamento rilevato l'ubicazione geografica tramite foto satellitare, l'individuazione nell'asta principale, la descrizione della geometria e delle caratteristiche costitutive e le immagini fotografiche.

6 ANALISI DEI BACINI IDROGRAFICI E METODOLOGIA DI CALCOLO DELLE PORTATE

6.1 PREMESSA

Per ciascun bacino o sottobacino studiato, è stato elaborato lo studio idrologico finalizzato alla valutazione delle portate di piena per i tempi di ritorno previsti dal PAI, ovvero: 50-100-200-500 anni.

Il lavoro è stato sviluppato in conformità alle prescrizioni delle Linee Guida del PAI e con l'utilizzo di elaborazioni numeriche in ambiente GIS per la descrizione ed interazione delle diverse componenti territoriali coinvolte nel processo di trasformazione afflussi-deflussi.

Per ciascun elemento studiato, sono state elaborate le seguenti fasi di lavoro:

- Predisposizione della cartografica numerica e redazione del Modello Digitale delle quote (DEM);
- Individuazione dei bacini idrografici e del reticolo superficiale;
- Implementazione delle componenti geolitologiche, pedologiche e di uso del suolo; redazione della carte tematiche;
- Attribuzione dei coefficienti CN (Curve Number) necessari per determinare il grado di permeabilità delle superfici contribuenti;
- Calcolo dell'altezza di pioggia che dà origine alle portate superficiali;

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018

- Valutazione del tempo di corrivazione e calcolo delle portate di piena.

6.2 CALCOLO DELL'ALTEZZA DI PIOGGIA

L'intensità di precipitazione $i(t, T)$, che determina la massima portata di piena (intensità critica) è stata valutata in funzione della curva di possibilità pluviometrica che esprime la legge di variazione dei massimi annuali di pioggia in funzione della durata della precipitazione t , per un assegnato tempo di ritorno T .

Tale curva ha come espressione matematica:

$$h = i \cdot t = a \cdot t^n$$

Per la derivazione delle curve di possibilità pluviometrica è stato adottato il modello probabilistico TCEV, che ben interpreta le caratteristiche di frequenza delle serie storiche per la Sardegna¹.

La procedura richiede di individuare:

- le sottozone omogenee, per tutti i bacini in esame risultano essere la SZO 2;
- la pioggia indice giornaliera per l'area in esame risulta essere $\mu_g \geq 50$ mm;
- i tempi di ritorno sono minori di un ora per i bacini più piccoli ($\tau < 1$)
- per tutti gli altri bacini i tempi di ritorno sono maggiori di un ora ($\tau > 1$)

L'altezza di pioggia h di durata t con assegnato tempo di ritorno T in anni si ottiene dalla formula:

$$h(t) = (a_1 a_2) t^{(n_1 + n_2)}$$

dove i coefficienti a_1 , a_2 , n_1 e n_2 si determinano con le relazioni differenti, indicate nella metodologia ufficiale del P.A.I. della Regione Sardegna, con differenti parametri dipendenti dalla sottozona in cui ricade il particolare bacino analizzato (SZO 2).

¹ Deidda R., Piga E., Sechi G., *Confronto tra alcuni modelli regionali per la valutazione della pioggia indice*. D.I.T., Quaderni di ricerca, n. 13, Cagliari, 1997.

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018

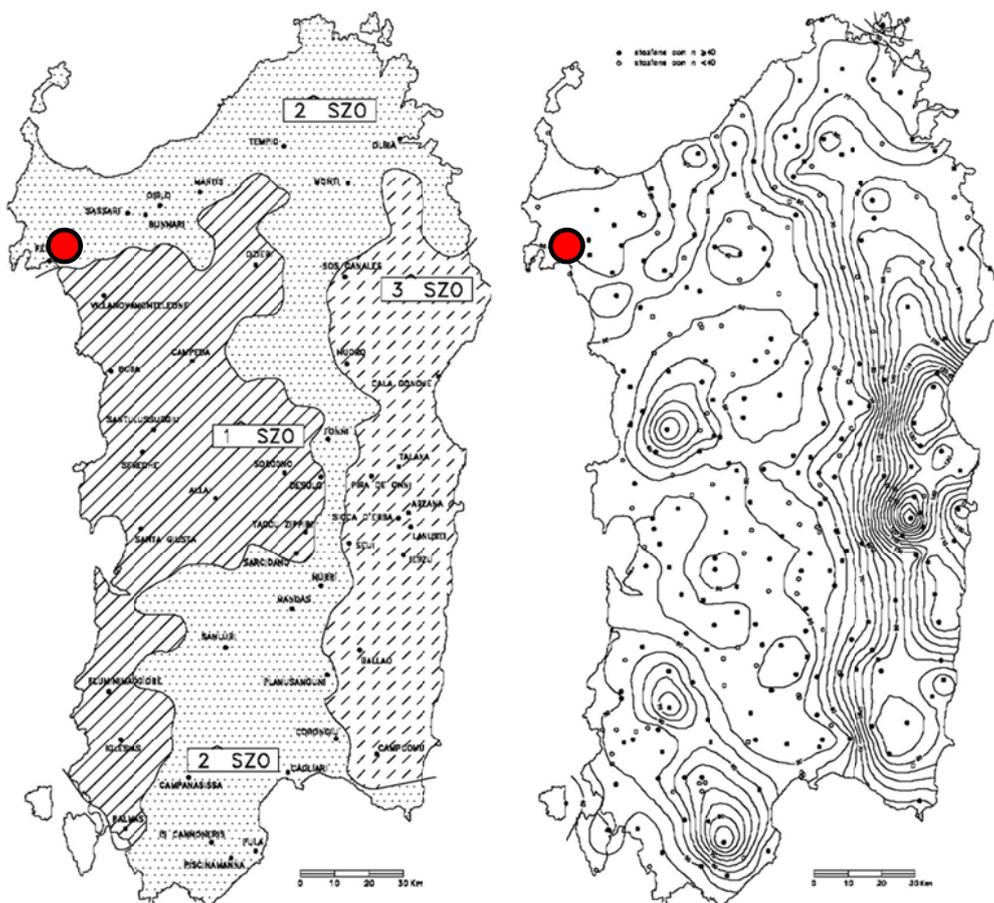


Figura 27 - carta delle sottozone (a sinistra) e delle isoiete (a destra); in rosso la zona di interesse

6.3 CALCOLO DELLE PORTATE DI PIENA

Le portate al colmo nelle sezioni di chiusura dei differenti sottobacini sono state valutate sulla base di quanto indicato nelle “Linee guida per l’attività di individuazione e di perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia” del PAI. Data la mancanza di valori di portata osservati, la stima della portata di piena è stata determinata attraverso la metodologia indiretta (Formula Razionale) per i tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni.

Col metodo indiretto noto come Formula Razionale la portata di piena è espressa dal prodotto tra l’intensità di precipitazione, i , di assegnata durata t e periodo di ritorno T , il coefficiente di assorbimento Φ , la superficie del bacino A e il coefficiente di laminazione ε :

$$Q = \varepsilon \Phi i A$$

In accordo con le suddette linee guida è stato calcolato il coefficiente di ragguglio della precipitazione all’area del bacino secondo le formule:

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018

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

$$r = 1 - (0.0394 \cdot A^{0.354})d^{(-0.40+0.003832 \ln(4.6-\ln(A)))} \text{ per } A > 20 \text{ km}^2$$

Tuttavia nella scelta delle portate da utilizzare per le simulazioni, considerata la modesta superficie dei bacini idrografici in esame, si è preferito non adottare la riduzione dovuta al ragguglio all'area.

Il metodo prevede il calcolo dell'intensità di precipitazione i per una durata pari al tempo di corrivazione t_c .

Il tempo di corrivazione è stato valutato attraverso un confronto critico tra i risultati delle formulazioni riportate nella Tabella 2 seguente.

La formula SCS richiede la valutazione del parametro di assorbimento CN (curve number). I valori di questo parametro sono stati determinati per le sezioni idrologiche d'interesse facendo riferimento alla metodologia SCS-CN in funzione della tipologia pedologica e di uso del suolo del bacino in esame. Operando a favore di sicurezza, si è scelta la classe di uso del suolo "D" con il più alto potenziale di scorrimento e una bassissima capacità di infiltrazione.

Al fine di ricavare il Curve Number medio di ciascun sottobacino si è effettuata l'analisi della carta dell'uso del suolo della regione Sardegna pubblicata nell'anno 2008 e reperita presso il sito comprendete la cartografia ufficiale della regione Sardegna <http://sardegнатerritorio.it>.

La vegetazione, o l'uso del suolo in senso lato, esercita una grande influenza sui processi idrologici analizzati alla scala di bacino: da essa dipendono i volumi di precipitazione intercettati e quelli evapotraspirati, ed essa stessa è un fattore primario nella determinazione del comportamento idrologico e idraulico degli strati di suolo più superficiali, soprattutto in relazione alla conducibilità idrica o permeabilità. La disponibilità di una carta dell'uso del suolo che sia la più accurata possibile si rivela, quindi, fondamentale ai fini di fornire adeguati input ai modelli di previsione idrologica.

La stesura della carta d'uso del suolo è avvenuta principalmente attraverso due fasi: l'individuazione delle classi di vegetazione secondo la classificazione CORINE (*COOrdination of INformation on Environment*) e la verifica della perimetrazione delle stesse su cartografia digitale. All'interno delle classi d'uso del suolo sono state incluse le tipologie di vegetazione che potessero avere caratteristiche il più possibile omogenee: occorre comunque considerare che, nella definizione di classe, si è tenuto conto solo parzialmente dei criteri botanici, mentre si è data maggior enfasi alle influenze della vegetazione sul ciclo idrologico, sia in termini di volume di pioggia intercettati, sia in termini di indici di scabrezza.

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante

RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018

Tabella 2 - Formule per il calcolo dei tempi di corrivazione

SCS	$t_c = 1.67 \cdot \frac{100L^{0.8} \cdot [(1000/CN) - 9]^{0.7}}{1900 \cdot \sqrt{i_b}}$ <p>L = lunghezza asta principale in piedi, i_b = pendenza media del bacino in %, CN = curve number</p>	[minuti]
GIANDOTTI	$t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 15 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{H_m - H_0}}$ <p>H0 = quota sez. chiusura in m, Hm = quota media del bacino in m A = area del bacino in Km², L = lunghezza asta principale in Km</p>	[Ore]
PASINI	$t_c = 0.108 \cdot \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{J_m}}$ <p>A = area del bacino in Km², L = lunghezza asta principale in Km, Jm = pendenza media del reticolo idrografico</p>	[Ore]
VAPI	$t_c = 0.212 \cdot A^{0.231} \cdot \left(\frac{H_m - H_0}{J_m} \right)^{0.289}$ <p>A = area del bac. in Km², Jm = pend. media del reticolo idrografico H0 = quota sezione chiusura, Hm = quota media del bacino</p>	[Ore]
KIRPICH	$t_c = 0.000325 \cdot L^{0.77} \cdot i_b^{-0.385}$ <p>L = lunghezza asta principale in piedi, i_b = pendenza media del bacino in %,</p>	[Ore]
VIPARELLI	$t_c = \frac{L}{3600 \cdot v_m}$ <p>L = lunghezza asta principale in piedi, v_m = velocità media della corrente (imposta 1.5 m/s)</p>	[Ore]

Nell'ambito del progetto CORINE Land Cover, è stata realizzata una cartografia della copertura del suolo, con una legenda di 44 voci su 3 livelli gerarchici, riferita ad unità spaziali omogenee o composte da zone elementari appartenenti ad una stessa classe, di superficie significativa rispetto alla scala, nettamente distinte dalle unità che le circondano e sufficientemente stabili per essere destinate al rilevamento di informazioni più dettagliate. Il primo dei livelli gerarchici comprende 5 voci generali che abbracciano le maggiori categorie di copertura sul pianeta, ovvero territori modellati artificialmente, territori agricoli, territori boscati e ambienti semi-naturali, zone umide e corpi idrici. Il secondo livello contiene 15 voci ed il terzo 44 voci. Questi ultimi sono rappresentabili

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018

in scala di dettaglio. La conoscenza dettagliata degli utilizzi del suolo è impiegata nel presente studio per diversi scopi. La discriminazione in zone con diverso utilizzo del suolo è utile nella stima degli indici di scabrezza e nella determinazione delle caratteristiche idrologiche di infiltrazione superficiale.

I valori di CN(II) per la categoria di suolo D adottati per ogni classe presente all'interno della carta dell'uso del suolo sono elencati nella seguente tabella:

Tabella 3 - Valori del CNII associati alle diverse categorie di uso del suolo

TIPOLOGIA DI TERRENO	CNII
Arboricoltura con essenze forestali di latifoglie	83
Aree a pascolo naturale	89
Aree a ricolonizzazione artificiale	89
Aree a ricolonizzazione naturale	89
Aree aeroportuali ed eliporti	98
Aree agroforestali	83
Aree archeologiche	93
Aree con vegetazione rada	89
Aree estrattive	85
Aree portuali	98
Aree prevalentemente occupate da coltura agrarie con presenza di spazi naturali importanti	89
Aree verdi urbane	84
Bacini artificiali	100
Boschi di conifere	83
Boschi di latifoglie	83
Boschi misti di conifere e latifoglie	83
Campeggi, aree sportive e parchi di divertimento	84
Cantieri	93
Cimiteri	84
Colture in serra	86
Colture temporanee associate ad altre colture permanenti (pascoli e seminativi arborati con copertura d	89
Colture temporanee associate al vigneto	89
Colture temporanee associate all'olivo	89
Discariche	93
Fiumi, torrenti e fossi	100
Formazioni di ripa non arboree	86
Formazioni vegetali basse e chiuse, stabili, composte principalmente di cespugli, arbusti e piante erba	86
Frutteti e frutti minori	89
Gariga	89

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante

RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018

TIPOLOGIA DI TERRENO	CNII
Impianti a servizio delle reti di distribuzione (telecomunicazioni/energia/idriche)	98
Insedimenti industriali/artigianali e commerciali, con spazi annessi	98
Insedimento di grandi impianti di servizi	98
Lagune, laghi e stagni costieri a produzione ittica naturale	100
Letti di torrenti di ampiezza superiore a 25 m	100
Macchia mediterranea	83
Oliveti	89
Paludi interne	100
Paludi salmastre	100
Pareti rocciose e falesie	98
Pioppeti, saliceti, eucalitteti ecc anche in formazioni miste	83
Prati artificiali	78
Prati stabili	78
Reti ferroviarie comprese le superfici annesse (stazioni, smistamenti, depositi ecc)	98
Reti stradali e spazi accessori (svincoli, stazioni di servizio, aree di parcheggio ecc)	98
Seminativi in aree non irrigue	89
Seminativi semplici e colture orticole a pieno campo	91
Sistemi colturali e particellari complessi	89
Spiagge di ampiezza superiore a 25 m	98
Sugherete (popolamenti puri di querce da sughera con copertura >25% con evidenti cure colturali)	83
Tessuto agro-residenziale sparso e fabbricati rurali a carattere tipicamente agricolo o rurale	85
Tessuto discontinuo (extraurbano)	85
Tessuto residenziale compatto e denso	92
Tessuto residenziale rado	85
Vigneti	89
Vivai	86

Estrapolate le diverse tipologie di aree all'interno di ogni sottobacino, è stata effettuata una media pesata (con peso il valore in mq dell'area di uso del suolo omogeneo) al fine di definire il CN(II) medio con la seguente formula:

$$CN(II)_{medio} = \frac{\sum CN(II)_i \cdot A_i}{\sum A_i}$$

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018

nella quale $CN(II)_i$ è il valore del $CN(II)$ riguardante l'iesima area a cui è associato uno specifico uso del suolo, mentre A_i è il valore dell'area stessa in mq.

Tali valori sono stati poi cautelativamente incrementati relazionandoli allo stato di imbibizione del terreno prima dell'evento di piena. Si è considerata infatti la presenza di una pioggia superiore a 50 mm nei 5 giorni antecedenti l'evento di piena (classe A.M.C. III – pioggia totale nei cinque giorni precedenti l'evento). Il nuovo valore di CN , che tiene conto di tale considerazioni, è denominato $CN(III)$. La formula che lega il $CN(II)$ al $CN(III)$ è la seguente (formulazione di Chow - Applied Hydrology):

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

Si sono così ottenuti i valori del CN effettivamente utilizzati per il calcolo dei tempi di corrivazione per i diversi bacini analizzati, ovvero quelli che prevedono il terreno in condizioni di massima saturazione². Le altre grandezze geometriche necessarie a definire il tempo di corrivazione per le quattro formulazioni utilizzate, sono state ricavate attraverso l'elaborazione cartografica con GIS open source del modello digitale del terreno (*D.E.M. Digital Elevation Model*) con celle di passo 10 m realizzato a partire dalle curve di livello e i punti quotati della Carta Tecnica Regionale.



Figura 28 – esempio di Modello Digitale del Terreno con i campi di quota

² Il valore del CN III è stato altresì calcolato anche con le Formulazioni di Arnold, Hawkins e Sobhani, riscontrando valori molto simili.

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018

In particolare sono state ricavate le seguenti grandezze geometriche:

- superficie del bacino: espressa in Km² valutata come area del poligono chiuso che definisce ciascun bacino idrografico;
- altitudine massima, media e minima: espresse in metri sono state valutate sulla base dell'analisi del DEM
- lunghezza dell'asta: espressa in m, è stata valutata con l'ausilio dello strato rappresentante l'idrografia della regione Sardegna presente sul database multi precisione consultabile nel sito www.sardegna.territorio.it

Da una successiva elaborazione del D.E.M. si è ottenuta la carta delle pendenze.

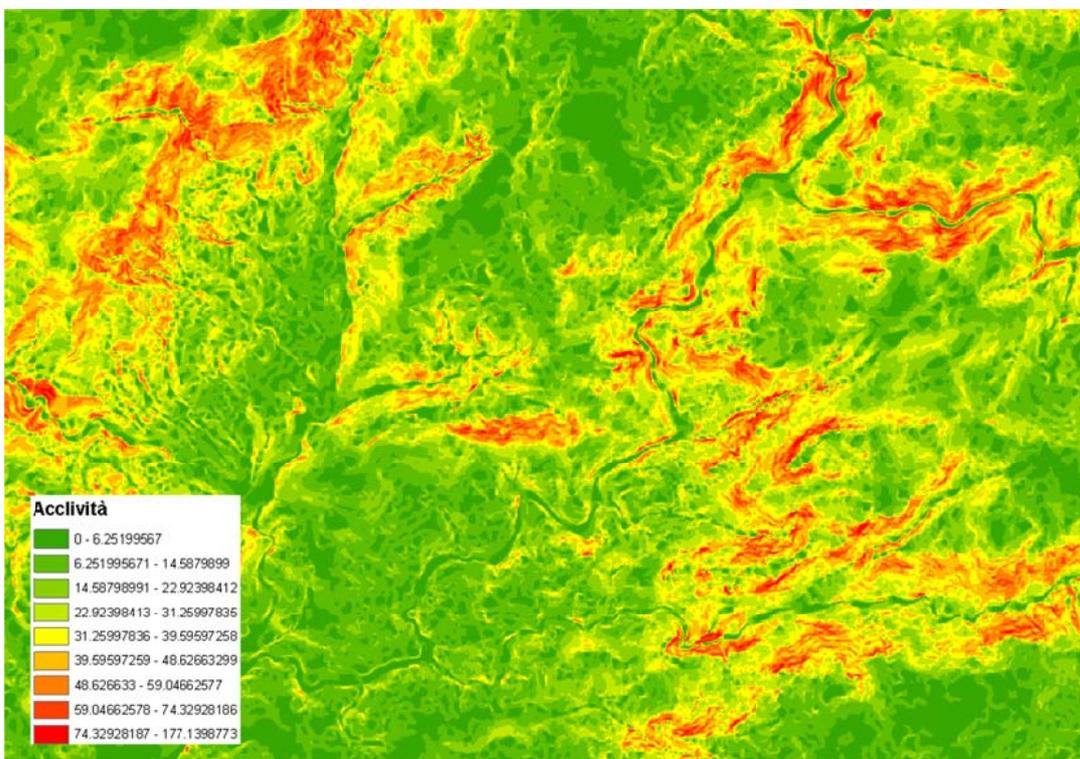


Figura 29 – Esempio di Carta delle pendenze

Con l'ausilio di tale carta digitale è stato possibile ricavare le seguenti grandezze geometriche:

- pendenza media del bacino: espressa in % è stata ottenuta come media matematica delle pendenze delle differenti celle contenute all'interno dei poligoni rappresentanti ciascun bacino;
- pendenza media dell'asta: espressa in m/m ottenuta dall'intersezione tra lo *shape* contenente le aste fluviali e la carta delle pendenze.

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018

Dall'analisi dei risultati ottenuti per il calcolo del **tempo di corrivazione** con le formule utilizzate e illustrate nella tabella, si è adottato nella maggior parte dei casi il valore ottenuto con il **metodo SCS**, che in quasi tutti i casi è risultato il più basso e in tal senso maggiormente cautelativo.

Il valore del coefficiente di assorbimento o di deflusso Φ è stato calcolato con il metodo del SCS-Curve Number³ che permette di ricavare la pioggia netta in base all'espressione:

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

dove h_{lorda} è la pioggia stimata dalle curve di possibilità pluviometrica, S (in mm) rappresenta l'assorbimento del bacino, espresso dalla relazione:

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

e I_a è l'assorbimento iniziale, legato empiricamente al parametro S dalla relazione:

$$I_a = 0.2 S.$$

6.4 METODOLOGIA DI ANALISI IDRAULICA

I calcoli idraulici necessari per individuare le aree di allagamento associate alle portate di progetto, sono stati sviluppati con l'ausilio del codice di calcolo HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center-River Analysis System del U.S. Army) che consente di costruire il modello matematico delle aste fluviali in esame, rappresentandone anche gli elementi singolari, quali manufatti di attraversamento (ponti e tombinature), pile ed altre ostruzioni presenti in alveo, arginature, soglie, sfioratori e ricavare i profili della corrente in moto permanente determinati dalle portate di progetto. Tra gli output ricavati, i livelli della superficie libera nelle sezioni trasversali consentono di individuare le aree occupate dalla corrente idraulica durante l'evento di piena.

La modellazione avviene attraverso l'inserimento di sezioni trasversali alla direzione di scorrimento dell'asta fluviale, rappresentanti la morfologia del terreno ed estese lungo le sponde in misura sufficiente da contenere i tiranti idrici; le sezioni contengono le informazioni geometriche e quelle inerenti il parametro "n" di scabrezza associato a ciascun tratto ritenuto omogeneo.

Per ogni sezione trasversale sono precisamente individuate tre zone principali: quella centrale dell'alveo inciso (denominata *main channel*) e le due zone laterali golenali (denominate *right and left overbanks*).

³ U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE – SOIL CONSERVATION SERVICE, SCS National Engineering Handbook, Section 4, Hydrology, pp. 10.1÷24, Washington, D.C., U.S.A., 1972.

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018

La geometria dei corsi d'acqua definita dal profilo planimetrico dell'alveo, dalle sezioni trasversali e dai manufatti di attraversamento è stata definita sulla base della cartografia numerica a disposizione integrata da rilievi di dettaglio effettuati appositamente in prossimità delle singolarità del tracciato.

Lungo ciascuna sezione trasversale sono individuati i tratti con scabrezza omogenea, in funzione dei differenti tipi di copertura del suolo; i valori di scabrezza relativi sono stati assegnati sulla base della cartografia dell'uso del suolo disponibile nel sito della regione Sardegna <http://www.sardegna.territorio.it>. In particolare a ciascuna categoria di uso del suolo presente nella cartografia utilizzata sono stati attribuiti, con riferimento a dati presenti in letteratura tecnica⁴, specifici valori di scabrezza variabili da 0.01 a 0.35.

In tabella 3 sono stati elencati nello specifico i valori di scabrezza utilizzati ai fini del calcolo idraulico.

Tabella 4 - Valori di scabrezza per le differenti classi di uso del suolo

CLASSI DELL'USO DEL SUOLO	SCABREZZA
Arboricoltura con essenze forestali di latifoglie	0.1
Aree a pascolo naturale	0.035
Aree a ricolonizzazione artificiale	0.035
Aree a ricolonizzazione naturale	0.035
Aree aeroportuali ed eliporti	0.016
Aree agroforestali	0.1
Aree archeologiche	0.025
Aree con vegetazione rada	0.07
Aree estrattive	0.025
Aree portuali	0.016
Aree prevalentemente occupate da coltura agrarie con presenza di spazi naturali importanti	0.035
Aree verdi urbane	0.035
Bacini artificiali	0.03
Bacini naturali	0.03
Boschi di conifere	0.15
Boschi di latifoglie	0.15
Boschi misti di conifere e latifoglie	0.15
Campeggi, aree sportive e parchi di divertimento	0.035
Cantieri	0.025

⁴ Ven Te Chow, Applied Hydrology, Mc-Graw Hill, 1988 .

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante

RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018

CLASSI DELL'USO DEL SUOLO	SCABREZZA
Cimiteri	0.035
Colture in serra	0.035
Colture temporanee associate a colture permanenti	0.035
Colture temporanee associate ad altre colture permanenti	0.035
Colture temporanee associate al vigneto	0.35
Colture temporanee associate all'olivo	0.035
Discariche	0.025
Fiumi, torrenti e fossi	0.03
Formazioni di ripa non arboree	0.05
Formazioni vegetali basse e chiuse, stabili, composte principalmente di cespugli, arbusti e piante erba	0.05
Frutteti e frutti minori	0.035
Gariga	0.05
Impianti a servizio delle reti di distribuzione (telecomunicazioni/energia/idriche)	0.016
Insedimenti industriali/artigianali e commerciali, con spazi annessi	0.016
Insedimento di grandi impianti di servizi	0.016
Lagune, laghi e stagni costieri a produzione ittica naturale	0.03
Letti di torrenti di ampiezza superiore a 25 m	0.03
Macchia mediterranea	0.1
Oliveti	0.035
Paludi interne	0.03
Paludi salmastre	0.03
Pareti rocciose e falesie	0.015
Pioppeti, saliceti, eucalitteti ecc anche in formazioni miste	0.15
Prati artificiali	0.035
Prati stabili	0.035
Reti ferroviarie comprese le superfici annesse (stazioni, smistamenti, depositi ecc)	0.04
Reti stradali e spazi accessori (svincoli, stazioni di servizio, aree di parcheggio ecc)	0.016
Seminativi in aree non irrigue	0.04
Seminativi semplici e colture orticole a pieno campo	0.04
Sistemi colturali e particellari complessi	0.035
Spiagge di ampiezza superiore a 25 m	0.03
Sugherete (popolamenti puri di querce da sughera con copertura >25% con evidenti cure colturali)	0.15

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018

CLASSI DELL'USO DEL SUOLO	SCABREZZA
Tessuto agro-residenziale sparso e fabbricati rurali a carattere tipicamente agricolo o rurale	0.016
Tessuto discontinuo (extraurbano)	0.016
Tessuto residenziale compatto e denso	0.016
Tessuto residenziale rado	0.016
Vigneti	0.035
Vivai	0.04

Il profilo di moto permanente è stato determinato numericamente per differenze finite risolvendo le equazioni dell'idraulica con condizioni al contorno specifiche per i tratti di alveo studiati.

Per la definizione delle singolarità sono state utilizzate le **funzioni specifiche** denominate "Bridge" e "Culvert" per rappresentare i ponti e viadotti stradali nonché i sottopassi stradali e ferroviari trasversali alla corrente, la funzione "Leeve" per rappresentare le arginature, la funzione "Ineffective flow area" per rappresentare le zone laterali al canale principale occupate dall'acqua con velocità molto basse, sostanzialmente non contribuenti alla corrente monodimensionale e situate a ridosso dei manufatti o terrapieni. In corrispondenza delle confluenze tra aste differenti è stata utilizzata la funzione "Junction", che funge da condizione al contorno "interna" ai gruppi di aste appartenenti ad un unico modello di calcolo.

Le simulazioni sono state sviluppate in corrente mista o lenta, assegnando di volta in volta le condizioni al contorno pertinenti ai tratti studiati; in corrispondenza di confluenze tra aste differenti, la condizione al contorno è "interna" al gruppo di aste appartenenti allo stesso modello e rappresentata dalla stessa funzione "junction".

Le simulazioni hanno evidenziato lievi innalzamenti del pelo libero verso monte (profilo di rigurgito) in corrispondenza dei passaggi attraverso luci, soglie o restringimenti presenti in corrispondenza degli attraversamenti interferenti con il reticolo idrografico. Inoltre l'estensione delle aree di allagamento è particolarmente significativa nel tratto di monte del Canale Urune, a causa della modesta pendenza dell'alveo e della morfologia sostanzialmente pianeggiante delle aree circostanti che induce ristagno idrico, in presenza di portate molto elevate (comprese tra 66 e 340 mc/s).

Per quanto riguarda la delimitazione delle **aree a pericolosità idraulica** per i tempi di ritorno considerati, il lavoro è stato sviluppato a partire dai risultati delle simulazioni su modello matematico, effettuando la trasposizione sulla cartografia in scala 1:10.000 della traccia planimetrica corrispondente alle aree bagnate dai tiranti idrici; le superfici interessate dalle piene

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018

risultano determinate dalle aree per le quali la relativa quota altimetrica è inferiore al battente d'acqua risultante dai calcoli. In una eventuale fase di affinamento e seconda approssimazione, derivante dalla disponibilità di eventuali nuovi rilievi del terreno particolarmente utili nelle zone più pianeggianti, si potrebbero analizzare nel dettaglio condizioni locali che sfuggono alle elaborazioni numeriche e apportare alcune lievi modifiche “fuori calcolo”.

Nei tratti dei corsi d'acqua già oggetto di perimetrazione studiati nel presente lavoro di approfondimento, la perimetrazione proposta coesisterà provvisoriamente con quella vigente a partire dall'adozione preliminare da parte dell'Autorità di Bacino; per tali tratti è stata predisposta la configurazione “inviluppo” che include i perimetri più cautelativi delle configurazioni (pianificazione vigente del PAI o del PSFF e presente Studio). Successivamente all'adozione definitiva con la procedura di **Variante ai sensi dell'art. 37 comma 3** delle N.A., saranno annullate le aree a pericolosità che esulano dal presente Studio per i tratti studiati mentre resteranno in vigore quelle riferite ad eventuali segmenti non oggetto di approfondimento.

Pertanto, con le procedure descritte sono state definite le Carte della Pericolosità Idraulica, nelle quali si riportano i perimetri e le campiture con tonalità di colore dell'azzurro differenti in funzione del livello di pericolosità da moderato a molto elevato (Hi1-Hi2-Hi3-Hi4).

Per ciascuna asta fluviale sono state tracciate le **sezioni trasversali** lungo l'asta principale, la cui numerazione procede in ordine crescente da valle verso monte in conformità alle regole del programma. Gli **attraversamenti delle aste fluviali** dovuti a viadotti, ponti e sottopassi sono stati identificati con specifiche sigle e classificati in ordine crescente da valle verso monte.

Nell'Allegato “*Simulazioni in moto permanente*” sono riportati per ciascuna asta o sistema di aste fluviali i seguenti contenuti grafici e numerici:

- schemi planimetrici delle aste principali con indicazione delle sezioni trasversali;
- profili longitudinali dell'alveo con i profili della superficie libera per le portate con i tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni e in taluni casi con l'indicazione delle velocità;
- sezioni trasversali con le indicazioni delle singolarità (ostruzioni, argini, pile, ponti e tombature), della scabrezza e dei livelli raggiunti dai battenti idrici per le portate studiate;
- tabelle riepilogative delle grandezze fisiche e idrauliche.

L'allegato B contiene le tabelle inerenti i risultati dello studio idrologico che ha condotto alla determinazione delle portate di piena per i 4 tempi di ritorno del PAI per ciascun bacino studiato.

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018

Per l'analisi idraulica si vedano le simulazioni in moto permanente riportate integralmente nell'allegato C, nonché le Carte di pericolosità idraulica raccolte nelle tavole da 4 a 6.

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018

7 CONCLUSIONI

Lo Studio di Assetto idraulico è stato condotto ai sensi delle N.A. e nel rispetto delle Linee Guida del PAI per l'area delimitata dalla porzione del Piano di Conservazione e Valorizzazione delle Bonifiche di Alghero soggetto a variante urbanistica. Il lavoro di indagine e approfondimento è stato esteso al centro, con lo scopo di studiare nel dettaglio i corpi idrici presenti e accertarne il livello di pericolosità idraulica, individuando le relative aree di allagamento per i tempi di ritorno prescritti e confrontandole con quelle vigenti.

Per ciascun corpo idrico sono stati individuate le criticità provocate da restringimenti, manufatti o ostruzioni di vario tipo, con l'ausilio di strumentazioni per il rilievo in campo (laser, GPS, attrezzature tradizionali) e software specialistici per le elaborazioni numeriche cartografiche e di calcolo. Le aree a Pericolosità Idraulica ottenute, distinte nei quattro livelli canonici, saranno introdotte dall'Amministrazione Comunale di Alghero nella base cartografica di Piano, e costituiranno uno dei principali riferimenti per il prosieguo della pianificazione. Esse saranno sottoposte all'approvazione da parte dell'Agenzia Regionale del Distretto Idrografico e successivamente potranno essere ufficialmente adottate nel PCVB, vincolando le scelte in materia urbanistica e indirizzando lo sviluppo e la gestione del territorio. Parallelamente dette nuove aree costituiranno la base per l'attuazione della Variante del PAI a seguito di studio di dettaglio, unitamente alle Carte del Danno potenziale e del Rischio Idraulico che saranno redatte successivamente all'adozione preliminare delle pericolosità.

Tra le **criticità** individuate emergono quelle relative all'insufficienza degli attraversamenti dei compluvi da parte della viabilità secondaria che generano l'innalzamento dei tiranti idrici verso monte e l'incremento delle superfici allagate. Inoltre si fa osservare che la tipica morfologia pianeggiante induce aree di allagamento molto estese seppur talvolta con battenti modesti, in particolare nel settore di monte del Canale Urune. L'estensione degli allagamenti potrà diminuire a seguito della realizzazione di interventi di mitigazione che incrementino le sezioni degli alvei a monte della progressiva 7977.65 e che adeguino le dimensioni degli attraversamenti stradali alle portate con tempo di ritorno di 200 anni.

Relativamente all'area di allagamento originata dalle piene del Canale Urune nel tratto studiato dal PSFF, si riporta di seguito il confronto tra i perimetri di pericolosità molto elevata (Hi4), dal quale si può evincere la minore estensione delle aree prodotte dalle elaborazioni del presente studio pur con portate inferiori; la geometria del perimetro è più rispettosa della reale morfologia del terreno e presenta continuità con gli altri elementi idrici presenti (aste secondarie non trascurabili).

COMUNE DI ALGHERO (SS)

STUDI DI DETTAGLIO PER L'ADEGUAMENTO DEGLI STRUMENTI URBANISTICI COMUNALI AL P.A.I.
Studio di assetto idraulico ai dell'art. 8 comma 2bis delle N.A. del PAI esteso all'area del P.C.V.B. oggetto di variante
RELAZIONE GENERALE – revisione Giugno 2018



Figura 30 – aree a pericolosità idraulica molto elevata – perimetrazione da **Studio 2018**

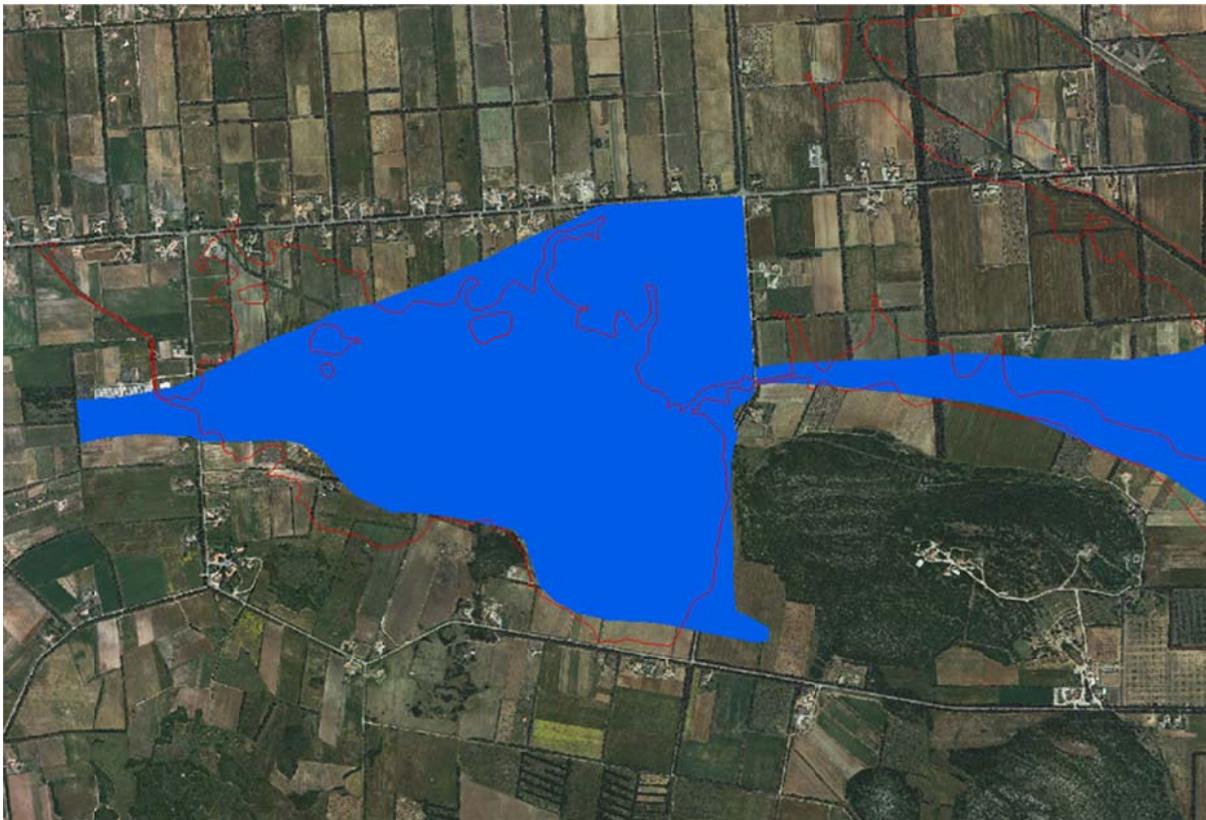


Figura 31 – aree a pericolosità idraulica molto elevata **da PSFF** – perimetrazione da Studio 2018 riportata con colore rosso

i professionisti incaricati