COMUNE DI UTA

PIANO DI LOTTIZZAZIONE KARLA + CARTA - COMPARTO A E COMPARTO B

via Is Prunixeddas

PIANO DI LOTTIZZAZIONE

ORDINE INGEGNERI PROVINCIA CAGLIARI
N. 5239
Dott. Ing. LUCA LINGUINI

ORDINE INGEGNERI PROVINCIA CAGLIARI
N. 5662
Dott. Ing. GIANCARLO PINTUS

SPAZIO PER I TIMBRI

TITOLO ELABORATO:

STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA AI SENSI DELL'ART.8 COMMA 2 DELLE N.A. DEL PAI

ALLEGATO

F

PROGETTISTI RESPONSABILI:

Ing. Giancarlo PINTUS
Ing. Luca LINGUINI
Dott. Geol. Simone MANCONI

COLLABORATORI:

LINGUINI & PINTUS

STUDIO LINGUINI & PINTUS
info@linguinipintus.eu
www.linguinipintus.eu
(+39)070.4614950
via Cavour 9, 09032 Assemini (CA)

MARZO 2017

COMMITTENTI:

KARLA srl
Luigi CARTA
Susanna SERRELI

AGGIORNAMENTI

	DATA EMISSIONE	OGGETTO REVISIONE	VERIFICATO	APPROVATO
0				
1				
2				
3				

Stampa del: **lunedì 24 aprile 2017 / 10:58**

Nome del file: **Mod01_03GP KARLA + CARTA - UTA - 2017.pln**

RESPONSABILE PROCEDIMENTO:

INDICE

1. Premessa 3
2. Introduzione 4
3. Analisi dello stato dei luoghi 5
4. Ubicazione dell'area in esame 6
5. Quadro di riferimento programmatico attualmente vigente 7
6. Analisi morfometrica dell'area d'intervento 11
7. Analisi idrologica dell'area d'intervento 14
8. Analisi del quadro di riferimento programmatico – P.S.F.F. 23
9. Assegnazione del Curve Number 26
10. Caratteristiche idrologiche del bacino idrografico 28
11. Determinazione del tempo di corrivazione minimo 31
12. Analisi idraulica 34
13. Scelta del metodo e calcolo della Portata di massima piena 49
14. Modellazione idraulica 51
15. Determinazione dell'equazione del moto idraulico e calcoli idraulici 54
16. Determinazione delle perdite di carico 55
17. Determinazione delle perdite per attrito 55
18. Determinazione delle perdite per contrazione ed espansione 56
19. Creazione di Sezioni interpolate 57
20. Formazione di Giunzioni di Canali 58
21. Ponti ed attraversamenti in sezioni chiuse 58
22. Determinazione del profilo di moto permanente 59
23. Risultato delle analisi 60
24. Conclusioni 71

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

1. Premessa

Nell'ambito del progetto di attuazione del Piano di Lottizzazione denominato "Karla e più", è stato predisposto uno studio di compatibilità geologica e geotecnica a firma dei professionisti Dott. Ing. Luca Linguini, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Cagliari al n. 5239, Dott. Ing. Giancarlo Pintus, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Cagliari al n. 5662 e Dott. Geol. Simone Manconi, iscritto all'Ordine dei Geologi della Sardegna al n. 513.

Nella presente relazione, verranno meglio precisati gli aspetti idrologici, idrogeologici ed idraulici relativi all'area di studio ed a un suo congruo intorno, avendo cura di argomentare al meglio la compatibilità idraulica dell'intervento proposto sia in funzione degli effetti dell'intervento sui i livelli di pericolosità rilevati dal PAI, sia sugli effetti diretti sull'ambiente tenendo conto dell'evoluzione della rete idrografica complessiva e del trasferimento della pericolosità a valle (c.d. Invarianza idraulica).

Il principio dell'invarianza idraulica dovrà essere soddisfatto secondo quanto disciplinato dal Titolo V delle Norme di Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) della Sardegna contenente le "Norme in materia di coordinamento tra il PAI e il Piano di Gestione del rischio di alluvioni (PGRA)", aggiornate con Delibera del Comitato Istituzionale n° 2 del 30.07.2015 e approvate in via definitiva dalla Deliberazione di Giunta Regionale n° 43/2 del 01.09.2015, avente ad oggetto "Valutazione e gestione dei rischi di alluvioni. Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni del distretto idrografico della Regione Sardegna. Direttiva 2007/60/CE. D. Lgs. n. 49/2010".

Per quanto concerne i contenuti dello studio di compatibilità idraulica, questo verrà compilato secondo quanto disposto dall'art. 8 comma 2 delle N.A. del P.A.I. "Indirizzi per la pianificazione urbanistica e per l'uso di aree di costa".

La norma richiamata, stabilisce che: *indipendentemente dall'esistenza di aree perimetrate dal PAI, in sede di adozione di nuovi strumenti urbanistici anche di livello attuativo e di varianti generali agli strumenti urbanistici vigenti i Comuni - tenuto conto delle prescrizioni contenute nei piani urbanistici provinciali e nel piano paesistico regionale relativamente a difesa del suolo, assetto idrogeologico, riduzione della pericolosità e del rischio idrogeologico, assumono e valutano le indicazioni di appositi studi di compatibilità idraulica e 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.*

Le conseguenti valutazioni comunali, poste a corredo degli atti di piano costituiscono oggetto delle verifiche di coerenza di cui all'articolo 32 commi 3, 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".

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

Lo studio di compatibilità idraulica, predisposto secondo i criteri di cui all'allegato E, avrà cura di dimostrare la coerenza con le previsioni e le norme del P.A.I., le relazioni tra le trasformazioni del territorio derivanti dalla realizzazione dell'intervento proposto e le condizioni dell'assetto idraulico e del dissesto idraulico attuale e potenziale dell'area interessata, anche studiando e quantificando le variazioni della permeabilità e della risposta idrologica della stessa area.

In sintesi, lo studio di compatibilità idraulica, avrà cura di dimostrare che l'intervento sottoposto all'approvazione verrà progettato rispettando il vincolo di non aumentare il livello di pericolosità e di rischio esistente - fatto salvo quello eventuale intrinsecamente connesso all'intervento ammissibile - e di non precludere la possibilità di eliminare o ridurre le condizioni di pericolosità e rischio che dovessero verificarsi in futuro.

2. Introduzione

Nello studio di compatibilità idraulica, verranno argomentati i seguenti aspetti:

- Analisi idrologica del/i bacino/i idrografico/i;
- Analisi idrologica dei sotto-bacini idrografici;
- Analisi idraulica dell'asta/e fluviale/i;
- Analisi dei processi erosivi in alveo e nelle aree di allagamento;
- Analisi dei processi erosivi e delle sollecitazioni dei manufatti.

La compatibilità idraulica dell'intervento proposto:

a) è verificata in funzione degli effetti dell'intervento sui livelli di pericolosità rilevati dal PAI e quando presente, anche dal P.S.F.F.;

b) è valutata in base agli effetti sull'ambiente tenendo conto dell'evoluzione della rete idrografica complessiva e del trasferimento della pericolosità a monte e a valle (concetto di invarianza idraulica).

Nella presente relazione verranno determinare analiticamente le portate di piena dei corsi d'acqua della zona (sempre che essi siano presenti) e dei compluvi afferenti alla zona d'intervento affinché si valuti con precisione l'effettiva capacità di smaltimento delle sezioni idrauliche.

La valutazione delle portate di piena verrà condotta secondo i criteri delle Linee Guida del PAI vigente e del PSFF II° Versione, adottato definitivamente per tutto il territorio regionale con Delibera del Comitato Istituzionale n° 2 del 17.12.2015, che prevede vengano prioritariamente identificati i cosiddetti tronchi critici, ossia quei tratti di alveo che hanno presentato o presentano situazioni di insufficienza idraulica con conseguenti allagamenti in aree con significativa presenza di attività antropiche, ovvero che potrebbero provocare situazioni di pericolo a seguito di probabili eventi meteorici estremi.

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

Le Linee Guida stabiliscono inoltre che le portate di piena da assumere nella generazione degli scenari di pericolosità siano quelle caratterizzate da tempi di ritorno 50, 100, 200 e 500 anni e che esse vengano stimate mediante i metodi classici dell'idrologia, operando una attenta scelta fra le diverse formulazioni possibili e una valutazione critica dei parametri utilizzati.

In particolare, pongono l'accento sulla possibilità di stimare le portate direttamente sulla base delle distribuzioni probabilistiche dei massimi annui (regionalizzate o locali) o per mezzo di relazioni empiriche, oppure mediante un processo indiretto di trasformazione afflussi/deflussi basata, principalmente, sulla così detta formula razionale.

Tutti i risultati delle stime ottenute applicando le diverse metodologie sono stati analizzati criticamente, sino a operare le scelte definitive che hanno consentito di assumere i valori di portata utilizzati nelle simulazioni modellistiche e le verifiche idrauliche sugli alvei naturali.

Nel complesso, il documento analizzerà le possibili alterazioni dei regimi idraulici collegate alle nuove previsioni di uso del territorio, con particolare riguardo al progetto proposto.

3. Analisi dello stato dei luoghi

L'intervento in progetto ricade all'interno di un comparto situato in località Is Perrizonis, e confina a nord con la strada comunale di via Is Prunixeddas, nel Comune di Uta.

L'area è contraddistinta al nuovo catasto terreni al Foglio 4 mappale 1217, e ricade in zona urbanistica "C" - sottozona "C2" del P.U.C. di Uta.

L'intervento di lottizzazione prevede la realizzazione di 9 lotti nei quali potranno essere realizzati degli edifici di nuova costruzione, anche pluripiano da realizzarsi con struttura intelaiata travi – pilastri in c.a. e fondazioni continue in c.a.

Come si evince dalla documentazione fotografica allegata, l'area d'intervento risulta localizzata all'interno di un tessuto peri-urbano, corrispondente da un punto di vista urbanistico alle zone di attuale espansione. Storicamente, queste zone erano destinate prevalentemente agli spazi agricoli, laddove ancora oggi si praticano colture erbacee ed arboree da frutto.

Nell'ambito di quelle che sono state le legittime esigenze di espansione territoriale, il Comune di Uta, nel suo strumento urbanistico, ha individuato diversi comparti e sub-comparti di iniziativa privata, i quali risultano ubicati esattamente nel settore occidentale rispetto all'abitato, in posizione baricentrica tra il Rio Flumini Mannu ed il Rio Cixerri.

La distribuzione delle opere di urbanizzazione primaria, rende possibile lo smaltimento a gravità delle acque nere, che risultano allacciate ad un collettore ϕ 200 il quale transita proprio sotto il sedime stradale della Via Is Prunixeddas.

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

Discorso diverso per le acque bianche di ruscellamento superficiale, le quali non risultano canalizzate e quindi vengono smaltite secondo le linee di massima pendenza del terreno.

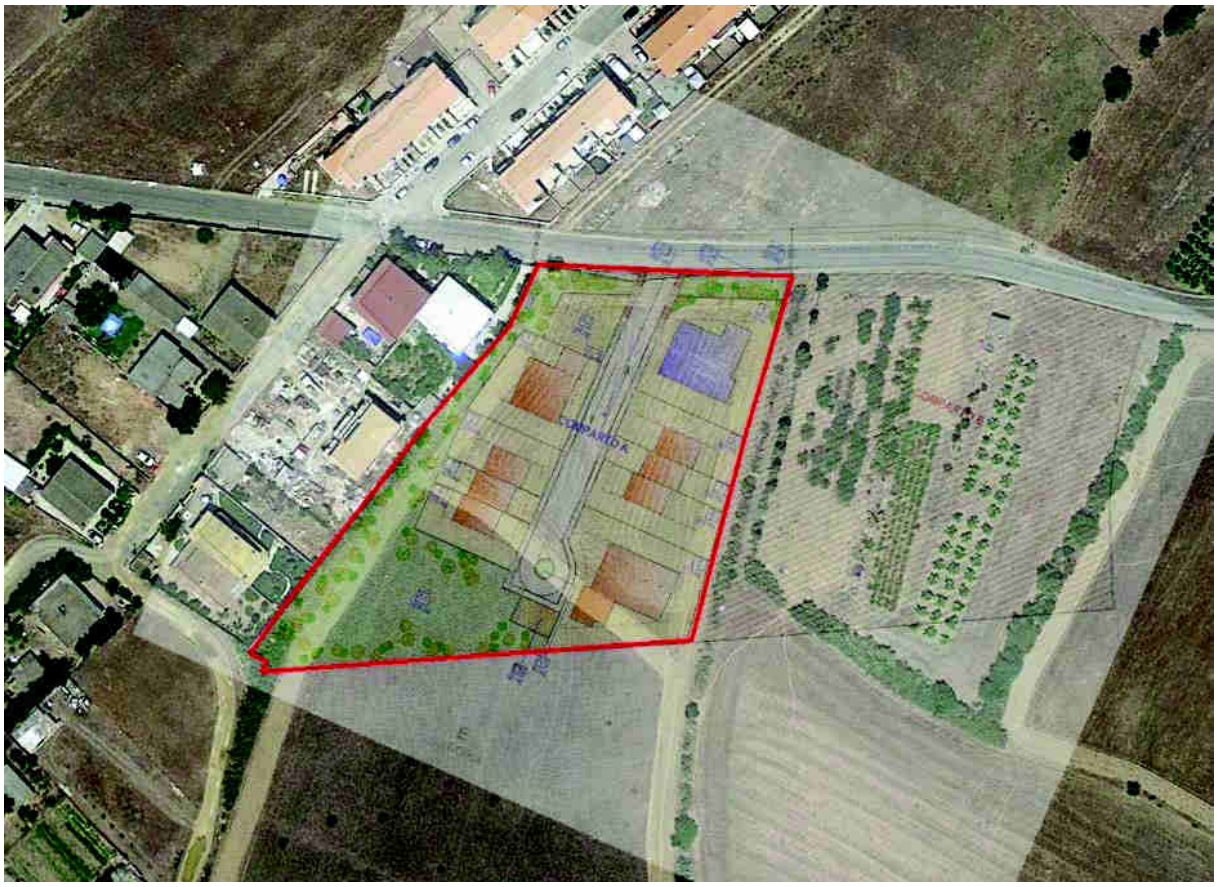


Fig. 1: Inquadramento Aerofotogrammetrico dell'area d'indagine e Overlay dell'intervento

4. Ubicazione dell'area in esame

Il sito oggetto di intervento è ubicato nella zona di espansione urbana del Comune di Uta (CA), più precisamente nella Via Is Prunixeddas.

Nell'eseguire i lavori relativi all'ubicazione, alla caratterizzazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica, si è fatto riferimento alla seguente cartografia:

- Foglio n. 556 "Assemini", dell'I.G.M.I. (scala 1:50.000);
- Foglio n. 556, sez. II "Assemini", dell'I.G.M.I. (scala 1:25.000);
- Foglio n. 556, sez. 120 "Uta" - CTR (scala 1:10.000);

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

- Piano di Assetto Idrogeologico – Regione Sardegna (Approvato con Decreto Presidente Regione Sardegna n. 67 del 10.07.2006);
- Elaborati Progettuali;
- Cartografia Catastale Comune di Uta Scala 1:2000;
- Ortofoto Digitale Georeferenziate;
- P.U.C del Comune di UTA
- Cartografia P.P.R.
- Piano Regionale delle attività estrattive (P.R.A.E.)
- Piano Forestale della Sardegna (P.F.R.S.)
- Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (Approvato definitivamente con Delibera del Comitato Istituzionale n°2 del 17.12.2015);

5. Quadro di riferimento programmatico attualmente vigente

Nell'ambito del quadro programmatico di riferimento programmatico attualmente vigente, l'area in esame ricade in zona urbanistica C2 del P.U.C. di Uta.

La superficie totale del comparto è pari a 13.665 m^2, di cui 6.820 m^2 appartengono a soggetti ader enti (comparto A) e 6.845 m^2 a soggetti non aderenti (comparto B).

L'area d'intervento è soggetta ai seguenti vincoli e prescrizioni:

- Stralcio minimo convenzionabile pari a 5.000 m^2;
- Cessione aree per servizi pubblici = 35% dell'intera area;
- Indice territoriale massimo esteso all'intero comparto = 1,2 m^3/m^2;
- Altezza massima degli edifici = 9,50 m;
- Numero massimo di piani = 3 previa verifica dell'inserimento e integrazione dei fabbricati i n progetto con l'ambiente circostante;
- Fronte minimo fabbricato per le tipologie a schiera = 5,00 m;
- Numero massimo di schiere consecutive = 6;
- Lunghezza massima dei prospetti dei fabbricati a schiera = 40,00 m;

Il progetto urbanistico si basa sul concetto di creare un complesso residenziale sostenibile immerso nel verde che dialoghi con le zone S di proprietà del comune.

La lottizzazione è caratterizzata da una strada centrale dalla quale si accede ai parcheggi pubblici (la zona S4), ai lotti fondiari e alla macro zona S posizionata a Sud - Ovest della lottizzazione.

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

Per rafforzare l'idea di complesso residenziale sostenibile si è deciso di separare l'edificato dalla strada comunale esistente di via Is Prunixeddas mediante una fascia verde pubblica larga mediamente 4,50 metri che si sviluppa parallela alla viabilità esistente.

La porzione di verde posizionata ad ovest sarà collegata mediante un viale alberato sia alla zona S4 e che alla macro zona S 1-2-3.

Ad est, la porzione di verde (S3) dialogherà con la piattaforma commerciale posta all'ingresso della lottizzazione, mediante un ingresso pedonale dedicato.

Lo studio generale riprende l'idea della fascia verde quale separazione naturalistica tra l'edificato e le arterie di traffico esistente e di progetto (strada prevista dal P.U.C. posizionata ad est).

Nel comparto B dei non aderenti la strada di lottizzazione, sempre a doppia corsia, posizionata centralmente, si sviluppa fino al confine con le zone agricole limitrofe, con forma che tiene conto della loro presenza.

Questa soluzione oltre a garantire una forma organica all'intervento, permette di accedere direttamente alle zone E dalla nuova strada in progetto.

Tuttavia, come previsto dalla vigente normativa, il comparto B dei non aderenti, come rappresentato nello studio generale in tavola 4, può essere soggetto a modifiche in funzione delle esigenze dei soggetti lottizzanti.

Sia nel comparto A (aderenti) che nel comparto B (non aderenti) sono previste tipologie di residenze a schiera e capo schiera, costituiti da edifici con 2 piani fuori terra, tipologie plurifamiliari in fabbricati a due e tre livelli fuori terra, ed edifici da adibire ad attività commerciali.

La strada di lottizzazione che garantisce l'accesso ai lotti di nuova realizzazione ha una larghezza complessiva di 10,00 m, comprensivi di marciapiedi da entrambi i lati di larghezza 1,50 m.

La rete elettrica luce / F.M. per l'alimentazione dei vari lotti e dei servizi pubblici è prevista su cavidotti interrati sotto i marciapiedi. Ogni lotto sarà dotato di un quadro di allaccio.

La rete idrica di adduzione sarà dimensionata in modo da soddisfare le esigenze della popolazione da insediare e sarà realizzata con un condotto primario in ghisa sferoidale Ø100.

La rete fognaria acque nere è costituita da una condotta in gres DN200 che serve le varie proprietà e che va ad allacciarsi alla rete comunale sulla vicina via Is Prunixeddas, realizzata con lo stesso materiale e diametro.

Tutte le utenze si collegano alla condotta di lottizzazione attraverso dei pozzett di allaccio sifonati ispezionabili. Sono previsti pozzetti di ispezione lungo linea ad una distanza massima di 25 metri per garantire una adeguata manutenzione della rete di nuova realizzazione.

L'Agenzia Regionale del Distretto Idrografico della Sardegna, con modifica delle norme di attuazione del PAI, impone il rispetto dell'Invarianza Idraulica, ovvero il principio in base

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei recettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione.

Le acque meteoriche provenienti dalle nuove superfici impermeabili (coperture dei tetti, strada, parcheggi) verranno convogliate all'interno di vasche interrate destinate ad ogni unità abitativa.

Le vasche per la raccolta delle acque provenienti dalla sede stradale e parcheggi saranno perdenti e posizionate nelle aree verdi a valle della lottizzazione (interrate, pertanto non impattanti).

Tali vasche potrebbero essere utilizzate, d'accordo con l'Amministrazione, anche come accumulo per l'irrigazione delle zone verdi.

In merito ai lotti privati, sono previste delle vasche da posizionare all'interno delle proprietà. In questo caso le vasche potrebbero essere perdenti o utilizzate come accumulo per uso irriguo, scarichi WC, lavatrici ecc. per un uso più razionale della risorsa idrica potabile.

Il dimensionamento delle vasche rispetterà le linee guida emanate dall'Agenzia Regionale del Distretto Idrografico della Sardegna sulla base dell'art. 47 delle Norme di Attuazione del P.A.I.

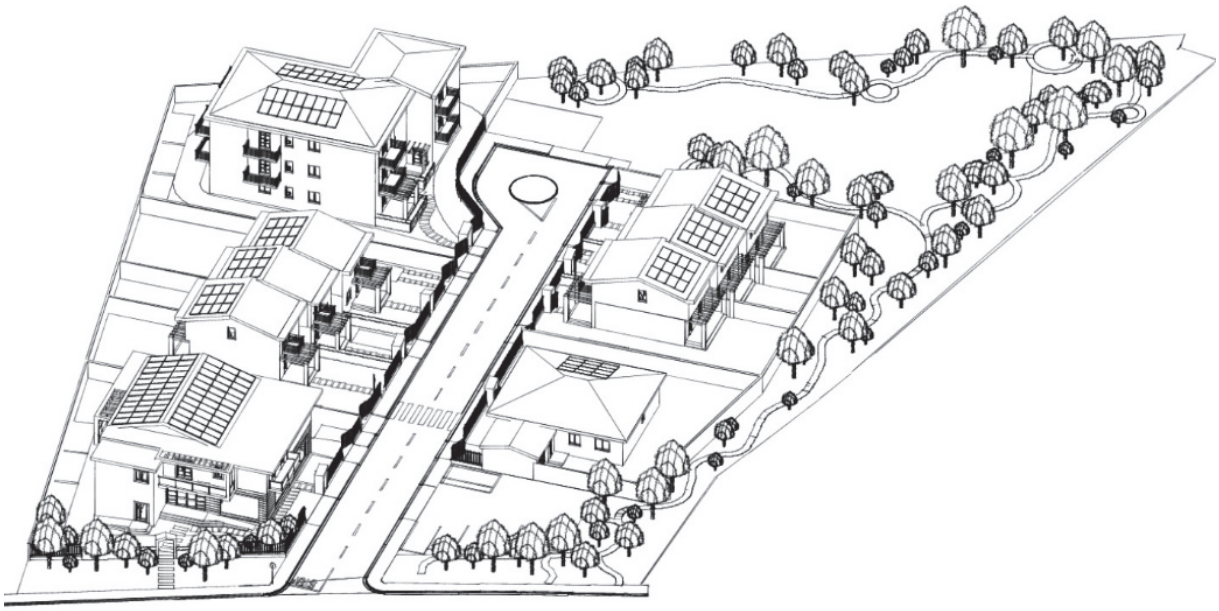


Fig. 2: Vista assonometrica dell'area d'intervento

Per quanto concerne gli aspetti programmatici inerenti la pericolosità idrogeologica definita dal P.A.I., è stato rilevato che alcuni ambiti del Comune di Uta rientrano in area a pericolosità idraulica, così come individuato nella tavola B7Hi 04/26 del Piano di Assetto Idrogeologico.

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

In tale contesto, tuttavia è stato accertato che l'area in esame, nel quale è previsto l'intervento di edificazione, attualmente non risulta inserita all'interno della perimetrazione che definisce la pericolosità ed il rischio Idraulico (Fig. 3).

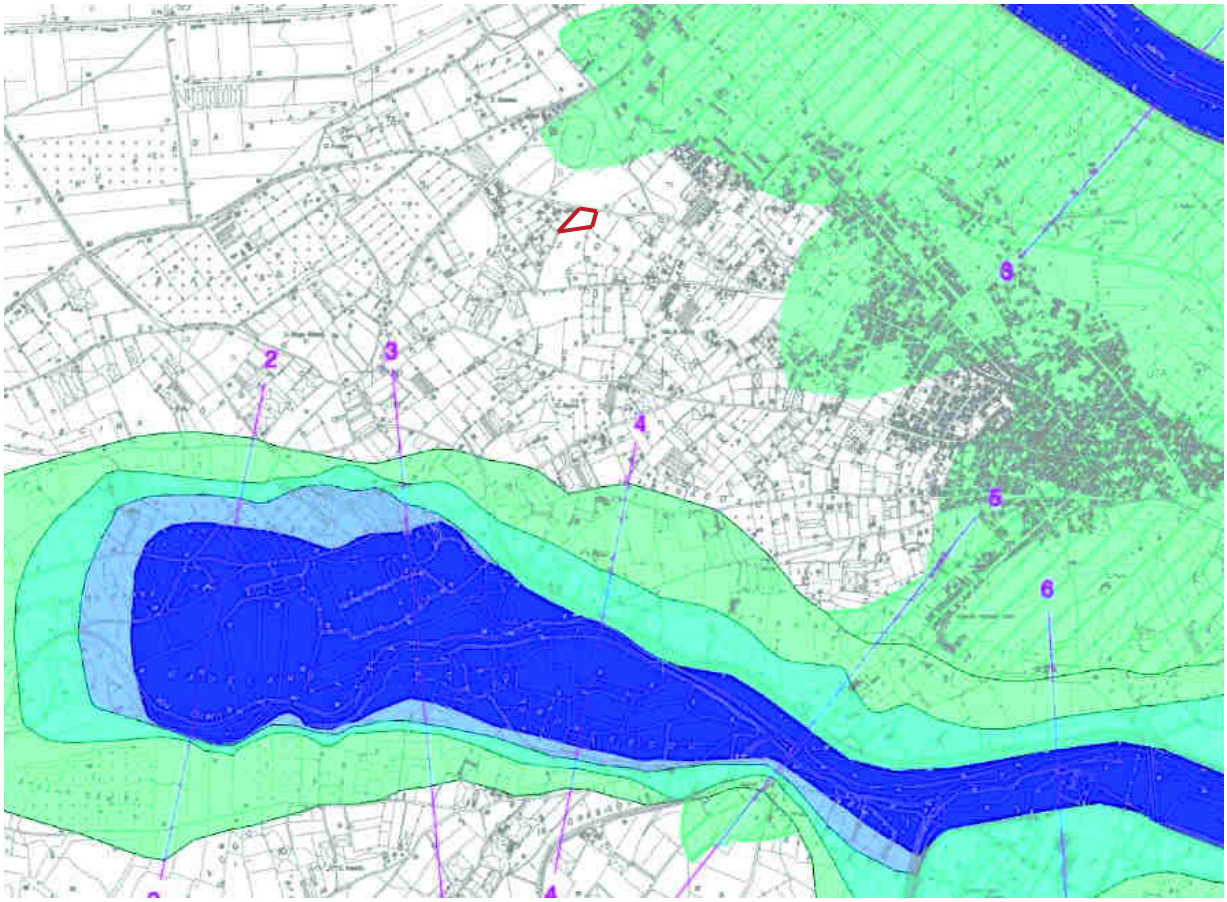


Fig. 3: Estratto Tavola PAI B7Hi04/26 – Comune di Uta

A seguito dell'approvazione del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali avvenuta con Delibera del Comitato Istituzionale n. 2 del 17.12.2015, la zona d'intervento attualmente ricade in "Fascia Geomorfologica C", corrispondente a quelle porzioni di territorio caratterizzate da eventi di piena con Tr = 500 Anni, equivalenti alle zone Hi1 (Aree a pericolosità Idraulica moderata).

Il Comune di Uta è parte integrante del Bacino Idrografico del Flumendosa – Campidano - Cixerri, nel quale sono state rilevate una serie di criticità idrauliche riportate nell'Atlante Cartografico relative al Rio Flumini Mannu.

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

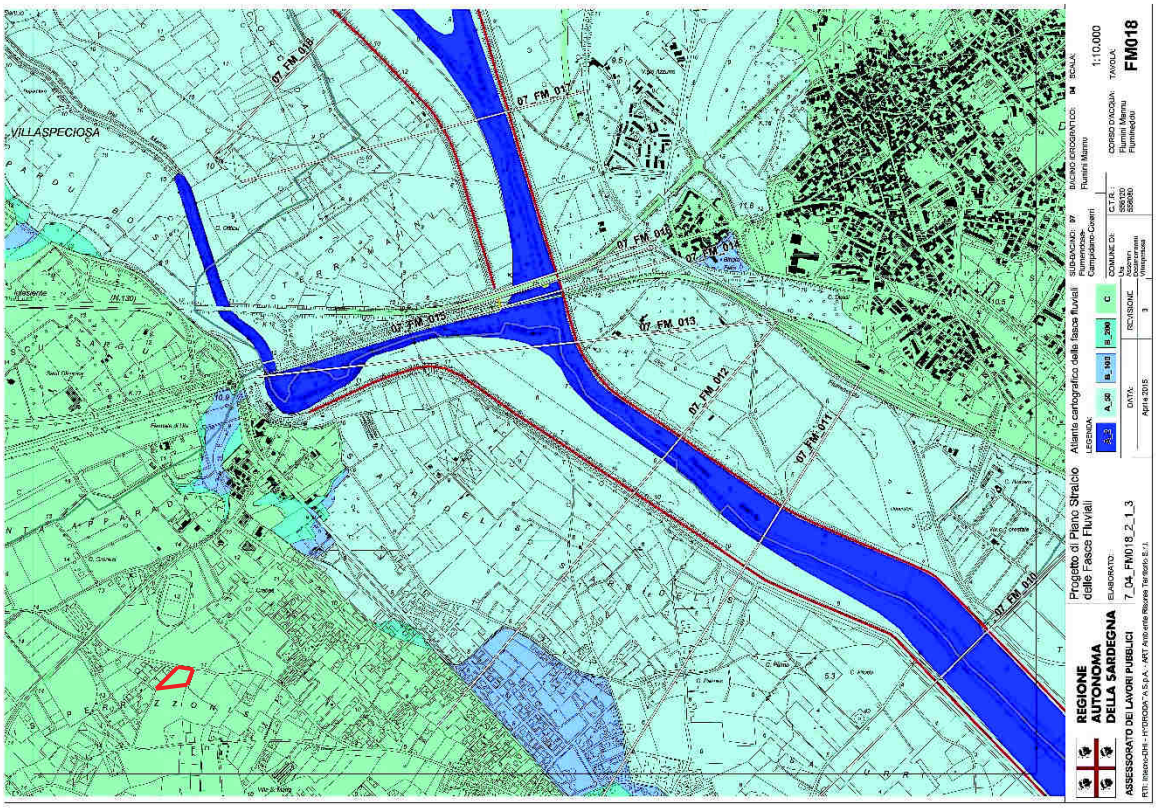


Fig. 4: Tavola FM018 – Atlante Cartografico delle fasce Fluviali Rio Flumini Mannu - Comune di Uta

6. Analisi morfometrica dell'area d'intervento

Nell'ambito dell'analisi idrologica dell'area d'intervento, appare doveroso e necessario fare alcune precisazioni in merito alla perimetrazione dei Bacini idrografici.

Nello specifico, considerato che l'area in esame risulta molto limitata come estensione, occorre approfondire più nel dettaglio la reale situazione esistente, mediante l'utilizzo di un modello digitale del terreno con passo a 1 m, molto più preciso (10 volte) del DTM 10 m.

Come è noto in letteratura, l'utilizzo di un modello digitale del terreno con maglia 10 m x 10 m produce una serie di errori soprattutto in corrispondenza delle brusche variazioni di pendenza, quali le creste, impluvi e le aree non incluse all'interno delle maglie, denominate comunemente "zone morte".

Complessivamente, la precisione del DTM 10 m in quota risulta essere variabile tra ± 1.00 m e ± 2.50 m, mentre la precisione del DTM 1 m in quota risulta essere maggiore, con un range di ± 0.10 m e ± 0.25 m. Proprio per questo problema, si è preferito rielaborare l'analisi idrografica dei bacini afferenti

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

all'area d'intervento mediante l'utilizzo del DTM 1 m della Regione Sardegna integrato da un rilievo G.P.S., laddove la variabilità antropica riveste un ruolo essenziale (strade, marciapiedi, tombinamenti ecc…).

Come si evince dalla fig.9, attraverso l'utilizzo del G.I.S. è stato possibile ricostruire con precisione la morfologia dell'area d'intervento. In effetti, sono stati eseguiti diversi tentativi alla scala di dettaglio, considerato che risultava essenziale determinare oltre alla superficie del bacino anche la direzione di deflusso delle acque superficiali.

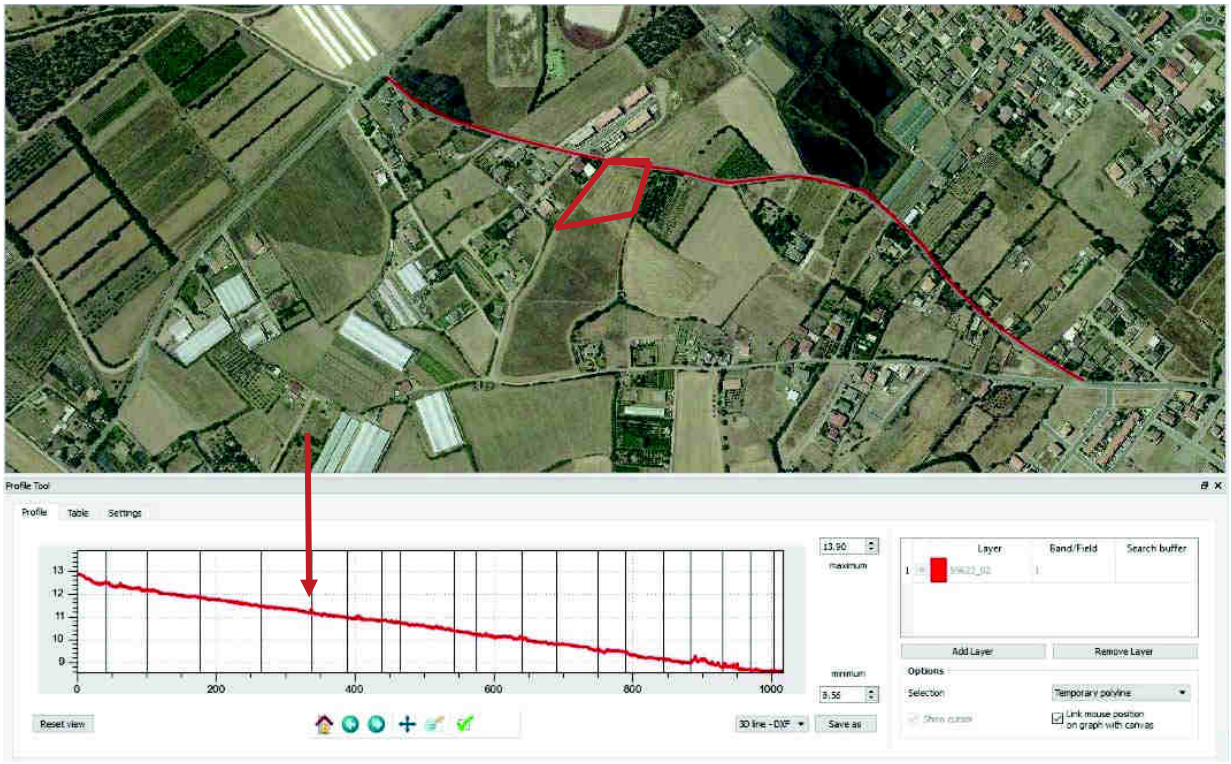


Fig. 5: Profilo plano-altimetrico dell'area d'intervento (relativa alla Via Is Prunixeddas)

Come si può notare dal profilo topografico del terreno (relativo alla Via Is Prunixeddas), l'area d'intervento costituisce parte di uno spartiacque morfologico, con pendenza verso il centro abitato di Uta.

In effetti, il modello digitale del terreno risulta molto preciso in quanto individua come direzione di deflusso principale delle acque zenitali proprio la Via Is Prunixeddas, considerato che prende come riferimento il naturale declivio del terreno (in questo caso il limite fisico della strada asfaltata).

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

Nel complesso, come si evince dal rilievo topografico di dettaglio, tutta l'area d'intervento corrisponde ad una zona morfologicamente in rilievo, (corrispondente ad un displuvio), laddove gli assi di dreno principali risultano sistemati prevalentemente lungo la Via Is Prunixeddas, che rappresenta il punto altimetricamente più basso rispetto al piano attuativo

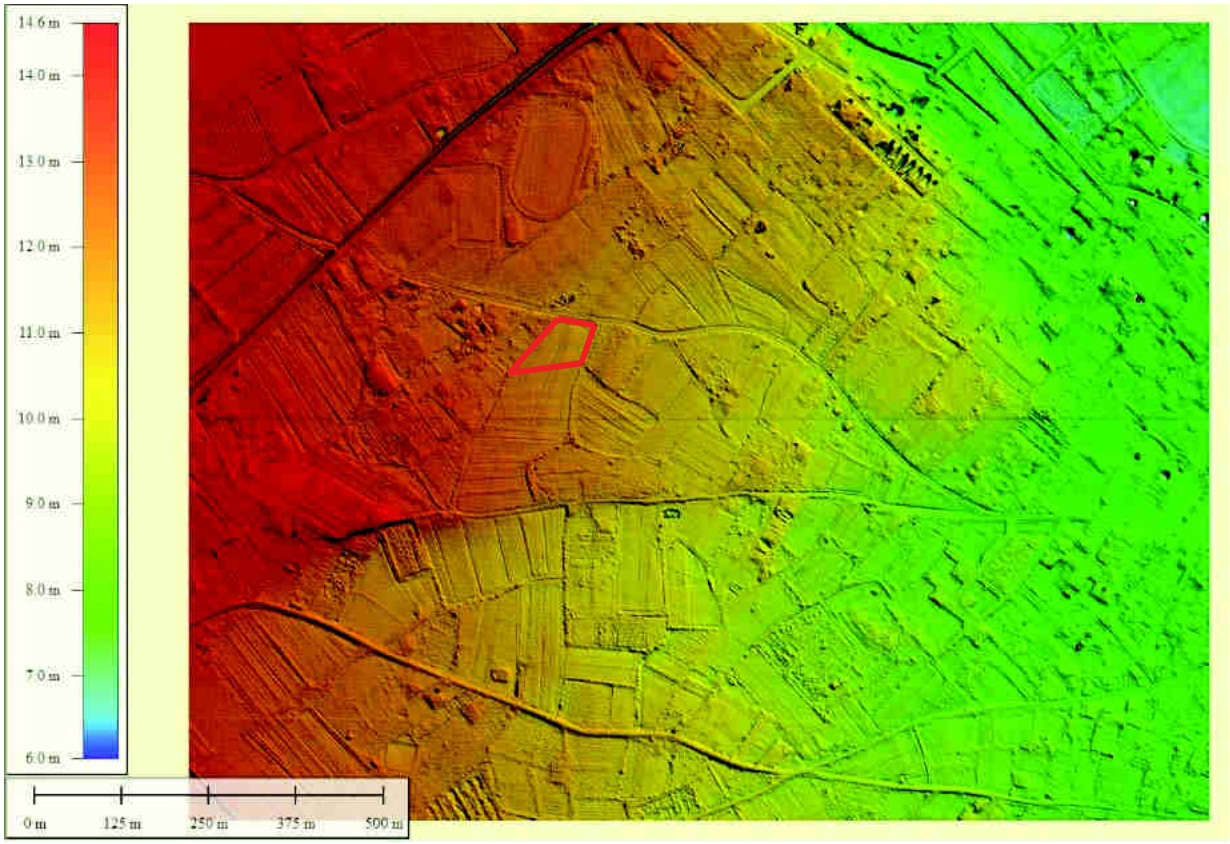


Fig. 6 –Modello altimetrico dell'area d'intervento

Costituendo la zona morfologicamente più in elevazione, le acque zenitali di ruscellamento scorrono in corrispondenza delle zone morfologicamente più depresse, ricalcando la naturale pendenza del versante, che come rilevato in sede di analisi idrologica ha una pendenza media di circa il 3%.

Per una conferma delle quote rilevate da DTM è stato eseguito un rilievo topografico di dettaglio (Piano Quotato) con tecnica GPS differenziale (correzione istantanea dell'errore), che offre sicuramente un dettaglio in quota e in distanza orizzontale nettamente superiore rispetto al DTM 1 m (nel GPS, si parla di errori di max 2-3 cm in quota).

Il risultato del rilievo, rappresentato nelle tavole progettuali, conferma in sostanza quanto rilevato dal DTM, con un livello di qualità decisamente più alto considerato che le quote rilevate corrispondono

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

alle quote di progetto su cui procedere ad una sistemazione dell'area (viabilità, rete di smaltimento acque bianche, illuminazione, rete acque nere ecc…).

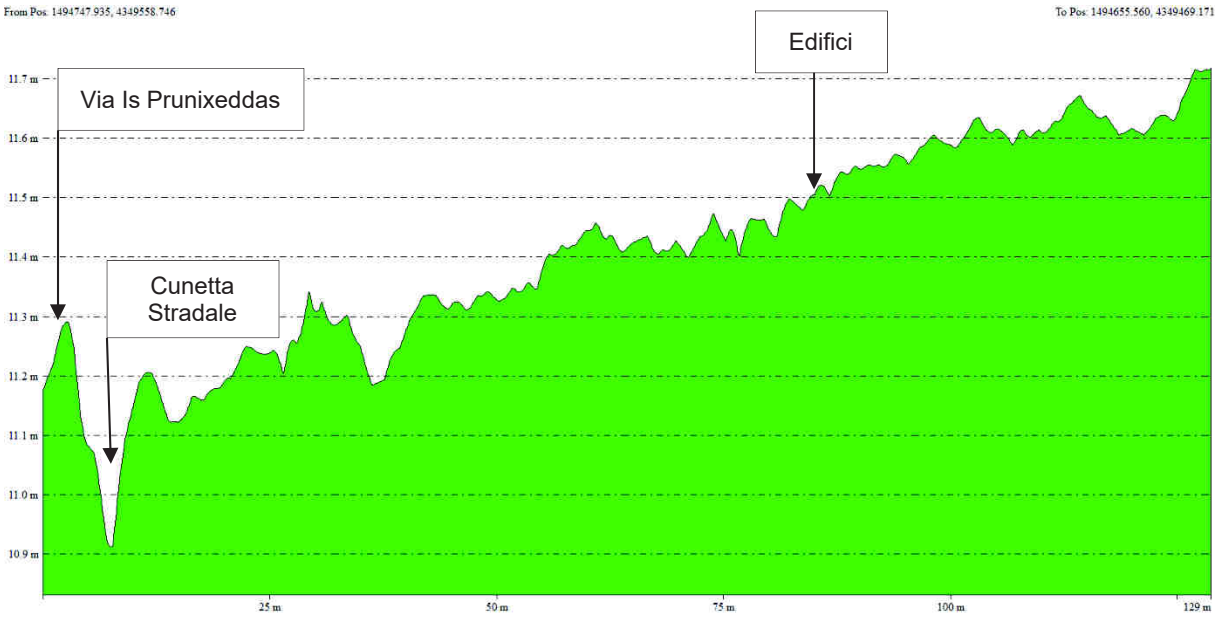


Fig. 7 –Modello altimetrico dell'area d'intervento – profilo topografico trasversale area d'intervento

7. Analisi idrologica dell'area d'intervento

Come si evince dalla documentazione cartografica, l'area d'intervento è delimitata da due corsi di valenza regionale, rappresentati dal Rio Flumini Mannu e dal Rio Cixerri, aventi entrambi direzione di deflusso E-SE verso lo Stagno di Santa Gilla.

Il Rio Cixerri, di lunghezza totale pari a circa 42 km, nasce poco a sud di Iglesias e percorre l'omonima valle in direzione W-E, con un andamento a tratti mono-cursale artificializzato da interventi di bonifica, per poi confluire nella piana del Campidano e, dopo aver oltrepassato la soglia di Siliqua, sfocia nello Stagno di Santa Gilla.

L'asta del Fiume Cixerri si sviluppa all'interno di un dominio prevalentemente alluvionale, in una valle ampia (depressione di origine tettonica), debolmente incisa, delimitata da bordi netti e ripidi con un alveo a debole pendenza caratterizzato da un ridotto trasporto solido.

L'analisi sulle orto-foto effettuata lungo il Rio Cixerri ha evidenziato dal punto di vista geomorfologico cinque tratti omogenei ben distinti: Il primo tratto si presenta interamente rettificato e canalizzato, con sezione trapezia, per una lunghezza di circa 7 km dalla località Furriadroxiu Cadeddu fino alla confluenza con il Riu Arriali, affluente secondario di sinistra.

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

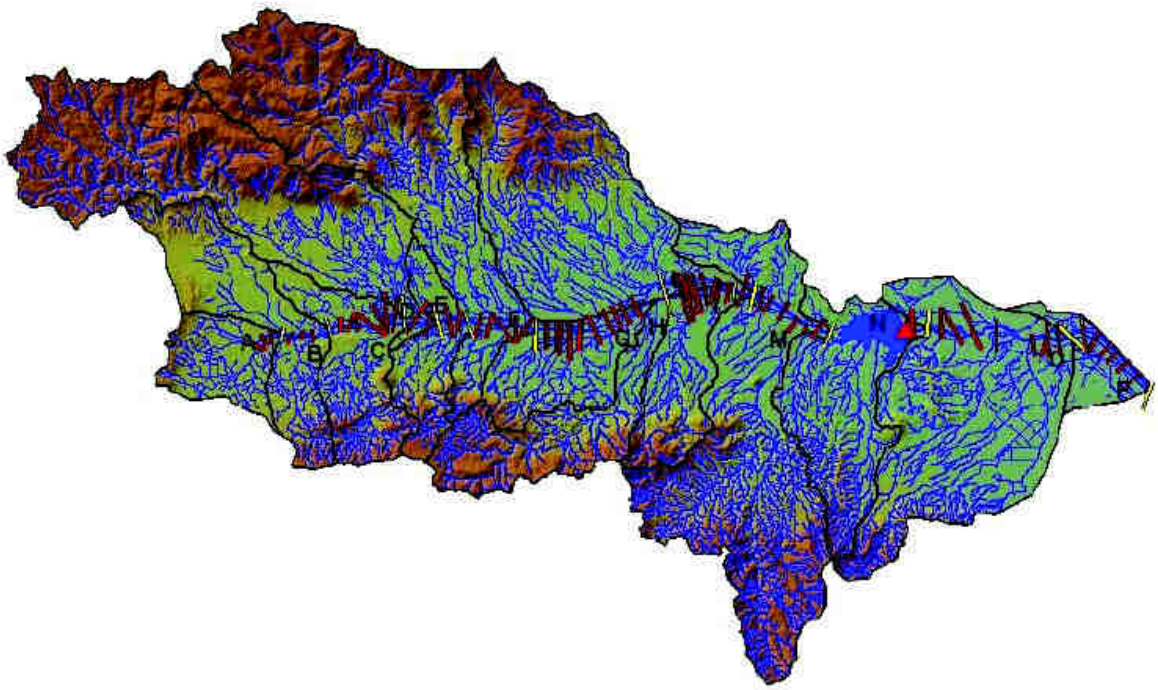


Fig.8 – Bacino Idrografico del Rio Cixerri

Non sono presenti paleo-alvei potenzialmente riattivabili, mentre sono invece frequenti e fittamente distribuiti i canali e i solchi di erosione, riattivabili in caso di eventi di piena eccezionale.

In corrispondenza della confluenza in sinistra idrografica con il Riu Arriali, si riscontra un consistente allargamento della piana alluvionale, fino a 1.500 m circa, che ospita numerose forme di erosione testimonianti il passaggio delle correnti di piena.

Il secondo tratto si estende dalla confluenza con il Riu Arriali alla località Campu Foras. Il tratto ha la conformazione di un corso d'acqua naturale, privo di opere idrauliche, che scorre all'interno di una vasta valle (larga circa 1.000 m) con debole pendenza, definita dai versanti che delimitano la Fossa del Cixerri. In corrispondenza di questo punto, l'alveo tende a essere di tipo ramificato e risultano individuabili sul fondovalle numerose evidenze di canali di erosione, canali riattivabili e di forme relitte.

Nel terzo tratto, sino alla confluenza nel lago artificiale di Genna Is Abis, l'alveo è regimato mediante interventi di rettifica del tracciato planimetrico, risagomatura della sezione trasversale e stabilizzazione del profilo longitudinale mediante numerosi salti di fondo. Il corso d'acqua principale riceve tre affluenti principali: in sinistra idrografica il Riu Cixerri su Topi e in destra idrografica il riu San Giacomo e il Riu de su Casteddu.

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

Le aree golenali sono occupate da una rete di canali e rii minori che scorrono parallelamente all'asta principale (come il Canale Narboa Sarais in destra idrografica) e risultano inoltre interessate da numerose forme d'erosione fluviale.

Nel quarto tratto, a valle del lago, l'alveo riprende una conformazione naturale, in assenza di opere idrauliche, con tipologia monocursale sinuosa tendente al meandriforme.

In corrispondenza della zona a valle dell'invaso persistono fenomeni erosivi attivi sulle sponde e l'alveo risulta discretamente inciso ma non presenta evidenze di un'evoluzione planimetrica significativa in atto. Il quinto tratto, dallo sbocco nella pianura del Campidano alla foce, il corso d'acqua diventa completamente regimato da interventi di sistemazione idraulica (arginature e difese di sponda).

Con l'inizio delle arginature su entrambe le sponde, viene a mancare quasi completamente l'erosione spondale.

Al di fuori di esse, in particolare in sponda destra presso la località sa Tuerra de Uta, sono visibili solchi di erosione, canali di erosione riattivabili e alvei abbandonati che costituiscono le tracce di antichi eventi alluvionali. Nonostante la presenza delle arginature queste forme possono essere riattivabili in caso di eventi di piena eccezionali.

L'altro corso d'acqua che influenza in maniera preponderante il territorio comunale di Uta è rappresentato dal Rio Flumini Mannu, esteso tra la località Bruncu S'Ollastu presso Nurallao e l'abitato di Serramanna. Complessivamente il Fiume viene caratterizzato sotto l'aspetto geomorfologico con riferimento ai primi 4 tratti omogenei.

Come si evince dalla documentazione del P.A.I., l'area d'intervento risulta molto lontana dalla zona del Rio Cixerri, di cui non risente degli effetti di piena, anche perché questo corso d'acqua è comunque soggetto a laminazione in corrispondenza dello sbarramento ubicato in località Genna Ia Abis (Fig. 9)

Fig.9 – Ripresa fotografica dell'invaso del Cixerri in località Genna Is Abis

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

L'altro corso d'acqua che influenza in maniera preponderante il territorio comunale di Uta è rappresentato dal Rio Flumini Mannu, esteso tra la località Bruncu S'Ollastu presso Nurallao e l'abitato di Serramanna. Complessivamente il Fiume viene caratterizzato sotto l'aspetto geomorfologico con riferimento ai primi 4 tratti omogenei.

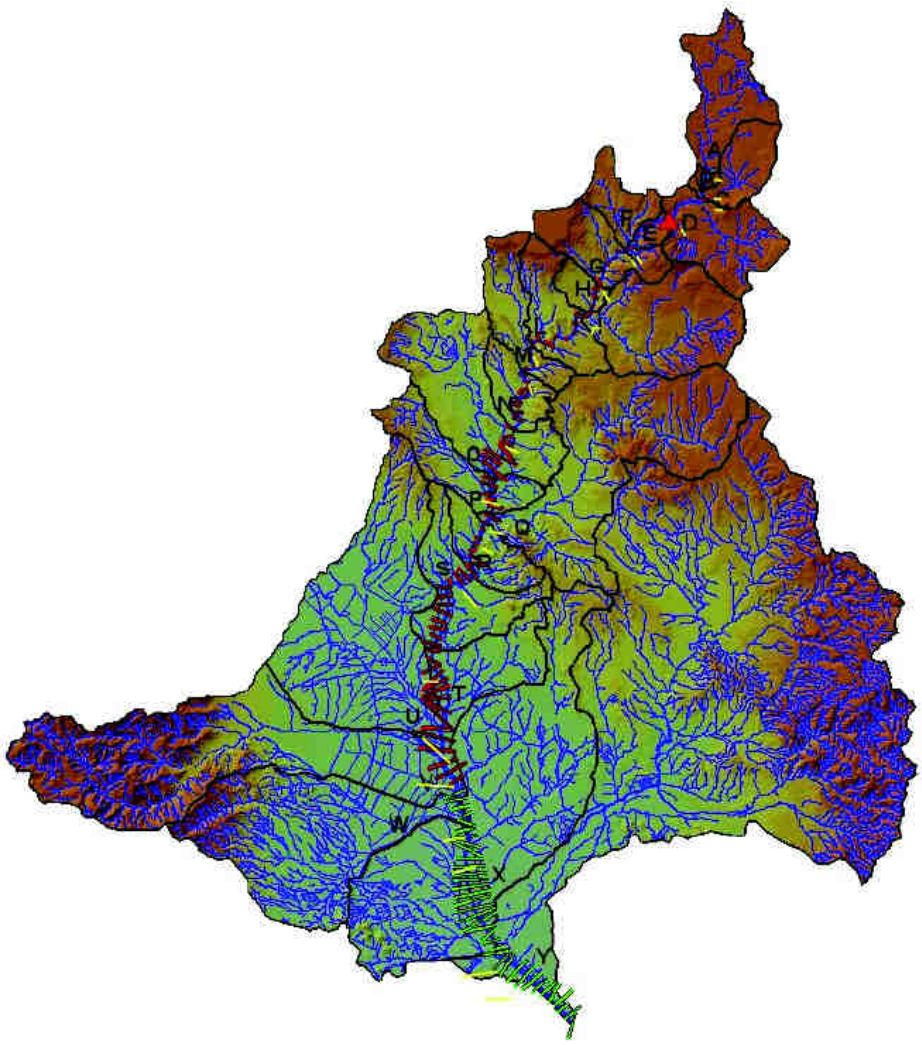


Fig.10 – Bacino Idrografico del Rio Flumini Mannu

Nel primo tratto, a monte del lago di San Sebastiano, la morfologia è quella di un corso d'acqua montano, in un fondovalle a forte pendenza, caratterizzato nel settore più a monte da salti naturali in roccia calcarea.

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

Nel secondo tratto, a valle della diga di Is Barrocus, l'alveo attivo scorre per qualche chilometro sul substrato roccioso, costituito in massima parte da scisti, sul fondo di una stretta valle a "V" che si sviluppa secondo un tracciato a meandri in roccia con elevata pendenza media.

Lo stretto fondovalle si presenta disabitato e incolto; solo nel basso tronco la valle si amplia leggermente e riduce l'acclività, tanto da permettere la coltivazione di alcune zone del fondovalle e dei versanti. Il terzo tratto raggiunge l'abitato di Villanovafranca, in una piana alluvionale che si allarga progressivamente, vincolata da rilevi miocenici e colate basaltiche. Sono presenti fenomeni di erosione spondale unitamente a una consistente presenza di depositi alluvionali grossolani legati alla tendenza al sovralluvionamento.

Il quarto tratto si estende dall'abitato di Villamar a quello di Serramanna, a valle del quale l'asta prende il nome di Flumini Mannu; l'alveo si differenzia notevolmente dai precedenti per i caratteri morfologici tipicamente fluviali.

Presso loc. Casa Fiume è posizionata una traversa di derivazione idrica. Le analisi condotte hanno permesso di evidenziare un fenomeno di generale abbassamento del profilo di fondo, da correlare presumibilmente all'alterazione dell'equilibrio del trasporto solido e, eventualmente anche alle opere di sistemazione idraulica; il fenomeno è testimoniato sia dalle trasformazioni morfologiche che dalle condizioni di scalzamento delle fondazioni delle pile dei ponti in alveo.

Nonostante i fenomeni erosivi attivi sulle sponde, l'alveo non presenta evidenze di un'evoluzione planimetrica significativa in atto, in relazione anche all'efficienza delle opere di difesa, come documentato dal confronto con la cartografia IGM riferita agli anni '40 del secolo scorso.

Dal punto di vista geomorfologico il Rio Flumini Mannu presenta per tutto il tratto d'interesse (dall'abitato di Villasor alla foce) un tipo di alveo mono-cursale ad andamento rettilineo orientato N-S e si sviluppa interamente in pianura.

L'asta è arginata sia in destra che in sinistra per tutta la sua lunghezza, mantenendo una larghezza stabile e uniforme della sezione di deflusso, con un profilo di fondo a bassa pendenza.

La realizzazione delle arginature ha stabilizzato il tracciato planimetrico dell'alveo; al di fuori di esse il rilievo si individuano numerose evidenze delle piene storiche su entrambe le sponde, come pure le divagazioni storiche sono testimoniate dalle numerose tracce di modellamento fluviale ancora visibili.

Particolare attenzione meritano le confluenze, in sinistra di numerosi affluenti secondari: il Canale Rio Malu, il Rio Flumineddu, il Rio de Giancu Meloni, il Rio di Sestu ed il Rio Mannu di San Sperate, i quali contribuiscono in maniera significativa all'apporto idrico e solido.

I depositi alluvionali recenti localizzati in prossimità delle aree di confluenza sono prevalentemente sabbiosi e ghiaiosi, ancora in evoluzione e interessati dai processi di trasporto fluviale.

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

Nel settore prossimo alla foce e prospiciente la laguna di Santa Gilla, l'alveo mostra una sezione progressivamente più larga e meno incisa; tale conformazione è una diretta conseguenza dell'immissione in mare, che frena i processi di erosione di fondo favorendo per contro la deposizione del trasporto solido.

Il confronto tra la situazione attuale dell'alveo e quella riportata sulla cartografia I.G.M. risalente agli anni '40 dello scorso secolo, non evidenzia variazioni significative del tracciato dell'alveo.

Fig.11 – Rio Flumini Mannu a Uta

Come già scritto in precedenza, secondo quanto disposto dal Piano di Assetto Idrogeologico – R.A.S., l'area d'intervento, allo stato attuale, non risulta inserita nell'ambito della perimetrazione del Rischio idraulico definita dal P.A.I.

Per la verifica della perimetrazione, ci si è riferiti ai tronchi critici che si sviluppano nella sezione di controllo del P.A.I. B7CP018 del Rio Flumini Mannu e nella sezione di controllo P.A.I. B7CXTC078 del Rio Cixerri identificate nella Tavola B7HI0426 – Sub Bacino Campidano – Flumendosa – Cixerri – Carta delle aree inondabili Comuni di Villaspeciosa – Assemini – Uta – Decimomannu.

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

Ai fini delle verifiche idrauliche le sezioni di controllo sono state scelte in maniera da riconoscervi una sezione di controllo significativa ai fini del deflusso, ovvero in cui per la presenza di un'ostruzione (ponte, soglia, guado, etc.) fosse possibile determinare l'altezza idrica al contorno per la determinazione del profilo idraulico.

La sezione di controllo B7CP018, corrispondente al ponte sul Rio Flumini Mannu è stata utilizzata nel PA.I. per il calcolo delle portate di piena con i metodi indicati nelle linee guida.

Il tronco critico in esame è costituito dal tratto del Rio Fluminini Mannu che si trova in comune di Assemini - Uta - Decimomannu, e riguarda la località denominata "Tratto terminale Riu Mannu sino alla foce". La sezione di controllo utilizzata nel P.A.I. è stata individuata per il fatto che risulta limitrofa ad un elemento sensibile classificato in categoria E3 o E4, costituito dall'insieme dei centri abitati di Assemini, di Decimomannu, di Uta, dalla ferrovia statale, dalla strada statale S.S. 130 "Iglesiente", e dalla piana circostante utilizzata in parte a fini agricoli, in parte a fini di importanti attività produttive ed industriali, oltre che essere disseminata di abitazioni rurali ed attività artigianali.

Ai fini delle verifiche idrauliche la sezione è stata inoltre scelta in maniera da riconoscervi una sezione di controllo significativa ai fini del deflusso, ovvero in cui per la presenza di un'ostruzione (ponte, soglia, guado, etc.) fosse possibile determinare l'altezza idrica al contorno per la determinazione del profilo idraulico.

Relativamente alla sezione di controllo B7CPTC018, i dati morfometrici e idrologici fondamentali del P.A.I. risultano i seguenti:

- Area del bacino: **1637.56 (km^2)**
- Quota della sezione terminale: **1.94 (m s.l.m.)**
- Lunghezza dell'asta: **98.27 (km)**
- Pendenza media dell'asta: **0.061 (%)**
- Quota media del bacino: **251.86 (m s.l.m.)**
- Tempo di corrivazione - adottato: **24.45 (h)**

CALCOLO DELLE MASSIME PORTATE NELLA SEZIONE DI CHIUSURA DEL RIO FLUMINI MANNU

SEZIONE DI CONTROLLO	**B7cpTC018 – Rio Flumini Mannu**			
Tempo di Ritorno Tr	50	100	200	500
$Q_{VERIFICA}$ (m^3/s) **P.A.I.**	**1369,90**	**1637,80**	**1978,60**	**2538,90**

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

La sezione di controllo B7CXTC078, corrispondente al Rio Cixerri, è stata utilizzata nel PA.I. per il calcolo delle portate di piena con i metodi indicati nelle linee guida.

Il tronco critico in esame è costituito dal tratto del fiume Cixerri che si trova in comune di Uta, e riguarda la località denominata "Riu Cixerri a ridosso dell'abitato di Uta". La sezione è stata individuata per il fatto che risulta limitrofa ad un elemento sensibile classificato in categoria E3 o E4, costituito dallo stesso centro abitato di Uta, dalla strada provinciale "Pedemontana", e dalla piana circostante utilizzata in parte a fini agricoli, in parte a fini di importanti attività produttive ed industriali, oltre che essere disseminata di abitazioni rurali ed attività artigianali.

Ai fini delle verifiche idrauliche la sezione è stata inoltre scelta in maniera da riconoscervi una sezione di controllo significativa ai fini del deflusso, ovvero in cui per la presenza di un'ostruzione ponte, soglia, guado, etc.) fosse possibile determinare l'altezza idrica al contorno per la determinazione del profilo idraulico. In fase di calcolo idrologico, è stata adottata la sezione del ponte al fine del calcolo delle portate di piena con i metodi indicati nelle linee guida.

Relativamente alla sezione di controllo B7CXTC078, i dati morfometrici e idrologici fondamentali del P.A.I. risultano i seguenti:

- Area del bacino: **528.50 (km^2)**
- Quota della sezione terminale: **1.97 (m s.l.m.)**
- Lunghezza dell'asta: **61.73 (km)**
- Pendenza media dell'asta: **0.079 (%)**
- Quota media del bacino: **239.07 (m s.l.m.)**
- Tempo di corrivazione - adottato: **14.98 (h)**

CALCOLO DELLE MASSIME PORTATE NELLA SEZIONE DI CHIUSURA DEL RIO CIXERRI

SEZIONE DI CONTROLLO	**B7cxTC078 – Rio Cixerri**			
Tempo di Ritorno Tr	50	100	200	500
$Q_{VERIFICA}$ (m^3/s) **P.A.I.**	**1040.40**	**1261.80**	**1482.30**	**1773.20**

La scelta del tronco critico in esame è scaturita dalla presenza di aree sensibili di categoria massima tra quelle individuate nel presente studio. Ulteriore elemento indicatore della scelta è costituito dal fatto che tra le sezioni AVI ne sono indicate svariate relative a Uta (anni 1906, 1907, 1929, 1930 e

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

1960), per quanto datate e comunque antecedente all'entrata in funzione dello sbarramento principale sul fiume Cixerri a Genna Is Abis.

Infine, l'area di Uta è definita implicitamente "tronco critico" in base alle indicazioni delle linee guida in quanto si trova a valle di uno sbarramento (per l'appunto Cixerri a Genna Is Abis – circa 5 km - della capacità di 34 Mmc).

La pericolosità idraulica del tronco critico scaturisce immediatamente dalle considerazioni summenzionate, ed in particolare dal fatto che gli scarichi di superficie della diga hanno una capacità di scarico superiore alla massima piena indagata nello studio del P.A.I. (con Tr=500).

Proprio per questa ragione, il calcolo delle portate del P.A.I., ai fini della valutazione delle aree di esondazione, si è riferito all'ipotesi "in assenza di effetti di laminazione da parte delle dighe a monte", in quanto, se intervenisse una piena tale da costringere il gestore di detti invasi ad eseguire scarichi allo scopo di salvaguardare la stessa diga. non si potrebbe fare affidamento se non in parte sulla capacità di laminazione dell'invaso.

Ciò è tanto più vero in considerazione dell'estremo sottodimensionamento dell'invaso (si stima circa il 60%) in relazione alle caratteristiche morfologiche del bacino di ritenuta in rapporto al bacino idrografico sotteso ed al suo deflusso medio annuo, testimoniato dalla frequenza con la quale l'ente gestore è costretto a scaricare in concomitanza con gli eventi di piena significativi che interessino il fiume.

Pertanto le piene calcolate con le metodologie idrologiche indicate dalle Linee guida del P.A.I. non sono state affette nel successivo calcolo idraulico di moto permanente da alcun effetto riduttivo dovuto a laminazione.

Le sezioni trasversali di calcolo sono state appositamente rilevate sul terreno e pertanto rappresentano un riferimento certo della geometria idraulica del deflusso.

In base al calcolo idraulico, al passaggio delle portate in esame per tutti e 4 i tempi di ritorno risultano allagate notevoli estensioni della piana golenale coltivata prospiciente l'abitato di Uta in direzione Ovest.

In effetti, risulta sormontato da tutte le portate l'ostacolo costituito dal guado sommergibile sulla strada comunale tra la pedemontana e l'abitato, inoltre si assiste all'esondazione in destra idraulica (per la Q200 e Q500) a partire dalla sezione del P.A.I. n° 1- 2 che non viene riinalveata nelle successive sezioni.

Ciò comporta fatalmente l'interessamento della piana circostante l'abitato di Uta in direzione Sud, con interessamento di aree agricole, serre, aziende ed abitazioni rurali. Analoga esondazione riguarda la sponda destra, tra le sezioni n° 3 e 4 laddove la quota idrica supera (secondo il calcolo) il livello dell'argine costituito dalla strada ed allaga le aree indicate in cartografia.

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

Complessivamente, il maggior problema idraulico appare costituito dal fatto che il tratto del Rio Cixerri a monte del ponte sulla strada provinciale (che- peraltro – non determina ostruzione al deflusso in ragione della quota dell'impalcato e della larghezza delle luci libere) richiederebbe di essere adeguatamente regimato come nel suo tratto terminale, almeno sino a scongiurare i pericoli di allagamento dell'abitato di Uta in direzione Sud, con il predetto interessamento di aree agricole, serre, aziende ed abitazioni rurali.

In effetti, ogni qualvolta il gestore dell'invaso dovesse essere costretto a rilasciare acqua dagli scarichi per motivi di sicurezza, pur non raggiungendosi gli scenari delle simulazioni di cui ai Tempi di Ritorno bicentenari e cinquecentenari, vengono comunque arrecati dei danni alle aree agricole che morfologicamente interessano le attuali zone di espansione naturale del fiume.

8. Analisi del quadro di riferimento programmatico – P.S.F.F.

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali è stato redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 della legge 19 maggio 1989 n. 183, quale Piano Stralcio del Piano di Bacino Regionale relativo ai settori funzionali individuati dall'art. 17, comma 3 della L. 18 maggio 1989, n. 183.

Il P.S.F.F. costituisce oggi lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo, mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti le fasce fluviali, inoltre rappresenta un approfondimento ed una integrazione necessaria al Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) in quanto è lo strumento per la delimitazione delle regioni fluviali funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (ai fini insediativi, agricoli ed industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali.

Con Delibera n° 2 del 17.12.2015, il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna ha adottato in via definitiva per tutto il territorio regionale (Compresi i Comuni di Uta e Terralba), il Progetto di Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.) ai sensi degli artt. 8 c.3 e 9 c.2 della L.R. n. 19 del 6.12.2006, costituito dagli elaborati elencati nell'allegato A alla delibera di adozione medesima.

Sulla base di tale studio, le analisi idrauliche condotte sono state finalizzate alla caratterizzazione idrologica e morfometrica dei sottobacini del Riu Cixerri, e Flumini Mannu, nonché all'individuazione delle portate di piena per eventi con tempo di ritorno crescente compreso tra 50 e 500 anni.

Relativamente alla sezione di chiusura del Rio Cixerri, i dati morfometrici e idrologici fondamentali risultano i seguenti:

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

- Area del bacino: **566.30 (km^2)**
- Quota della sezione terminale: **0.00 (m s.l.m.)**
- Quota della sezione iniziale: **1114.00 (m s.l.m.)**
- Quota media: **230.00 (m s.l.m.)**
- Lunghezza dell'asta: **47.20 (km)**
- Pendenza media dell'asta: **0.020 (%)**

CALCOLO DELLE MASSIME PORTATE NELLA SEZIONE DI CHIUSURA DEL RIO CIXERRI

SEZIONE DI CONTROLLO	**Rio Cixerri**			
Tempo di Ritorno Tr	50	100	200	500
$Q_{VERIFICA}$ (m^3/s) **P.S.F.F.**	**1176,00**	**1432,00**	**1686,00**	**2020,00**

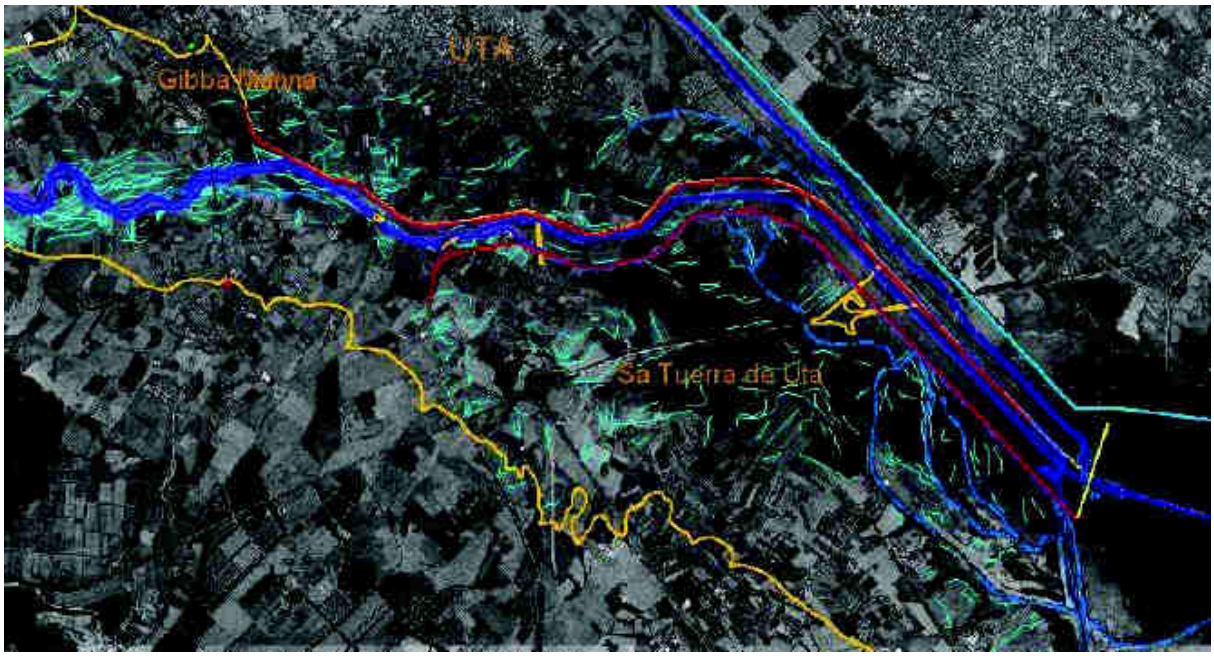


Fig. 12: Estratto cartografia P.S.F.F. Regione Sardegna – Bacino idrografico Rio Cixerri

Relativamente alla sezione di chiusura del Rio Flumini Mannu, i dati morfometrici e idrologici fondamentali risultano i seguenti:

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

- Area del bacino: **1756.00 (km^2)**
- Quota della sezione terminale: **0.00 (m s.l.m.)**
- Quota della sezione iniziale: **1234.00 (m.s.l.m.)**
- Quota media: **241.00 (m s.l.m.)**
- Lunghezza dell'asta: **92.50 (km)**
- Pendenza media dell'asta: **0.010 (%)**

CALCOLO MASSIME PORTATE NELLA SEZIONE DI CHIUSURA DEL RIO FLUMINI MANNU

SEZIONE DI CONTROLLO	**Rio Flumini Mannu**			
Tempo di Ritorno Tr	50	100	200	500
$Q_{VERIFICA}$ (m^3/s) **P.S.F.F.**	**3344,00**	**4073,00**	**4794,00**	**5745,00**

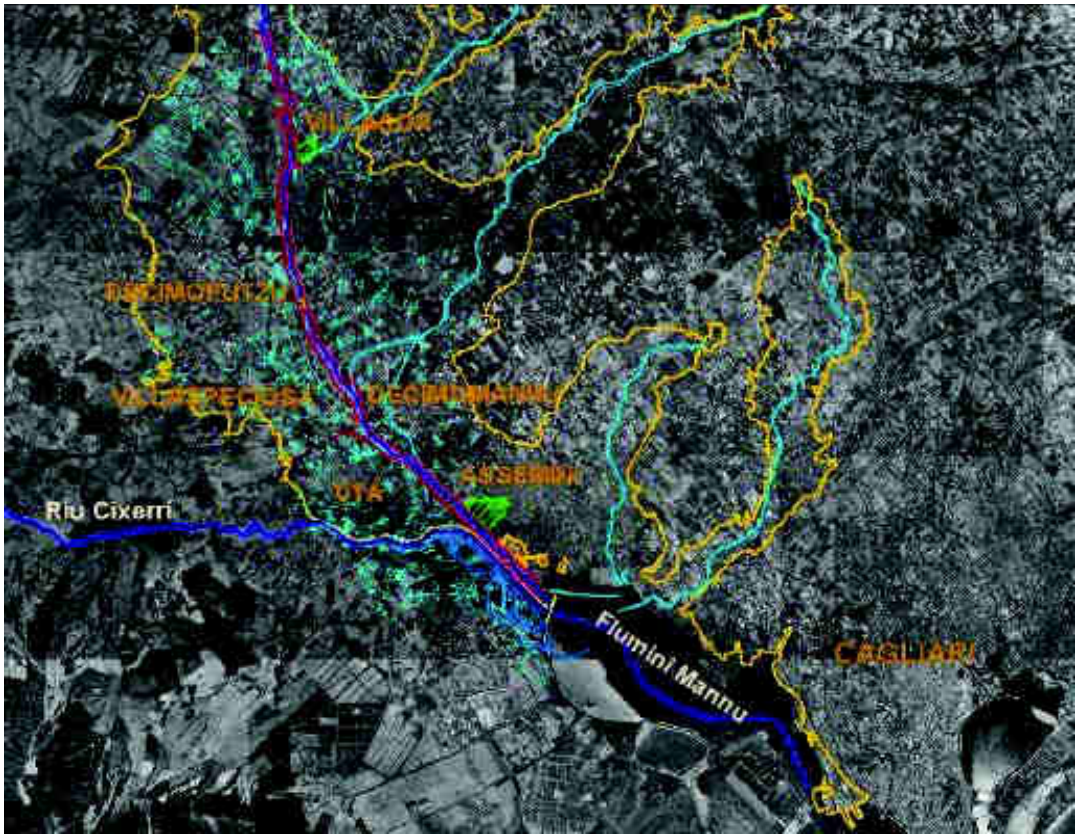


Fig. 13: Estratto cartografia P.S.F.F. Regione Sardegna – Bacino idrografico Rio Flumini Mannu

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

9. Assegnazione del Curve Number

Per il bacino afferente alla sezione di interesse è stato determinato un valore medio del CN (Curve Number) relativo alle condizioni più critiche di umidità antecedente del suolo, ovvero corrispondente alla condizione AMC (Antecedent Moisture Condition) di tipo III.

La determinazione è stata condotta, delimitando e misurando le aree aventi caratteristiche geologiche e di uso del suolo omogenee. A ciascuna di queste aree è stato attribuito il valore del CN(II) dedotto dalle Tabelle redatte dal Soil Conservation Service (SCS, 1975; 1985). Successivamente, tali valori del CN(II) sono stati quindi convertiti in CN(III) corrispondenti alla condizione AMC di tipo III. Infine è stato calcolato per il bacino il valore medio di CN(III) utilizzando una media pesata con le aree dei CN (III) determinati in ciascuna area omogenea. Sulla base di quanto disposto dalle linee guida del P.A.I. è stata eseguita una sovrapposizione cartografica tra la carta dell'uso del suolo e la carta geologica dell'area in esame per determinare i valori CNIII. Tutte le cartografie elaborate precedentemente citate, risultano quelle ufficiali, estratte direttamente dal sito della R.A.S. "Sardegna Geoportale".

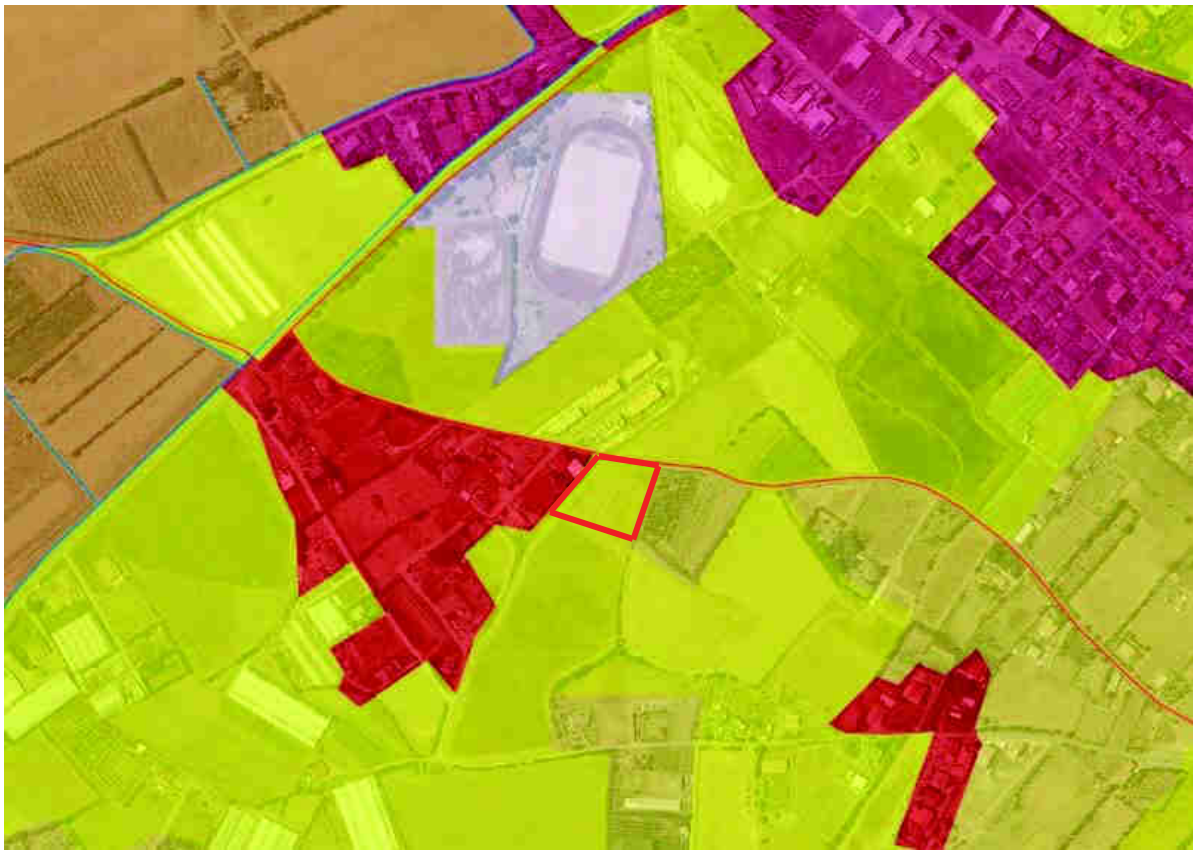


Fig. 14: Carta uso del suolo per l'area d'intervento – Fonte RAS – Sardegna Geoportale

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

Come si evince dalla sovrapposizione cartografica della Carta dell'uso del Suolo, l'area d'intervento è caratterizzata per circa il 100% da seminativi semplici, mentre la macro-zona è caratterizzata per il 30% da tessuti urbanizzati radi e compatti e per circa il 70% da sistemi particellari e colturali complessi (zone agricole).

Una volta determinate le percentuali di classe di uso del suolo, su ogni poligono verranno presi in considerazione i valori del Curve Number dalle Tabelle redatte dal Soil Conservation Service (SCS, 1975; 1985).

Per ciascuna zona omogenea afferente alla zona di studio verrà successivamente determinato un valore medio del CN (Curve Number).

Successivamente, tali valor, verranno convertiti in funzione del CN(II) e CN(III) corrispondenti alla condizione AMC di tipo III (suolo saturo).

Infine, per ciascuna zona omogenea verrà calcolato il valore medio di CN(III) utilizzando una media pesata con le aree dei CN(III) determinati in ciascuna area.

Fig. 15: Carta geologica per l'area d'intervento – Fonte RAS – Sardegna Geoportale

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

Nell'ambito della definizione dei Curve Number, dalla Tabella SCS, si rileva che:

Tessuto residenziale:	CN = 95 (2273 mq)
Sistemi colturali e particellari complessi:	CN = 60 (4546 mq)

Inoltre, stabilito che circa il 100 % dell'area d'intervento è costituita dalla Formazione delle alluvioni Plesitoceniche, caratterizzate da un coefficiente di permeabilità medio-alto, si ritiene di dover comunque non assegnare un fattore correttivo al Curve Number per le condizioni geologiche (ΔCN) pari a 0 (come da linee guida del P.S.F.F.).

Pertanto, utilizzando il valore di CN più cautelativo per la tipologia di uso del suolo, e le condizioni geologiche più svantaggiose, all'area d'intervento in condizione ex-ante verrà assegnato un CN medio = 80

10. Caratteristiche idrologiche del bacino idrografico

Nell'ambito dell'analisi idrologica dei bacini idrografici afferenti all'area d'intervento, sono stati utilizzati i dati DTM passo 1 m della Regione Sardegna, poiché trattandosi di superfici molto limitate e con dislivelli decimetrici, il DTM 10 m non riesce ad apprezzare al meglio le differenze di quota.

Per una conferma delle quote rilevate da DTM è stato inoltre eseguito un rilievo topografico di dettaglio (Piano Quotato) con tecnica GPS differenziale (correzione istantanea dell'errore), che offre sicuramente un dettaglio in quota e in distanza orizzontale nettamente superiore rispetto al DTM 1 m (nel GPS, si parla di errori di max 3-5 cm in quota).

Il risultato del rilievo, rappresentato nelle tavole progettuali, conferma in sostanza quanto rilevato dal DTM, con un livello di qualità decisamente più alto considerato che le quote rilevate corrispondono alle quote di progetto su cui procedere ad una sistemazione dell'area (viabilità, rete di smaltimento acque bianche, illuminazione, rete acque nere ecc…).

Con l'utilizzo del GIS è stato accertato in modo inequivocabile che l'area d'intervento ha un piccolo bacino a sé stante, con direzione di deflusso delle acque zenitali verso la Via Is Prunixeddas, la quale risulta essere il punto più basso del piano di lottizzazione (circa 11.00 m.s.l.m.), mentre il punto più alto ha quota di circa 12.60 m.s.l.m.

Costituendo la zona morfologicamente più in elevazione, le acque zenitali di ruscellamento scorrono in corrispondenza delle zone morfologicamente più depresse, ricalcando la naturale pendenza del terreno, che come rilevato in sede di analisi idrologica ha una pendenza molto bassa, dell'ordine del 1% circa.

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

La dimostrazione di questo sistema di deflusso si è avuto durante la generazione della *watershed,* dove si è individuato il limite superiore ed inferiore del bacino idrografico, corrispondente appunto alla strada di Via Is Prunixeddas.

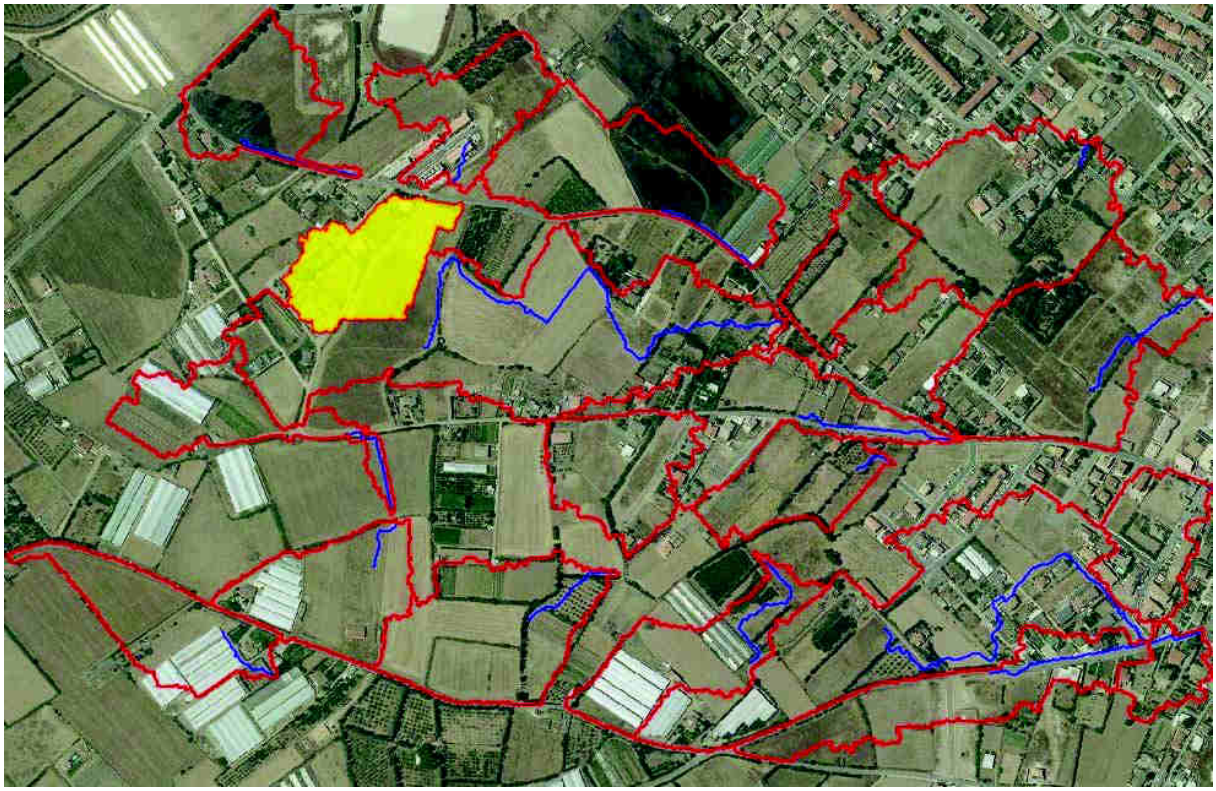


Fig. 16 –Bacino Idrografico dell'area d'intervento (sviluppato con DTM 1m)

Per quanto attiene gli aspetti idrologici, relativamente al bacino idrografico rilevato, le caratteristiche principali risultano le seguenti:

BACINO IDROGRAFICO PIANO ATTUATIVO "KARLA E PIU'"	
Denominazione:	**Bacino Idrografico "PDL KARLA E PIU'"**
Unità Idrografica:	**Flumini Mannu – Campidano - Cixerri**
Superficie del Bacino (kmq)	**0.019**
Lunghezza dell'Asta principale (Km)	**0.245**
Pendenza dell'asta principale m/m	**0.01**

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

Quota della sezione terminale (m.s.l.m)	**11.00**
Altitudine media del Bacino (m.s.l.m.)	**11.85**
Velocità media in alveo (m/s)	**0.50**
Pendenza media del Bacino (m/m)	**0.01**
Curve Number	**80**
Sottozona (Deidda - Piga - Sechi)	**2**
Pioggia Indice Giornaliera (mm)	**50**
Esposizione dei bacini	**Occidentale**

Fig. 17 – Particolare del bacino idrografico dell'area d'intervento con direzione delle linee di drenaggio (sviluppato con DTM 1m)

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

11. Determinazione del tempo di corrivazione minimo

Il tempo di corrivazione (Tc) viene valutato, di norma, mediante formule empiriche di diversi autori italiani e non, stante la difficoltà di procedere a valutazioni e misure dirette. Si è ricorso alla valutazione del valore più attendibile con l'applicazione delle formule indirette più diffuse, che di seguito si illustrano.

Formula di Ventura:

$$Tc\ (ore) = 0.1272 \cdot \left(\sqrt{\frac{A}{i}}\right)^{0.5}$$

Dove:

A : Superficie del Bacino idrografico espressa in Km^2

i : Pendenza media dell'asta principale del Bacino idrografico

La pendenza i, viceversa, può essere calcolata mediante la formula:

$$\sqrt{i} = \frac{L}{\sum k \cdot \frac{L_k}{\sqrt{i_k}}}$$

Dove:

ik : Pendenza dell'asta nei tratti in cui la pendenza risulta uniforme

Lk: Lunghezza dei tratti nei quali la pendenza può considerarsi uniforme

L: Lunghezza complessiva dell'asta principale del Bacino Idrografico, in Km

Formula di Giandotti:

$$Tc\ (ore) = \frac{1.5 \cdot L + 4 \cdot \sqrt{A}}{0.8 \cdot \sqrt{H_m}}$$

Dove:

A : Superficie del Bacino idrografico espressa in Km^2

L: Lunghezza complessiva dell'asta principale del Bacino Idrografico, in Km

Hm: Altitudine media del Bacino Idrografico

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

Formula di Viparelli:

$$Tc\ (ore) = \frac{L}{3600}$$

Dove:

L: Lunghezza complessiva dell'asta principale del Bacino Idrografico, in metri

La formula di Viparelli, determina il tempo di corrivazione, espresso in ore, assumendo una velocità costante della corrente, compresa tra 1.0 m/sec e 1.5 m/sec.

Formula di Pasini:

$$Tc\ (ore) = \frac{0.108 \cdot \sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{i}}$$

Dove:

A : Superficie del Bacino idrografico espressa in Km^2

L: Lunghezza complessiva dell'asta principale del Bacino Idrografico, in m

i: Pendenza dell'asta principale

Formula di Kirpich:

$$Tc\ (ore) = 0.000325 \cdot L^{0.77} \cdot i_a^{-0.385}$$

Dove:

L: Lunghezza complessiva dell'asta principale del Bacino Idrografico, in m

i: Pendenza media del bacino (-)

La formula di Kirpich viene utilizzata generalmente per i piccoli Bacino Idrografici di estensione ridotta <0.43 Km

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

Formula di Kirpich – Pezzoli – Watt - Chow:

La formula di Kirpich, utilizzata generalmente per i piccoli Bacino Idrografici di estensione <0.44 Km^2, è stata ulteriormente modificata con una nuova formula che media i valori dei tempi di corrivazione ottenuti secondo le formule di Kirpich, Pezzoli, Watt e Chow, secondo l'espressione sotto riportata, valida per bacini di media estensione (< 20 Km^2):

$$Tc\ (ore) = 0.00221 \cdot \left(\frac{L}{\sqrt{ia}}\right)^{0.80} /60$$

Di seguito vengono riportati i valori dei tempi di corrivazione calcolati per il bacino idrografico d'interesse.

TEMPO DI CORRIVAZIONE BACINO IDROGRAFICO PIANO ATTUATIVO "PDL KARLA E PIU"	
METODO	**TEMPO DI CORRIVAZIONE (ORE)**
VIPARELLI	**0.068**
GIANDOTTI	**0.334**
VENTURA	**0.175**
PASINI	**0.180**
SCS	**0.743**
VAPI SARDEGNA	**0.656**
KIRPICH	**0.132**
KIRPICH – PEZZOLI – WATT - CHOW	**0.190**
METODO UTILIZZATO	**TEMPO DI CORRIVAZIONE (ORE)**
KIRPICH	**0.132**

Sulla base delle esperienze pregresse, si ritiene che la stima più attendibile e cautelativa del tempo di corrivazione sia fornita dalla formula di Kirpich, in quanto, oltre ad essere quella più bassa è anche quella maggiormente utilizzata per tutti quei bacini di ridotte dimensioni aventi una superficie < 0.43 Km^2, quali quello oggetto del presente studio.

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

12. Analisi idraulica

Nel presente paragrafo, si vuole verificare con uno studio di maggior dettaglio, il valore effettivo delle portate di massima piena in corrispondenza della sezione idraulica di chiusura più rappresentativa rispetto all'area d'interevento, posta in prossimità della zona in cui dovrà essere realizzato l'intervento di progetto.

La valutazione delle portate di piena è stata condotta secondo i criteri espressi nelle Linee Guida del PAI. Esse, in particolare, prevedono che vengano prioritariamente identificati i cosiddetti tronchi critici, ovvero i tratti di canale che hanno manifestato situazioni di insufficienza idraulica con conseguenti allagamenti in aree adibite a attività antropiche, ovvero che potrebbero provocare situazioni di pericolo a seguito di probabili eventi meteorici estremi. Nella prima fase di indagine sono stati considerati come critici tutti i segmenti e porzioni di canali già assunti nel PAI ai quali sono stati aggiunti tutti i compluvi minori che attraversano i centri abitati o che sono interessati dalla loro futura espansione.

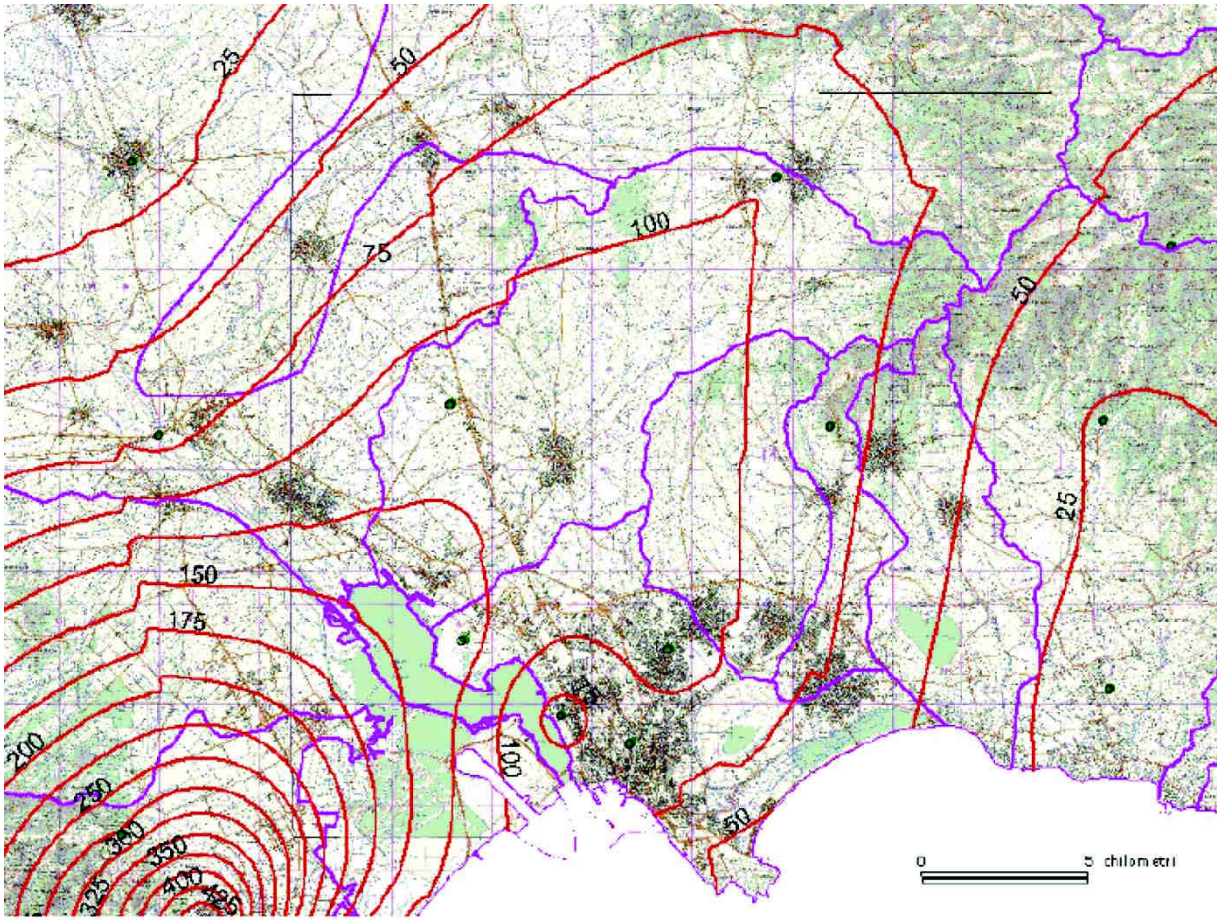


Fig. 18 – Isoiete delle precipitazioni giornaliere – Giornata del 22 Ottobre 2008

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

La fase di analisi e simulazione idraulica ha consentito, successivamente, di tagliarne un certo numero in quanto considerati non problematici o di scarsa influenza.

Le Linee Guida prevedono che le portate di piena da assumere nella generazione degli scenari di pericolosità siano quelle caratterizzate da tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni e che esse vengano stimate mediante i metodi classici dell'idrologia, operando una attenta scelta fra le diverse formulazioni possibili e una valutazione critica dei parametri utilizzati.

In particolare, le Linee Guida pongono l'accento sulla possibilità di stimare le portate direttamente sulla base delle distribuzioni probabilistiche dei massimi annui (regionalizzate o locali) o per mezzo di relazioni empiriche, oppure mediante un processo indiretto di trasformazione afflussi/deflussi basata, principalmente, sulla così detta formula razionale.

Per una definizione più precisa dello scenario di pericolosità idraulica, come specifica richiesta dell'Autorità Idraulica competente, sono state assunte portate di piena caratterizzate da tempi di ritorno di 200 anni, stimate mediante i metodi classici dell'idrologia, operando una attenta scelta fra le diverse formulazioni possibili e una valutazione critica dei parametri utilizzati.

Tabella 1) - Caratteristiche delle stazioni e precipitazione del giorno 22 ottobre 2008

Stazione	latitud	Longitud	quota (m)	Sensore	Precipitazioni (mm)
Capoterra - Poggio dei Pini	4334237	1497002	165	Pe	372,0
Santa Lucia di Capoterra	4339004	1494611	62	Pe	276,4
Capoterra paese	4336180	1497500	54	P/Pr	457,8
Poggio - O.A.C.**	4332106	1497731	210	Pe	192,0
Cagliari- Belvedere	4341647	1510061	116	Pe	94,6
Cagliari -Pirri	4344507	1511204	10	Pr	112,2
Cagliari- S.Gilla	4342500	1508023	25	Pr	62,6
Sestu -131	4351809	1504725	48	Pr	107,2
Sestu -131	4351809	1504725	48	P	120,0
Fluminimannu a Decimomannu	4350899	1495945	20	Pe	63,8
Campuomu	4350704	1534119	439	Pe	41,6
Sinnai-Sa pira	4351160	1516090	215	Pr	84,8
Villasor	4358033	1494736	21	Pe	14,2
Elmas - A.M.**	Nd	Nd	Nd	Pe	135*

Legenda
P = Pluviometro **Pe** = Pluv. con registrazione digitale **Pr** = Pluviografo
*stima ** stazioni non dell' Amm. Regionale

Fig. 19 – Tabella dell'intensità di precipitazione in Sardegna – Giornata del 22 Ottobre 2008

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

I risultati delle stime ottenute applicando le diverse metodologie sono stati analizzati criticamente, sino a operare le scelte definitive che hanno consentito di assumere i valori di portata utilizzati nelle simulazioni modellistiche e le verifiche idrauliche nelle condotte artificiali.

Nella presente relazione, verranno quindi descritti successivamente i criteri, le procedure e gli schemi modellistici assunti e le valutazioni che hanno condotto alle stime finali e le incertezze di stima.

L'analisi idrologica si sviluppa partendo dalla caratterizzazione morfologica, geologica e idrologica dell'intero bacino, per poi proseguire riportando brevi cenni degli eventi alluvionali storici che si sono caratterizzati negli ultimi anni.

Per un'analisi idrologica esaustiva del bacino rilevato, attualmente risultano disponibili adeguate informazioni idro-meteografiche riferite all'evento meteorico del 22 ottobre 2008 che ha segnato tragicamente tutto il territorio dell'hinterland cagliaritano.

A riguardo, la zona di Uta, anche se non localizzata esattamente nel centro di scroscio che ha coinvolto la zona di Capoterra, è stata comunque interessata da precipitazioni di straordinaria intensità.

Dai dati dell'ARPAS, si evince che "a Elmas, nell' ora di massima intensità, tra le 8,30 e le 9,30 del mattino, la stazione di Pirri ha rilevato ben 135 mm, pari al 73% della precipitazione totale, mentre in 90 minuti ha registrato 97,2mm, pari all' 87% del totale.

Nella mezz'ora di massima intensità ha registrato 47,0 mm. La precipitazione complessiva di 135 mm è stata rilevata in circa tre ore".

In effetti, si tratta delle precipitazioni più intense mai registrate a Elmas per tali durate. Per trovare precipitazioni paragonabili nell'area Cagliaritana occorre riferirsi alle precipitazioni giornaliere rilevate a Cagliari nel 1936 (104 mm, con 62,4 mm in un' ora), nel 1939 (132mm, di cui 81,6 mm in tre ore,), nel 1971 (107,4mm, di cui 85 mm in sei ore, nel 1963 (47 mm in un' ora).

A conferma del carattere eccezionale dell'evento, l'analisi delle precipitazioni dal punto di vista probabilistico, effettuate con la modellazione TCEV applicata alla Sardegna, dove se si considera per esempio la stazione di Cagliari-Pirri (situata all'esterno ma in prossimità del bacino idrografico d'interesse) abbiamo tempi di ritorno dell'evento superiori anche ai 500 anni.

Appare evidente e ovvio che quindi i dati idrologici del 22 ottobre del 2008 debbano essere certamente utilizzati per un confronto dei risultati dei calcoli con i dati sperimentali.

Sulla base delle indicazioni desunte dalla bibliografia del settore, dopo una serie di tentativi preliminari, nel corso dello studio si è ritenuto applicabile un approccio modellistico semplificato secondo il Modello di Clark che presuppone un modello semplice a parametri concentrati.

Per quanto concerne la valutazione delle precipitazioni, si è utilizzato il metodo della distribuzione probabilistica TCEV dei massimi annui applicato alle curve di possibilità climatica della Sardegna di Deidda – Piga – Sechi.

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

I tempi di ritorno di riferimento coincidono, evidentemente, con quelli previsti dal PAI mentre le durate sono state assunte conformemente a quanto richiesto dal modello idrologico assunto.

Nel caso in questione si è preferito utilizzare la metodica del modello di Clark, che assume la durata critica dell'evento pluviometrico più prossima al tempo di corrivazione fra quelle imposte dal codice di calcolo adottato.

Il volume di pioggia così determinato viene quindi ripartito nella durata complessiva secondo un istogramma, nel quale le altezze cumulate di pioggia durante l'evento hanno probabilità di superamento costante.

Tra le metodologie messe a punto per i bacini sardi si riportano di seguito le più utilizzate. In esse i parametri del bacino sono indicati con i simboli e le unità di misura su riportati, mentre la portata di piena Q è espressa sempre in m^3/s.

Per la determinazione del valore della portata al colmo delle sezioni, esistono diversi metodi di calcolo delle portate, alcuni discutibili sul fatto delle sovrastime, altri sul fatto della reale attendibilità in funzione dell'effettiva superficie dei bacini.

Nel complesso, come stabilito dalle norme di attuazione del P.A.I., verranno illustrati i metodi di calcolo delle portate di piena, comprendendo ovviamente quelli contenuti nelle Linee Guida. e precisamente:

- Metodo di SIRCHIA – FASSÒ
- Metodo della CURVA DI INVILUPPO MODIFICATO;
- Metodo LOGNORMALE di Lazzari;
- Metodo LOGNORMALE di Lazzari modificato;
- Metodo TCEV;
- Metodo RAZIONALE;
- Metodo RAZIONALE con la CURVA DI POSSIBILITA PLUVIOMETRICA di Piga – Liguori;
- Metodo RAZIONALE con la CURVA DI POSSIBILITA PLUVIOMETRICA di Deidda – Piga – Sechi;

METODO DI SIRCHIA - FASSÒ

Il metodo probabilistico regionalizzato di Sirchia - Fassò ipotizza l'auto-somiglianza statistica a livello di regione o zona omogenea.

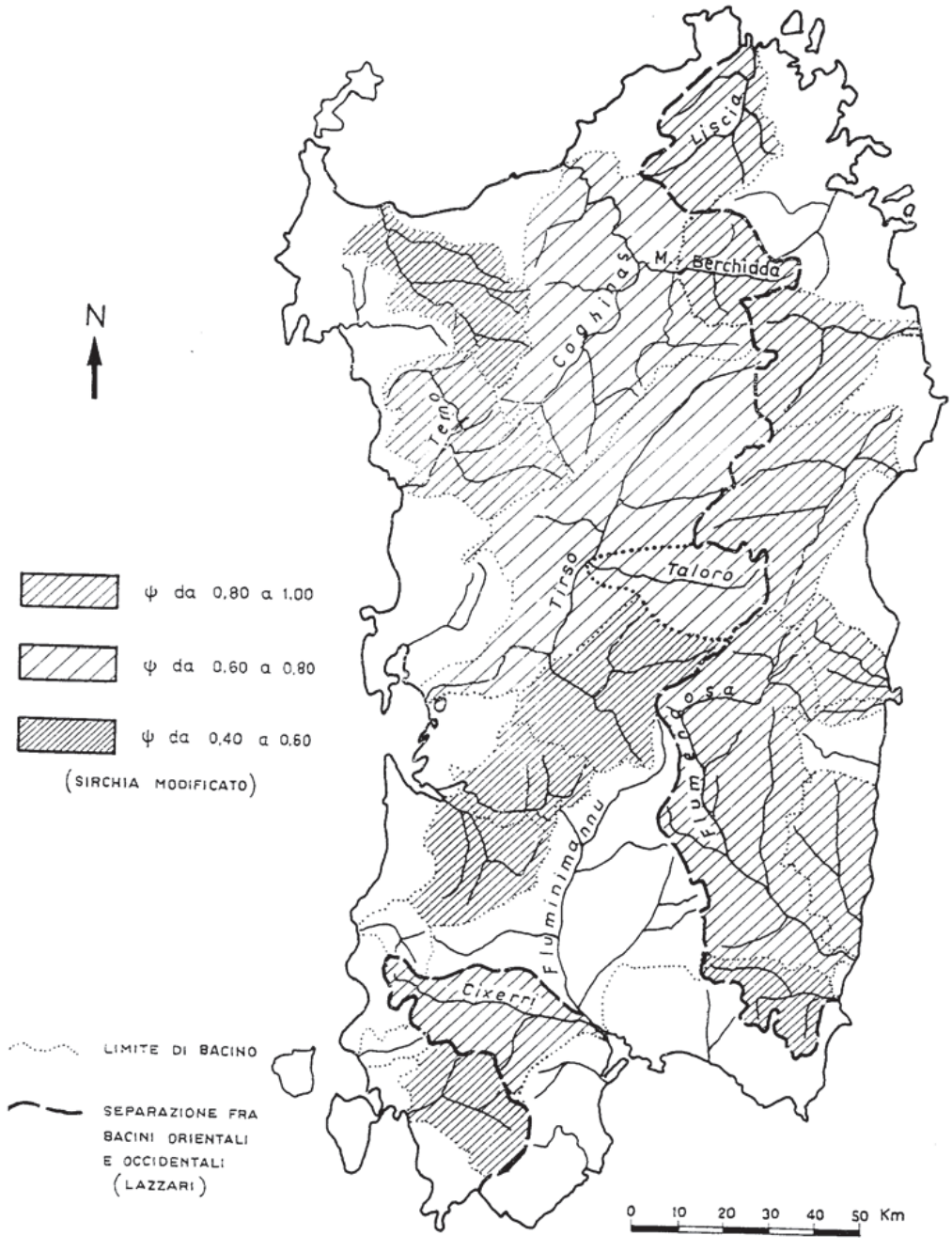
La formula di Sirchia-Fassò è stata ottenuta come inviluppo dei massimi contributi unitari (q = Q/S, espresso in $m^3/s/km^2$) delle piene registrate in Sardegna fino al 1969, ed ha l'espressione:

$$q = \Psi\ 45.8\ S^{-0.106}\ , \text{ovvero } Q = \Psi\ 45.8\ S^{0.894}\ (\text{per } S < 20\ km^2)$$

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

$q = \Psi\ 207\ S^{-0.6}$, ovvero $Q = \Psi\ 207\ S^{0.4}$ (per $S > 20\ km^2$)

In cui Ψ è un coefficiente che dipende dalla posizione geografica del bacino, desumibile dalla figura seguente:



Zone Omogenee Ψ della Sardegna

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

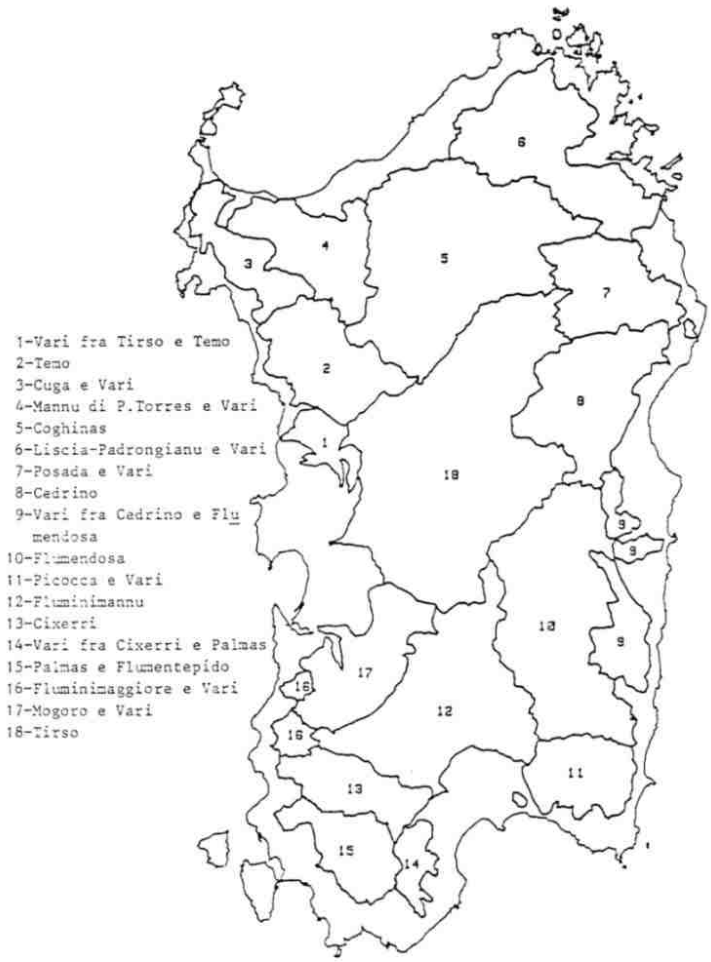
METODO DELLA CURVA DI INVILUPPO MODIFICATO (SIRCHIA – FASSO' RIVISTO)

In occasione della redazione dello studio "Valutazione delle piene in Sardegna" (1991), è stata proposta una variante al metodo della curva inviluppo esposto al punto precedente, indicando il contributo unitario con l'espressione:

$$q = Ps'\ Pa\ 45.8\ S^{-0.106}\ , \text{ovvero } Q = Ps'\ Pa\ 45.8\ S^{0.894}\ (\text{per } S < 21\ km^2)$$

$$q = Ps'\ Pa\ 207\ S^{-0.6}\ , \text{ovvero } Q = Ps'\ Pa\ 207\ S^{0.4}\ (\text{per } S > 21\ km^2)$$

in cui Ps' e Pa sono dei coefficienti che tengono conto il primo del tempo di ritorno della piena considerata, e Pa un effetto della dimensione del bacino variabile con la zona idrografica, intesa come descritto nella figura seguente.



Elenco e localizzazione dei maggiori bacini sardi

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

ZONA IDROGRAF	TEMPO DI RITORNO							
	10	50	100	200	300	500	1000	2500
ZONA 1	0.39	0.64	0.73	0.83	0.89	0.96	1.07	1.22
ZONA 2	0.27	0.37	0.52	0.66	0.69	0.75	0.80	0.86
ZONA 3	0.09	0.18	0.22	0.27	0.30	0.34	0.40	0.48
ZONA 4	0.14	0.25	0.30	0.35	0.38	0.42	0.48	0.56
ZONA 5	0.21	0.37	0.45	0.54	0.59	0.66	0.75	0.86
ZONA 6	0.50	0.77	0.89	1.01	1.08	1.17	1.31	1.49
ZONA 7	0.49	0.86	0.99	1.13	1.22	1.33	1.48	1.70
ZONA 8	0.56	0.89	1.03	1.18	1.27	1.38	1.55	1.78
ZONA 9	0.81	1.25	1.45	1.67	1.80	1.98	2.22	2.57
ZONA 10	0.31	0.61	0.76	0.86	0.93	1.01	1.11	1.27
ZONA 11	0.53	0.92	1.07	1.22	1.31	1.43	1.60	1.84
ZONA 12	0.06	0.14	0.19	0.24	0.27	0.32	0.38	0.48
ZONA 13	0.13	0.28	0.40	0.45	0.51	0.58	0.69	0.86
ZONA 14	0.51	0.83	0.95	1.08	1.16	1.26	1.41	1.61
ZONA 15	0.14	0.28	0.35	0.43	0.47	0.54	0.63	0.77
ZONA 16	0.13	0.26	0.32	0.39	0.43	0.49	0.57	0.69
ZONA 17	0.06	0.13	0.17	0.21	0.23	0.27	0.32	0.39
ZONA 18	0.17	0.30	0.36	0.42	0.46	0.51	0.59	0.69

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

METODO DELLA CURVA DI INVILUPPO MODIFICATO (SIRCHIA – FASSO' RIVISTO)

La formula di Lazzari, desunta nel 1967 dall'analisi probabilistica regionalizzata dei dati di portata massima annua registrati nei bacini osservati in Sardegna, è la seguente:

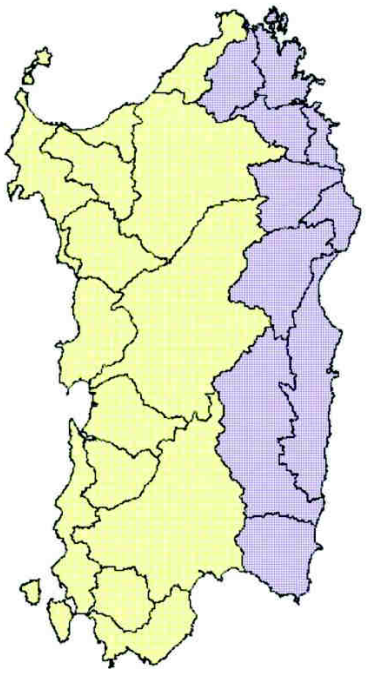
$$Q = 10(\mu + u\,\sigma)$$

Nella quale, μ e σ sono i parametri della distribuzione lognormale delle portate e u è il frattile della distribuzione normale. I parametri μ e σ sono espressi in funzione della la superficie del bacino S e dell'altitudine media del bacino Hm, differentemente per i bacini aventi esposizione orientale e occidentale, e precisamente per i bacini aventi esposizione orientale:

$$\mu = 0.746 \log(S\,Hm) - 1.781$$
$$\sigma = 0.4413$$

Per i bacini aventi esposizione occidentale:

$$\mu = 0.956 \log(S\,Hm) - 2.995$$
$\sigma = 0.3583$ con la limitazione di applicabilità: S Hm > 50'000



Esposizione orientale e occidentale dei bacini sardi

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

METODO DELLA FORMULA DI LAZZARI MODIFICATA

Sempre in occasione della redazione dello studio "Valutazione delle piene in Sardegna" (1991), è stata proposta una variante della distribuzione probabilistica lognormale che considera la variabile:

$$Q = e^{(\mu+u\sigma)}$$

nella quale, μ e σ sono i parametri della distribuzione lognormale delle portate e u è il frattile della distribuzione normale. I parametri μ e σ sono espressi in funzione della sola superficie del bacino S, ancora differentemente per i bacini aventi esposizione orientale e occidentale, e precisamente: Per i bacini aventi esposizione orientale:

$$\mu = 0.6388 \ln(S) + 1.534$$

$$\sigma = 1.0454$$

Per i bacini aventi esposizione occidentale:

$$\mu = 0.9104 \ln(S) - 0.6547$$

$$\sigma = 0.6646$$

METODO DELLA DISTRIBUZIONE PROBABILISTICA TCEV

Come detto in precedenza il metodo probabilistico regionalizzato ipotizza l'auto-somiglianza statistica a livello di regione o zona omogenea. Esso permette inoltre d'integrare la limitata informazione temporale con la più ampia informazione spaziale e quindi di ovviare alla debole quantità di dati idrometrici disponibili, dovuta essenzialmente ad un progressivo abbandono delle misure di portata in Sardegna. Il metodo di regionalizzazione ritenuto nell'ambito del presente studio si basa sull'impiego della distribuzione probabilistica TCEV (Two Component Estreme Value) data dalla seguente espressione:

$$p = e^{(\Delta 1 e-x/\theta 1 - \Delta\ 2\ e-x/\theta 2)}$$

Il valore dei quattro parametri per i bacini sardi è stato stimato come segue:

(per tutti i bacini della Sardegna)

$$\theta = \theta 2/\theta 1 = 5.8866$$

$$\lambda = \lambda 2/\lambda 11/\ \theta = 0.3938$$

(per i bacini con esposizione occidentale)

$$\lambda 1 = 6.286$$

$$\theta 1 = 0.1646\ S^{0.9235}$$

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

(per i bacini con esposizione orientale)

$$\lambda 1 = 4.571$$
$$\theta 1 = 1.7677\ S^{0.6452}$$

METODO RAZIONALE TCEV

Il metodo razionale, detto anche cinematico, fornisce la portata di piena tramite l'espressione:

$$Q = \Phi\ ARF\ S\ H\ /\ (3.6\ Tc)$$

Nella quale Φ rappresenta l'aliquota di precipitazione che, in occasione della piena, scorre in superficie, ARF (Areal Reduction Factor - Coefficiente di Riduzione Areale) esprime il rapporto tra l'altezza di pioggia media su tutto il bacino e l'altezza di pioggia in un punto al suo interno, valutati a parità di durata e di tempo di ritorno, Tc è il tempo di corrivazione espresso in ore, ed H è l'altezza di precipitazione, in mm, che cade in un punto del bacino in una durata pari a Tc con l'assegnato Tempo di ritorno.

Il tempo di corrivazione Tc può essere stimato facendo riferimento a diverse espressioni empiriche che forniscono le seguenti stime:

- Formula di Viparelli: $Tc = L/3.6V$
- Formula di Giandotti: $Tc = (1.5\ L + 4\ S^{0.5}) / (0.8\ (Hm-Ho)^{0.5})$
- Formula di Ventura: $Tc = 0.127\ (S/J)^{0.5}$
- Formula di Pasini: $Tc = 0.108\ ((S\ L)^{1/3})/J^{0.5}$

Per la stima del coefficiente ARF si possono utilizzare le Formule di Wallingford:

$$ARF = 1 - (0.0394\ S^{0.354})\ Tc^{(-0.40+0.0208\ \ln(4.6-\ln(S)))} \text{ per } S < 20\ km^2$$
$$ARF = 1 - (0.0394\ S^{0.354})\ Tc^{(-0.40+0.003832\ (4.6-\ln(S)))} \text{ per } S > 20\ km^2$$

Il coefficiente Φ potrebbe essere stimato col metodo del Curve Number (CN) secondo cui vale:

$$\Phi = (H - 0.2\ S)^2/(H(H + 0.8\ S)),\ \text{con}\ S = 254\ (100/CN - 1)$$

In cui il valore di CN è legato alle caratteristiche del terreno e della copertura vegetale.

Il coefficiente Φ assume però, con questa metodologia, valori eccessivamente bassi, poiché fa coincidere l'inizio della precipitazione con la porzione di durata Tc considerata.

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

Per ovviare a questo difetto della formula, si è reso opportuno far precedere la precipitazione di durata critica Tc una precipitazione di durata pari a Dp volte Tc (inteso come scroscio precedente all'evento di precipitazione vero e proprio).

Indicando con Hp l'altezza di precipitazione caduta prima della durata critica e con Ht l'altezza di precipitazione totale (H+Hp), si ha:

$$\Phi = [(Ht - 0.2\ S)^2/(Ht + 0.8\ S) - (Hp - 0.2\ S)^2/(Hp + 0.8\ S)]/H$$

METODO CINEMATICO (RAZIONALE) CON CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA DI PIGA - LIGUORI

L'altezza di precipitazione è legata alla durata T ed al tempo di ritorno Tr attraverso la curva di possibilità pluviometrica calibrata nel 1985 da Piga - Liguori (che rielaborarono quelle già stabilite nel 1969 da Cao Puddu e Pazzaglia, ed adottando le stesse metodologie ma aggiornando la base dati):

$$H = 10A + u\ B\ TC + u\ D$$

Nella quale u è il frattile della distribuzione normale, A, B, C e D sono parametri legati alla posizione geografica del bacino:

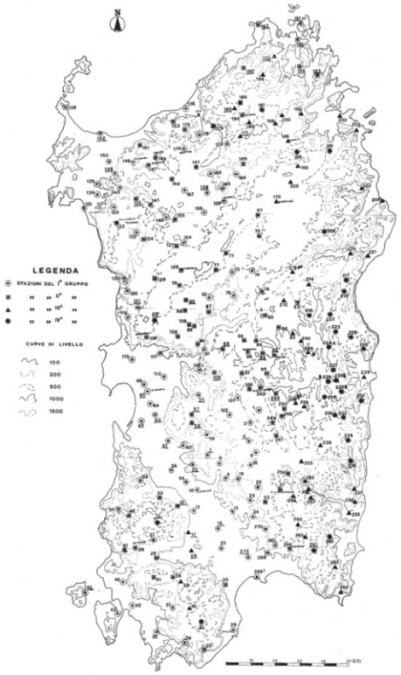
Gruppo	I	II	III	IV
A	1.273178	1.296212	1.379048	1.460774
B	0.179732	0.167488	0.164598	0.191832
C	0.305041	0.359696	0.418212	0.497207
D	-0.017147	-0.017941	0.009093	0.041251

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

Elenco delle stazioni

Stazioni	Sigla	Quota m s.m.	Gruppi omogenei
Cagliari	CA	7	
Martis	MA	300	
Pula	PU	10	
Bosa	BO	13	
S.Giusta	SG	10	
Sanluri	SL	68	
Ozieri	OZ	390	
Fluminimaggiore	FM	45	I Gruppo
Sassari	SS	224	
Allai	AL	50	
Mandas	MN	491	
Sarcidano	SR	699	
Palmas	PA	12	
Fertilia	FE	39	
Bunnari	BN	284	
Campeda	CM	651	
Tempio	TE	558	
Seneghe	SN	300	
Sorgono	SO	687	
Fonni	FO	992	
Planusanguni	PL	651	
Gorgoglu	GG	156	II Gruppo
Iglesias	IG	193	
Osilo	OS	650	
Taccu Zippiri	TZ	825	
Olbia	OL	15	
Sos Canales	SC	712	
Desulo	DE	920	
Santulussurgiu	ST	557	
Pira de Onni	PO	870	
Is Cannoneris	IC	716	
Ierzu	IE	550	
Campuomu	CP	380	III Gruppo
Calagonone	CL	25	
Campanasissa	CN	220	
Monti	MO	296	
Seui	SU	812	
Piscinamanna	PI	255	
Arzana	AR	674	
Lanusei	LA	595	IV Gruppo
Talana	TA	682	
Sicca d'erba	SD	825	
Ballao	BA	100	
Nurri	NR	557	Stazioni non classificate
Nuoro	NU	545	
Villanova Montel.	VM	567	

Ubicazione delle stazioni pluviografiche



Stazioni pluviografiche e attribuzione ai gruppi omogenei da Puddu (1973)

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

METODO CINEMATICO (RAZIONALE) CON CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA DI DEIDDA - PIGA - SECHI

Il metodo è identico a quello esposto nel paragrafo precedente dal quale si differenzia unicamente per la stima della precipitazione H. Questa è data dalla curva di possibilità pluviometrica, calibrata nel 1997 nella quale:

$$H = Hm(Tc) \text{ a } Tc^n$$

$$Hm\ (Tc) = 1.1287\ Hg\ (Tc/24)^{-0.493+0.476Log(Hg)}$$

con Hg dipendente dalla posizione geografica del bacino, mentre i parametri a ed n dipendono dalla sottozona di appartenenza:

per la sottozona I:

$$a = 0.4642 + 1.0376*Log(Tr)$$
$$n = -0.18488 + 0.22960*Log(Tr) - 0.033216*(Log(Tr))^2 \text{ (per Tc < 1 ora)}$$
$$n = -0.01469 - 0.0078505*Log(Tr) \text{ (per Tc > 1 ora)}$$

per la sottozona II:

$$a = 0.43797 + 1.089*Log(Tr)$$
$$n = -0.18722 + 0.24862*Log(Tr) - 0.0336305*(Log(Tr))^2 \text{ (per Tc < 1 ora)}$$
$$n = -0.0063887 -0.004542*Log(Tr) \text{ (per Tc > 1 ora)}$$

per la sottozona III:

$$a = 0.40926 + 1.1441*Log(Tr)$$
$$n = -0.1906 + 0.264438*Log(Tr) - 0.038969*(Log(Tr))2 \text{ (per Tc < 1 ora)}$$
$$n = 0.014929 + 0.0071973*Log(Tr) \text{ (per Tc > 1 ora)}$$

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

Sottozone Omogenee Sardegna

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

Altezze Medie di Precipitazione Hg Sardegna

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

13. Scelta del metodo e calcolo della Portata di massima piena

SEZIONE DI CONTROLLO	SEZIONE DI CHIUSURA PDL "KARLA"			
Tempo di Ritorno Tr	**50**	**100**	**200**	**500**
$Q_{VERIFICA}$ (m^3/s) **RAZIONALE CAO-PUDDU**	0.17	0.20	0.22	0.24
$Q_{VERIFICA}$ (m^3/s) **RAZIONALE PIGA - LIGUORI**	0.19	0.21	0.24	0.27
$Q_{VERIFICA}$ (m^3/s) **RAZIONALE TCEV**	0.08	0.13	0.19	0.28

La scelta del metodo più appropriato per la reale situazione in oggetto, ricade sul metodo TCEV indiretto basato sulla formula Razionale di Piga – Liguori, generalmente più indicato per i Bacini Idrografici di ridotte dimensioni.

Tale metodo risulta essere particolarmente adatto al caso di bacini di piccole dimensioni quali quelli in esame e pertanto è stato utilizzato per la stima della portata di piena dei piccoli torrenti e rii in genere.

Il metodo cinematico o razionale secondo la curva di possibilità pluviometrica di Piga – Liguori si basa su delle premesse, ossia:

1. la formazione della piena è dovuta esclusivamente ad un fenomeno di trasferimento della massa liquida;
2. ogni singola goccia di pioggia si muove sulla superficie del bacino seguendo un percorso immutabile che dipende soltanto dalla posizione in cui essa è caduta;
3. la velocità di ogni singola goccia non è influenzata dalla presenza delle altre gocce, cioè ognuna scorre indipendentemente dalle altre;
4. la portata defluente si ottiene sommando tra loro le portate elementari provenienti dalle singole aree del bacino che si presentano allo stesso istante nella sezione di chiusura.

Il metodo fornisce il valore della portata di massima piena (in m^3/s) attraverso la seguente relazione:

$$Q = \frac{\varphi \cdot A \cdot h_{tc}}{3.6 \cdot t_c}$$

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

Dove:

Q = portata di piena espressa in m^3/sec:

ϕ = coefficiente di deflusso

A = Area del bacino idrografico espressa in Km^2;

t_c = Tempo di corrivazione del Bacino Idrografico Espresso in ore;

h_{tc} = Pioggia critica della durata t_c espressa in mm;

Utilizzando tale metodologia, si trasferisce il problema della modellazione probabilistica degli eventi dalla grandezza "portata di piena" alla grandezza "altezza di precipitazione di breve durata", con il grande vantaggio di poter operare, in linea generale, su una base di dati molto più estesa.

Come detto, il metodo cinematico si adatta bene alle stime di portata di piena dei piccoli bacini, mentre per bacini di grandi dimensioni fornisce risultati del valore di massima piena generalmente sovrastimati.

Le ragioni che portano alla sovrastima della portata sono sostanzialmente due: la prima ragione è relativa alla valutazione della pioggia ragguagliata sul bacino. In effetti, nella formula del metodo cinematico compare l'altezza critica della precipitazione relativa alla durata del tempo di corrivazione del bacino. Tale altezza critica viene stimata in base alle curve di possibilità pluviometrica di Deidda-Piga e Sechi, che come si sa, sono riferite alle sole stazioni di osservazione (pluviometri) e quindi, si riferiscono a valori puntuali dell'altezza di pioggia.

Appare evidente che, all'aumentare della superficie del bacino, l'altezza di pioggia ragguagliata sull'intero bacino tende a diminuire, a parità di probabilità, rispetto alle stime puntuali, per effetto delle caratteristiche spaziali del fenomeno, che non consente una uguale intensità di pioggia per un tempo sufficientemente esteso su tutto il bacino.

In relazione alle limitate dimensioni dei bacini, alla mancanza di osservazioni utili alla verifica di tali coefficienti e, comunque, in considerazione del fatto che operare in assenza della riduzione descritta è a vantaggio della sicurezza, ha portato a definire che la pioggia sull'intero bacino sia pari a quella valutata, sulla base della distribuzione probabilistica stimata, sulle osservazioni puntuali alle stazioni pluviometriche, anche se in pratica questo non rappresenta la realtà delle cose, considerata l'ampia variabilità degli eventi meteorici, specialmente in questi ultimi anni.

La seconda ragione di sovrastima, direttamente proporzionale all'aumento della superficie imbrifera, riguarda la caratteristica del metodo che si basa unicamente su un'onda cinematica, trascurando completamente tutti i fenomeni di accumulo nei piccoli invasi della superficie del bacino (fenomenologie riconducibili alla formazione delle pozzanghere) e nello stesso invaso determinato dalla superficie idrica nella rete idrografica.

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

E' chiaro che, in questa ipotesi, la risposta del bacino ad una pioggia intensa è molto più diretta, in quando manca l'effetto di laminazione che sull'onda di piena è in grado di effettuare il volume d'invaso (o dei piccoli invasi cumulati).

Nel complesso, come è facile intuire, le grandezze principali da cui deriva la corretta applicazione della formula sono il coefficiente di deflusso (Φ) e il tempo di corrivazione (t_c).

Il coefficiente di deflusso Φ potrebbe essere in effetti stimato col metodo del Curve Number (CN) secondo cui vale:

$$\Phi = (H - 0.2\ S)^2/(H(H + 0.8\ S)),\ \text{con}\ S = 254\ (100/CN - 1)$$

In cui il valore di CN è legato alle caratteristiche del terreno e della copertura vegetale.

Il coefficiente Φ assume però, con questa metodologia, valori eccessivamente bassi, poiché fa coincidere l'inizio della precipitazione con la porzione di durata Tc considerata.

Per ovviare a questo difetto della formula, si è reso opportuno far precedere la precipitazione di durata critica Tc una precipitazione di durata pari a Dp volte Tc (inteso come scroscio precedente all'evento di precipitazione vero e proprio).

Indicando con Hp l'altezza di precipitazione caduta prima della durata critica e con Ht l'altezza di precipitazione totale (H+Hp), si ha:

$$\Phi = [(Ht - 0.2\ S)^2/(Ht + 0.8\ S) - (Hp - 0.2\ S)^2/(Hp + 0.8\ S)]/H$$

Stanti queste indicazioni, a scopo cautelativo si è scelto di imporre sempre un valore del coefficiente di deflusso pari a ~ 0.90 per gli eventi aventi un periodo di ritorno superiore o uguale a 200 anni. Per gli eventi con periodo di ritorno di 100 anni si è adottato un coefficiente di deflusso pari a 0.83, mentre per periodi di ritorno di 50 anni si è adottato un coefficiente di deflusso pari a 0.81.

A riguardo, si rammenta che ci si trova comunque in un contesto naturale (Siamo circondati da zone agricole), pertanto l'utilizzo di un coefficiente di deflusso > 0.80 risulta alquanto prudenziale rispetto alle reali condizioni di uso del suolo/esposizione/contesto geologico e geomorfologico.

14. Modellazione idraulica

La modellazione idraulica si sviluppa sulla base delle caratteristiche geometriche dell'asse di dreno individuato o del corso d'acqua e delle sue sezioni idrauliche di contorno interessate dalla verifica. Una volta definite le specifiche geometriche delle sezioni idrauliche interessate dalla verifica, viene applicato il modello matematico per la simulazione delle condizioni di moto della corrente.

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

A riguardo, il profilo della corrente è stato determinato ipotizzando condizioni di moto permanente, dato che le variazioni di portata nel tempo in occasione delle piene naturali non sono così rapide da rendere necessaria un'analisi in condizioni di moto vario.

La modellazione con l'uso del DTM, permette inoltre di considerare la corrente idraulica con una schematizzazione monodimensionale, essendo assenti esondazioni con componenti del moto ortogonali all'asse del corso d'acqua, e potendo così ricorrere a schemi di calcolo sufficientemente semplici e robusti da non destare problemi numerici e necessità di complesse analisi di sensitività per la validazione del modello stesso.

Per le operazioni di modellazione idraulica è stato utilizzato il codice di calcolo HEC-RAS, sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers.

Il software è in grado di analizzare e risolvere i calcoli legati al tracciamento del profilo idrico di un corso d'acqua in regime di moto permanente e/o in regime di moto vario, nonché le problematiche legate al trasporto solido.

In ciascuna di queste tre tipologie di studio il programma è in grado di utilizzare sia le proprietà intrinseche del terreno (in particolare in termini di coefficiente di scabrezza di Manning), sia le proprietà geometriche della sezione del corso d'acqua.

Questa componente del sistema di modellazione è da utilizzare per il calcolo della superficie idrica di correnti gradualmente variate. Il sistema di modellazione può analizzare una rete di canali o un singolo corso d'acqua.

Per l'analisi del moto, HEC RAS richiede la portata nota su ogni ramo (o parte di esso), inoltre è necessario definire le condizioni al contorno a monte (che saranno valide per una corrente veloce) e a valle (che saranno valide per una corrente lenta) dei rami unitamente alle caratteristiche delle confluenze.

Il software permette di imporre una corrente lenta, un regime di corrente veloce ovvero di determinare autonomamente il profilo della corrente in regime misto.

Le condizioni al contorno utilizzabili sono:

- altezza nota del pelo libero;
- passaggio per l'altezza critica;
- altezza di moto uniforme (per una particolare pendenza assegnata);
- scala delle portate.

La procedura di calcolo è basata sulla risoluzione dell'equazione monodimensionale dell'energia, in cui le perdite di carico sono valutate tramite il coefficiente di scabrezza di Manning.

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

É possibile valutare i fenomeni di contrazione e allargamento della corrente tramite opportuni coefficienti di contrazione/espansione allorquando si abbiano variazioni di sezione in corti tratti (è il caso ad esempio in cui si hanno restringimenti dovuti al passaggio tra le pile di un ponte ed il conseguente allargamento).

Nei casi in cui la corrente non dovesse essere gradualmente variata viene utilizzata l'equazione del momento della quantità di moto (automaticamente, con l'opzione "regime misto", nei passaggi da corrente veloce a lenta, o su opzione nelle confluenze).

Il punto di partenza è l'input della geometria del sistema, costituito dal corso d'acqua principale e da tutti gli affluenti, le sezioni trasversali, tutte le interferenze (ponti, passaggi all'interno di condotte circolari, a sezione rettangolare e comunque di qualunque forma, chiuse, ma in generale ogni variazione di sezione e/o la sua ostruzione).

Ogni sezione, di un determinato ramo del corso d'acqua, è identificata univocamente da un numero positivo, crescente nel verso opposto a quello di scorrimento della corrente (quindi da valle verso monte).

In generale ognuna di queste sezioni è suddivisa in tre porzioni che in prima istanza possono essere pensate come la savanella centrale (main channel) e le due aree golenali adiacenti (left overbank e right overbank).

Tale suddivisione consente di ripartire la corrente in tre porzioni, considerando, per ognuna, velocità, portata e scabrezza diverse (è il caso, ad esempio, di savanella rivestita ed aree golenali con una certa copertura vegetale), ma con pari energia totale.

Una volta completato l'input geometrico dei dati, occorre fornire i valori di portata da mettere in conto nelle sezioni.

Nei casi di moto permanente il valore della portata Q è costante nel tempo, e sarà possibile fornire un valore di Q per ciascuna sezione, o, più semplicemente, si può inserire il valore solo nelle sezioni che hanno un cambiamento di portata.

Nei casi di moto vario è possibile fornire un idrogramma con portata variabile col passo temporale desiderato. Nei casi di moto vario è possibile valutare l'efficacia di un'eventuale cassa d'espansione, così come gli effetti di un'idrovora che da tale area di espansione dovesse pompare le acque su un altro corpo idrico etc.

I risultati ottenuti tramite il calcolo possono essere visualizzati graficamente, quali ad esempio l'andamento del profilo longitudinale con l'indicazione del fondo del corso d'acqua, l'altezza critica, l'altezza di moto uniforme, la quota del pelo libero, l'altezza totale e tutte le altre grandezze che servono a descrivere compiutamente il moto. Ovviamente le stesse grandezze possono essere ricavate in forma tabellare sezione per sezione.

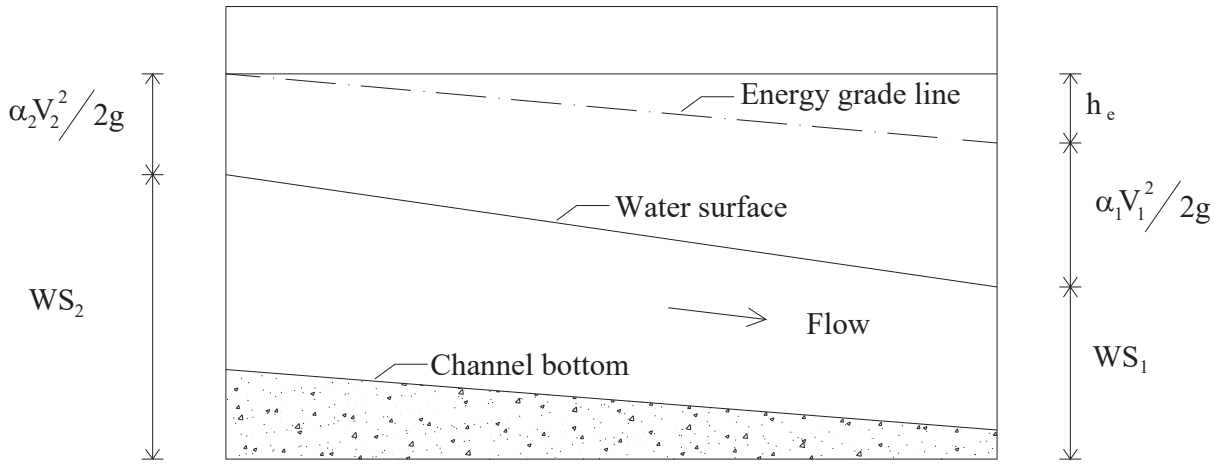
Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

15. Determinazione dell'equazione del moto idraulico e calcoli idraulici

La metodologia utilizzata per la valutazione delle grandezze idrauliche che regolano il moto della corrente è il Metodo II descritto in "Backwater Curves in River Channels" EM 1110-2-1409 (USACE 1959).

Le grandezze idrauliche fondamentali, che intervengono nei processi che determinano il profilo della corrente ed i fenomeni legati al trasporto solido, sono:

- velocità della corrente;
- altezza del pelo libero;
- energia totale ed il suo gradiente.



Carichi idraulici in due sezioni di calcolo consecutive

Nella figura soprastante sono messe in evidenza le grandezze che compaiono nell'equazione (1) (equazione di bilancio dell'energia)

$$Ws2 + = Ws1 + he \quad (1)$$

in cui si hanno:

g: accelerazione di gravità;

he: perdita di energia;

V1, V2: velocità media, riferita all'area della sezione bagnata, e relativa alla portata data;

Ws1, Ws2: quota del pelo libero della corrente (per il dato valore di portata) rispetto uno zero convenzionale;

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

$\alpha 1$, $\alpha 2$: coefficienti di ragguaglio delle potenze cinetiche (o coeff. di Coriolis);

16. Determinazione delle perdite di carico

L'input della geometria del sistema svolge un ruolo determinante proprio, perché tramite la definizione di questa avviene il calcolo del profilo di corrente.

Occorre quindi fornire al programma le sezioni trasversali del fiume e le distanze relative tra queste.

Come già scritto le perdite per attrito sono calcolate tramite il Metodo II descritto in "Backwater Curves in River Channels" EM 1110-2-1409 (USACE 1959).

$$he = hf + ho \quad (2)$$

Come riportato nell'equazione 2), la perdita di carico "he" è data dalla somma di due componenti:

- hf: perdita di energia per attrito
- ho: perdita di energia legata alla forma della sezione

Le perdite dovute alla contrazione o all'allargamento della sezione sono valutate nel termine ho.

17. Determinazione delle perdite per attrito

Come già scritto, la sezione trasversale è suddivisa in porzioni aventi analoghe proprietà idrauliche nella direzione del flusso, ciascuna di queste è suddivisa in sub-sezioni ed in ciascuna di esse le perdite per attrito sono calcolate tramite la relazione:

$$hf = (Q/K)^2 \quad (3)$$

in cui:

$K = \Sigma_{J=1,NSS} [(A_{2j}+A_{1j})/2 ((R_{2j}+R_{1j})/2)^{2/3}] / [nj\ Lj^{0.5}]$ (4)

A_{1j}, A_{2j}: aree delle sezioni, normali al flusso, rispettivamente di valle e di monte;

NSS: numero totale di sub-sezioni in cui è suddivisa una sezione;

K: total conveyance del tratto compreso tra le due sezioni

Lj: distanza tra le j esime sub-sezioni;

n_j: coeff. di scabrezza di Manning tra le j esime sub-sezioni;

Q: portata;

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

R_{1j}, R_{2j}: raggi idraulici delle corrispondenti sezioni.

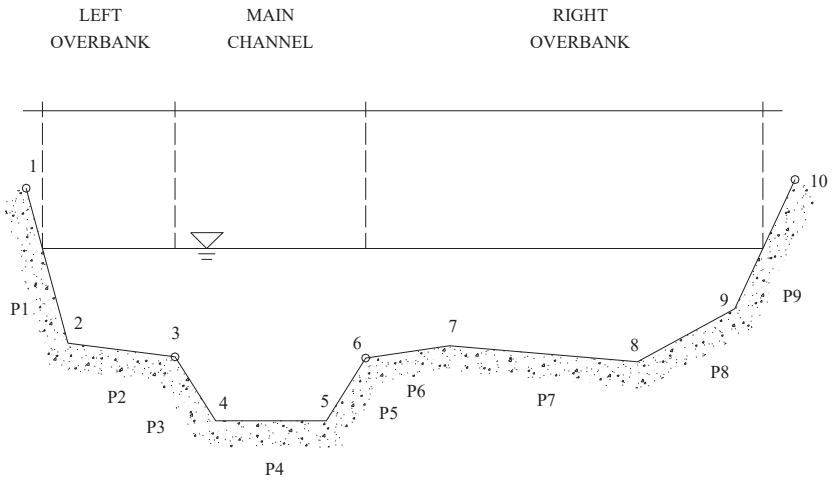
18. Determinazione delle perdite per contrazione ed espansione

Le perdite per contrazione ed espansione della corrente sono valutate tramite l'equazione 5) riportata di seguito:

$$ho = CL\ [A_2V_2^2/2g - A_1V_1^2/2g] \qquad (5)$$

in cui CL è il coefficiente di contrazione (positivo) o espansione (negativo).

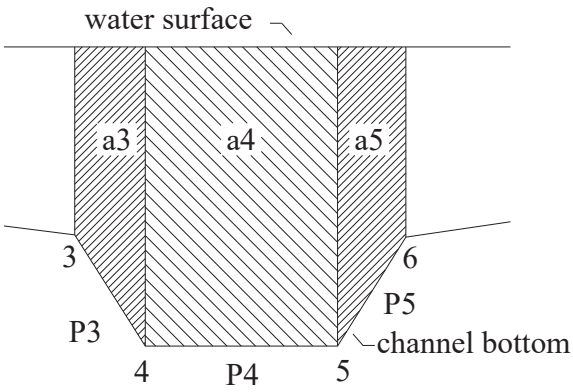
Ogni sezione descritta da un numero N di punti è suddivisa, come già detto in precedenza in tre "porzioni" (left overbank, main channel, right overbank), come illustrato in Figura



Suddivisione della sezione trasversale del corso d'acqua in porzioni

Ogni porzione è ulteriormente suddivisa in sub-section, come illustrato in Figura

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.



Scomposizione di una componente della sezione in sub-sezioni

Ad esempio l'area corrispondente al main channel è data dalla sommatoria delle aree delle sub-section che la compongono secondo quanto riportato in Figura:

$$Aj = a3 + a4 + a5 \qquad (6)$$

così come

$$Pj = p3 + p4 + p5 \qquad (7)$$

in cui P è il contorno bagnato della sezione.

Il raggio idraulico del main channel è calcolato come rapporto tra le somme delle aree Ak e la somma dei contorni bagnati Pk delle singole sub-section tramite la relazione:

$$R_j = (A_j/P_j) = (\Sigma A_k/\Sigma P_k) \qquad (8)$$

dove Aj, Pj ed Rj sono rispettivamente l'area, il contorno bagnato ed il raggio idraulico della j-esima sub-section.

Il coefficiente di Coriolis ,α che tiene conto della distribuzione della distribuzione della velocità all'interno della sezione trasversale, viene calcolato tramite la relazione:

$$\alpha = [\Sigma_{J=1,NSS} (K_j^3/A_j^2)]/(K^3/A^2) \quad (9)$$

19. Creazione di Sezioni interpolate

Talvolta è necessario interpolare le sezioni per un tratto in cui la definizione della geometria non sia stata sufficientemente dettagliata. Questo accade soprattutto per evitare che venga valutata ad

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

esempio una forte perdita di energia per un allargamento e/o restringimento che nella realtà è graduale e non istantaneo come può accadere tra due sezioni non interpolate.

20. Formazione di Giunzioni di Canali

Le connessioni tra due o più rami di un canale è denominata "giunzione" nella quale un ramo di valle viene connesso con altri che ovviamente stanno a monte.

Questa particolare situazione può essere risolta in due modi, come già accennato, ovvero mediante:

EQUAZIONE DELL'ENERGIA TOTALE. Equilibrio delle energie totali delle correnti nelle sezioni immediatamente a monte della confluenza ed immediatamente a valle di questa (Può accadere che una delle correnti di monte risulti avere una energia inferiore alla corrente di valle) (metodologia da preferire nei casi in cui non si hanno particolari dissipazioni di energia tra le sezioni di monte e di valle);

EQUAZIONE DEL MOMENTO. Equilibrio dei momenti delle quantità di moto tra le stesse sezioni di cui sopra (situazione questa da preferire quando l'angolo di incidenza del canale di monte è tale da provocare considerevoli perdite di energia).

21. Ponti ed attraversamenti in sezioni chiuse

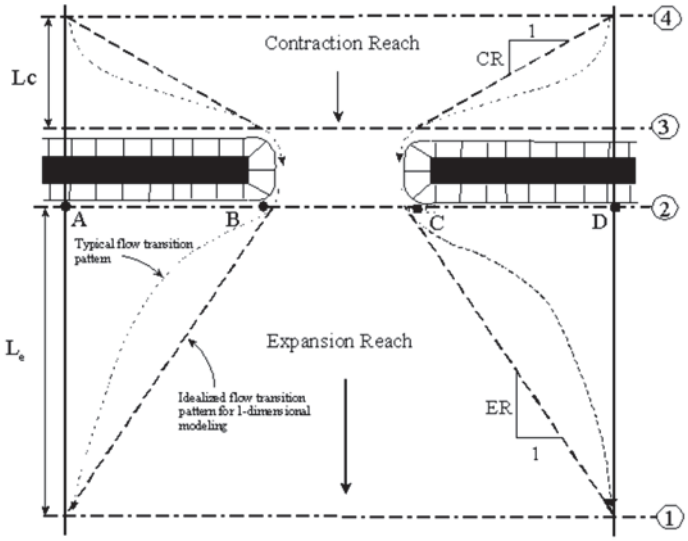
Particolare attenzione merita la presenza di eventuali ponti e/o attraversamenti all'interno di sezioni chiuse (scatolari, circolari, ovoidali etc.).

Per ciò che riguarda la perdita di energia, questa viene suddivisa in tre componenti:

- nella sezione di valle si ha perdita di energia per "brusco allargamento" della corrente fluida;
- nella sezione intermedia, la quale può essere modellata in maniera da ridurre i fenomeni turbolenti;
- nella sezione di monte in cui viene ad aversi una contrazione della corrente e la conseguente formazione di moti vorticosi.

Per rendere definito il problema occorre fornire almeno 4 sezioni, due delle quali rispettivamente a monte e a valle dell'interferenza in cui siano trascurabili i fenomeni dovuti alla contrazione della corrente (sezioni 4 e 1 della figura sottostante), le altre due immediatamente a monte e a valle del manufatto (sezioni 2 e 3), in queste è necessario imporre un'area inefficace.

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.



Geometria di un passaggio ristretto

Le metodologie utilizzate per attribuire i valori ad Lc ed Le sono diffusamente dibattute in "Flow Transitions in Bridge Backwater Analysis" (RD-42 HEC, 1995).

HEC RAS offre diverse possibilità di risolvere il problema richiamate di volta in volta dall'utente, per i casi più frequenti nella pratica sono da preferirsi l'equazione di bilancio dell'energia, l'equazione di bilancio del momento della quantità di moto e talvolta l'equazione di Yarnell.

Con il codice di calcolo HEC-RAS sono stati analizzati i casi con le luci dei ponti attuali ed i casi nelle configurazioni di progetto.

22. Determinazione del profilo di moto permanente

Il calcolo è stato effettuato sulla base dei seguenti elementi:

- il profilo della corrente è stato valutato considerando un moto permanente per tronchi omogenei chiusi alle sezioni di interesse. Rispetto alle reali condizioni del moto, che in generale presenta variazioni di portata nel tempo, si avranno delle differenze, tuttavia, l'inviluppo dei massimi livelli idrici riscontrabili in un transitorio di portata variabile non sono, in generale, superiori dei livelli idrici riscontrabili in moto permanente, ovviamente per la data portata assunta;
- la portata considerata è stata considerata costante lungo i diversi tratti omogenei degli alvei studiati, con incrementi in corrispondenza delle confluenze;
- le perdite di carico sono state valutate con la consueta espressione di Chezy e valutazione del coefficiente χ mediante la formula di Manning, ponendo cautelativamente il coefficiente n=0.035

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

nella parte naturale del compluvio e n = 0.02 qualora vi siano superfici pavimentate (CLS – Asfalto) e invece n= 0.015 nel caso di condotte in CLS.

23. Risultato delle analisi

Tutte le verifiche idrauliche sono state eseguite mediante l'applicativo HEC-RAS impostato su base GIS ipotizzando una condizione di moto permanente, caratterizzata appunto da sezioni gradualmente variate e portata variabile nel tempo.

Per una migliore rappresentazione dei risultati, è stata eseguita una simulazione idraulica che prende in considerazione l'intero profilo longitudinale del Piano di Lottizzazione a cui corrispondono esattamente n° 20 Sezioni Idrauliche, al fine di dimostrare l'effettiva condizione di displuvio dell'area d'intervento rispetto alle aree circostanti.

Per lo sviluppo delle sezioni idrauliche interpolate si è utilizzato un applicativo GIS (MapWindow) ed un Plug-In dedicato (HecRas Utilities).

Dapprima è stato caricato il modello digitale del terreno (DTM 1 m) e successivamente è stata sovrapposta l'aerofotogrammetria georeferenziata necessaria per la digitalizzazione dei punti laddove è stato individuato il punto di massima pendenza (o direzione di deflusso delle acque), sebbene si stia parlando di differenze di quota che in alcuni casi non superano i 10 cm.

Nell'ambito della digitalizzazione dell'asse di dreno, sono stati determinati geometricamente i seguenti parametri:

- River (Corso d'acqua);
- Banks (Argini);
- Flowpath (Direzione di deflusso);
- XS Cutlines (Sezioni trasversali)
- 3D Crossection

Successivamente alla generazione di questa serie di parametri, è stato generato mediante il Plug-in RAS-Export un file di esportazione in formato .sdf essenziale per l'importazione della geometria del corso d'acqua direttamente dal programma HECRAS.

A questo punto si è eseguito il comando di avvio di HECRAS importando dai dati geometrici la modellazione eseguita in ambiente GIS, apportando alcune correzioni specialmente per la morfologia dell'asse di dreno ma soprattutto per il coefficiente di scabrezza, che nel caso in specie è stato assunto pari a 0.035, sia per il cento del compluvio e sia per le aree esterne (golene e piane inondabili).

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

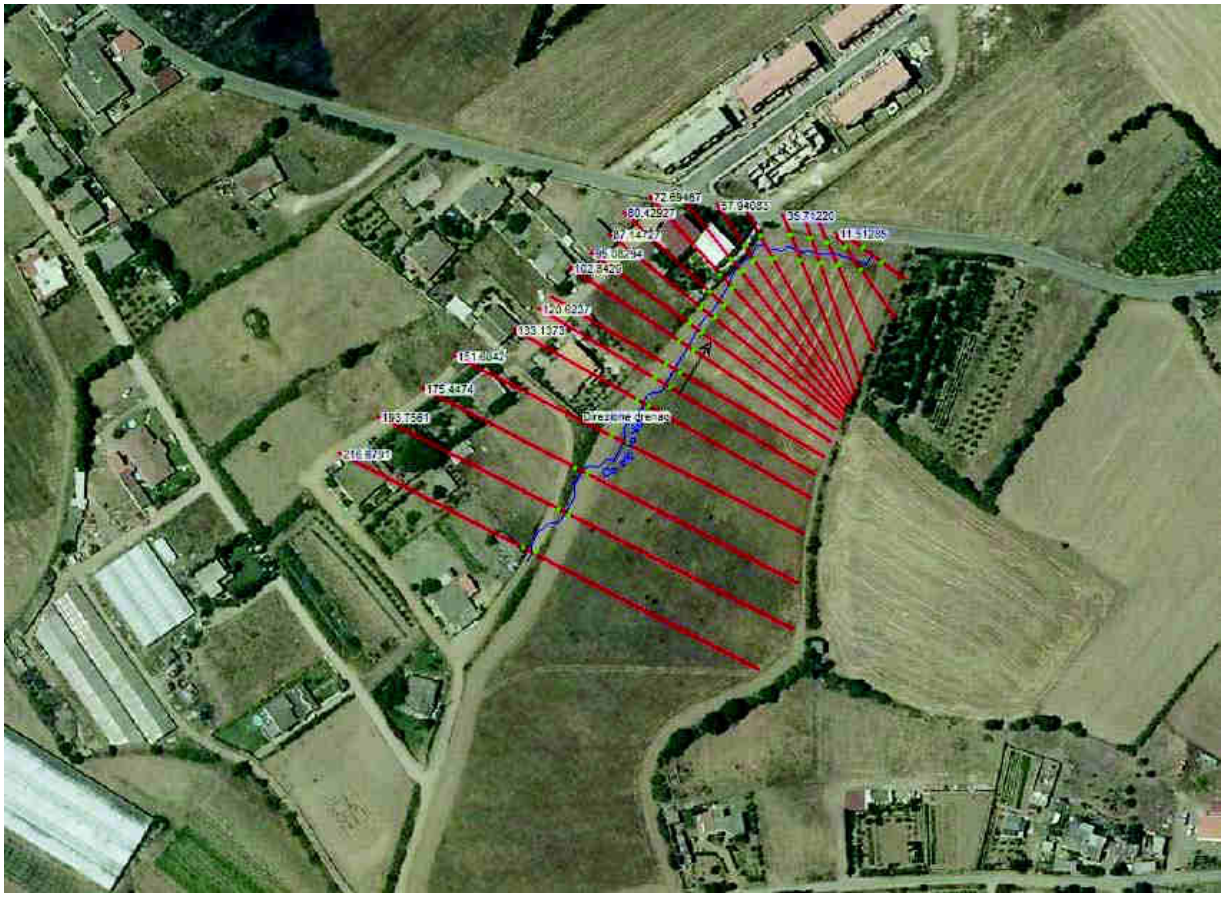


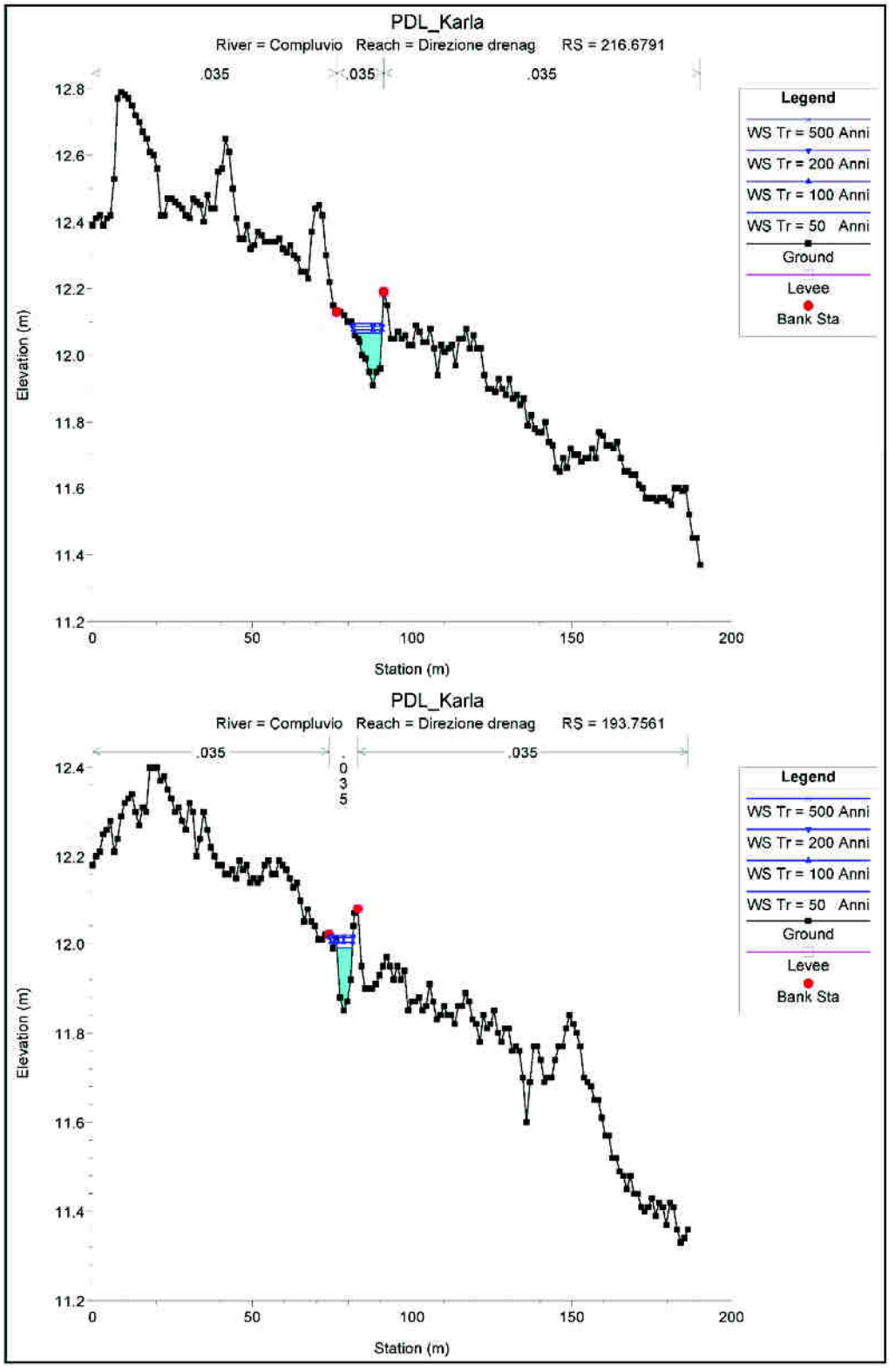
Fig. 20 – Modellazione dell'asse di dreno e sezioni idrauliche in corrispondenza dell'area d'intervento

Come si evince dalla modellazione di calcolo idraulico, la quota dei tiranti idrici si attesta ad un'altezza media di circa 15 cm dal suolo.

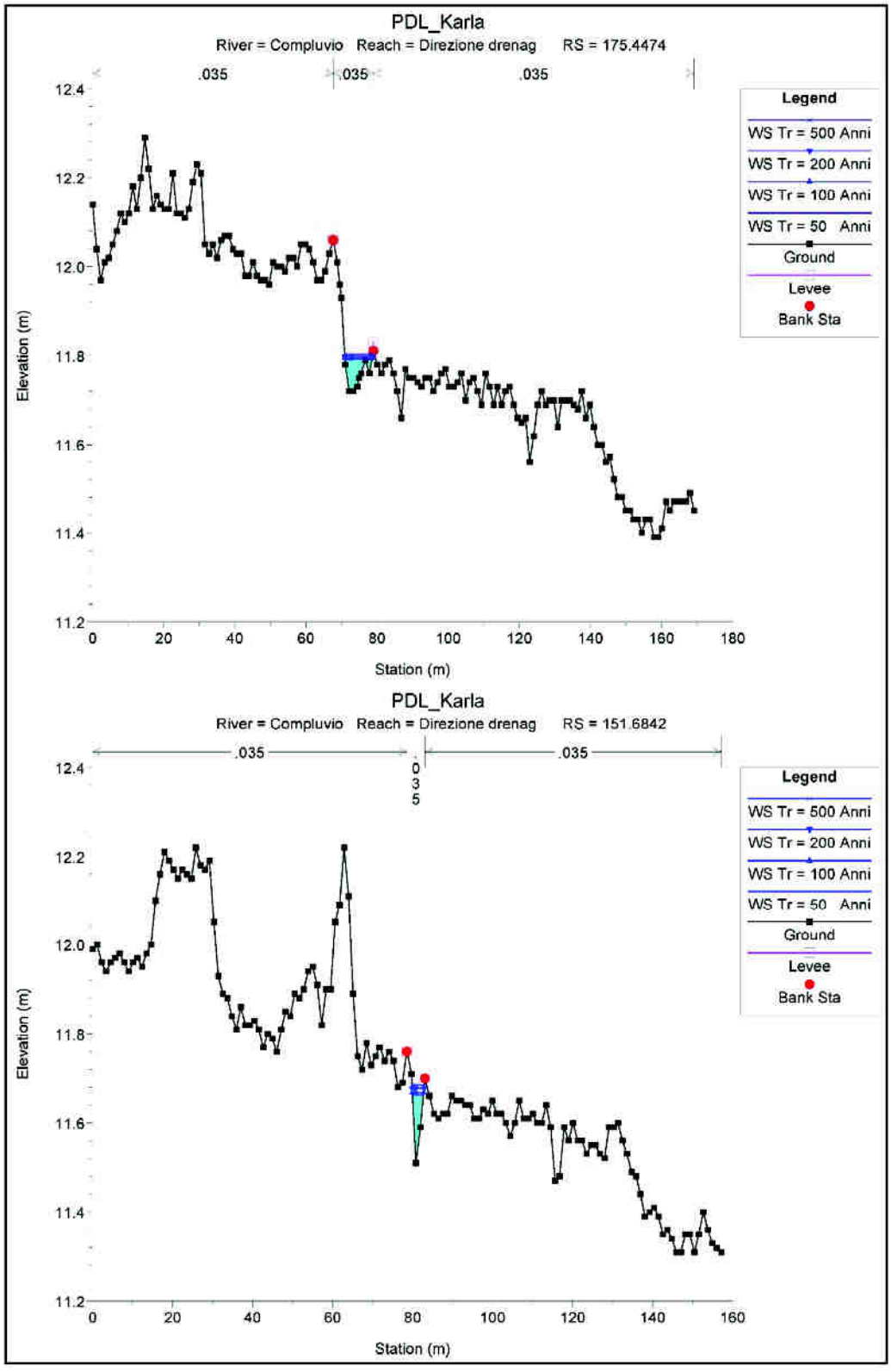
Proprio per questa ragione, in funzione di questa esigenza di dover incanalare le acque zenitali di ruscellamento superficiale, si è optato per la realizzazione della viabilità del Piano di Lottizzazione, all'interno della quale sarà previsto un collettore DN 400 mm in PVC tale da smaltire le portate delle acque zenitali.

Per quanto riguarda il dimensionamento della rete di smaltimento, dalle tabelle di calcolo HERA si evince come la scelta di un collettore in PVC plastico DN 400 mm SN8, con grado di riempimento GR = 70%, un coefficiente di scabrezza di Gauckler – Strickler di 120, una pendenza di 0.025 m/m, permette lo smaltimento di una portata di pioggia pari a ~ 0.26 m^3/sec, quindi ampiamente superiore a quanto calcolato con i tempi di ritorno del PAI per portate di piena bicentenaria (0.24 m^3/sec).

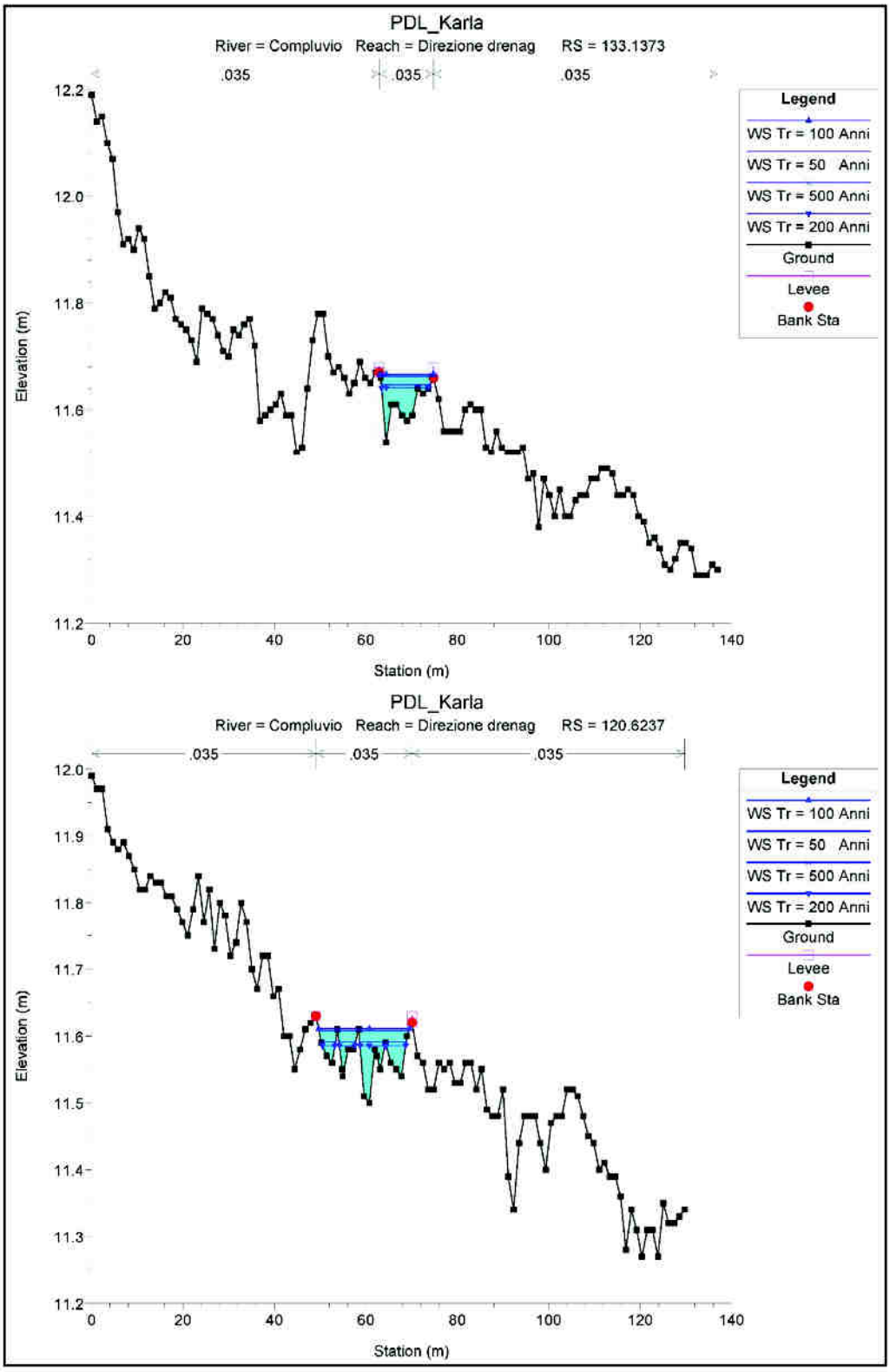
Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.



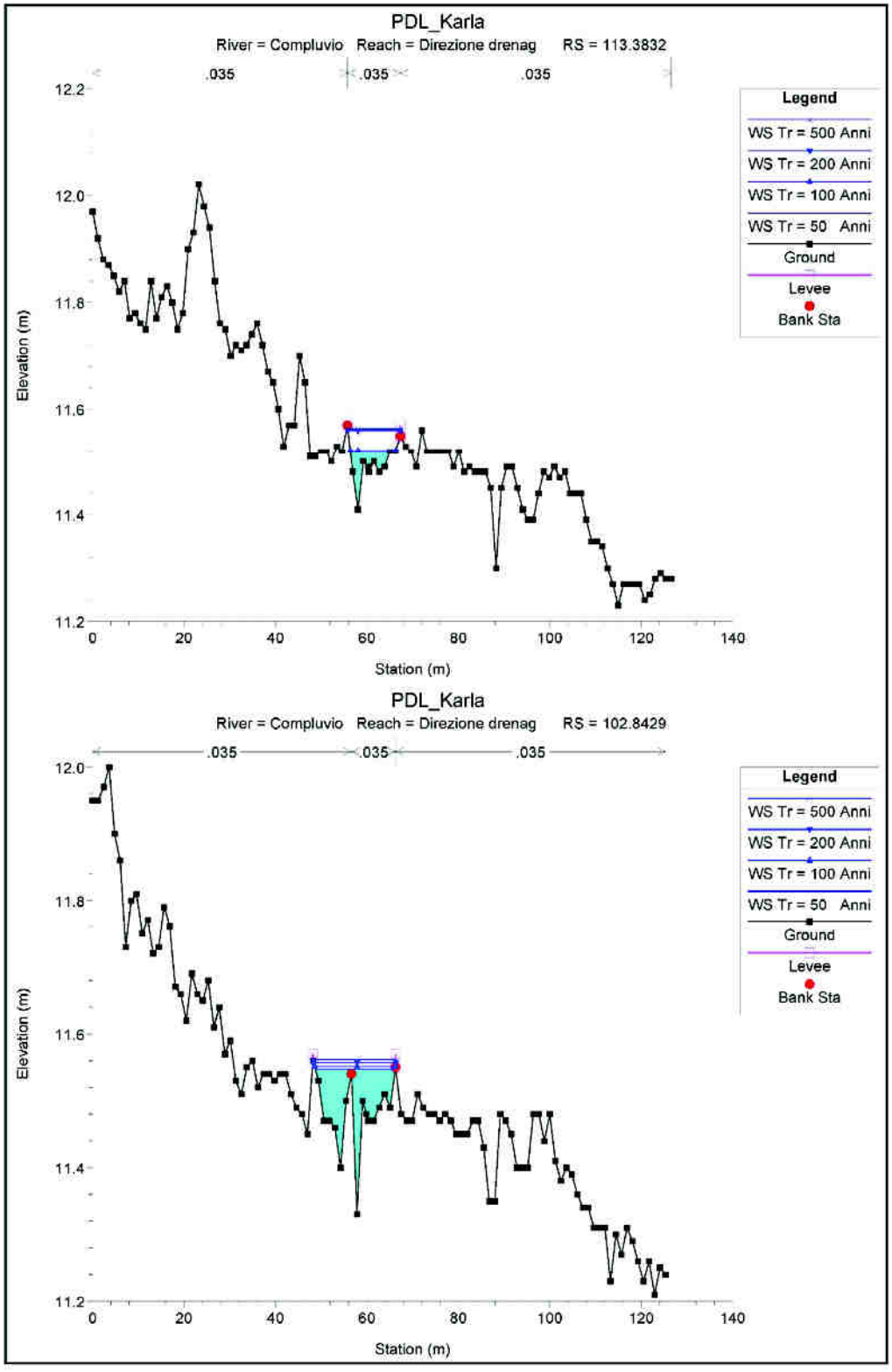
Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.



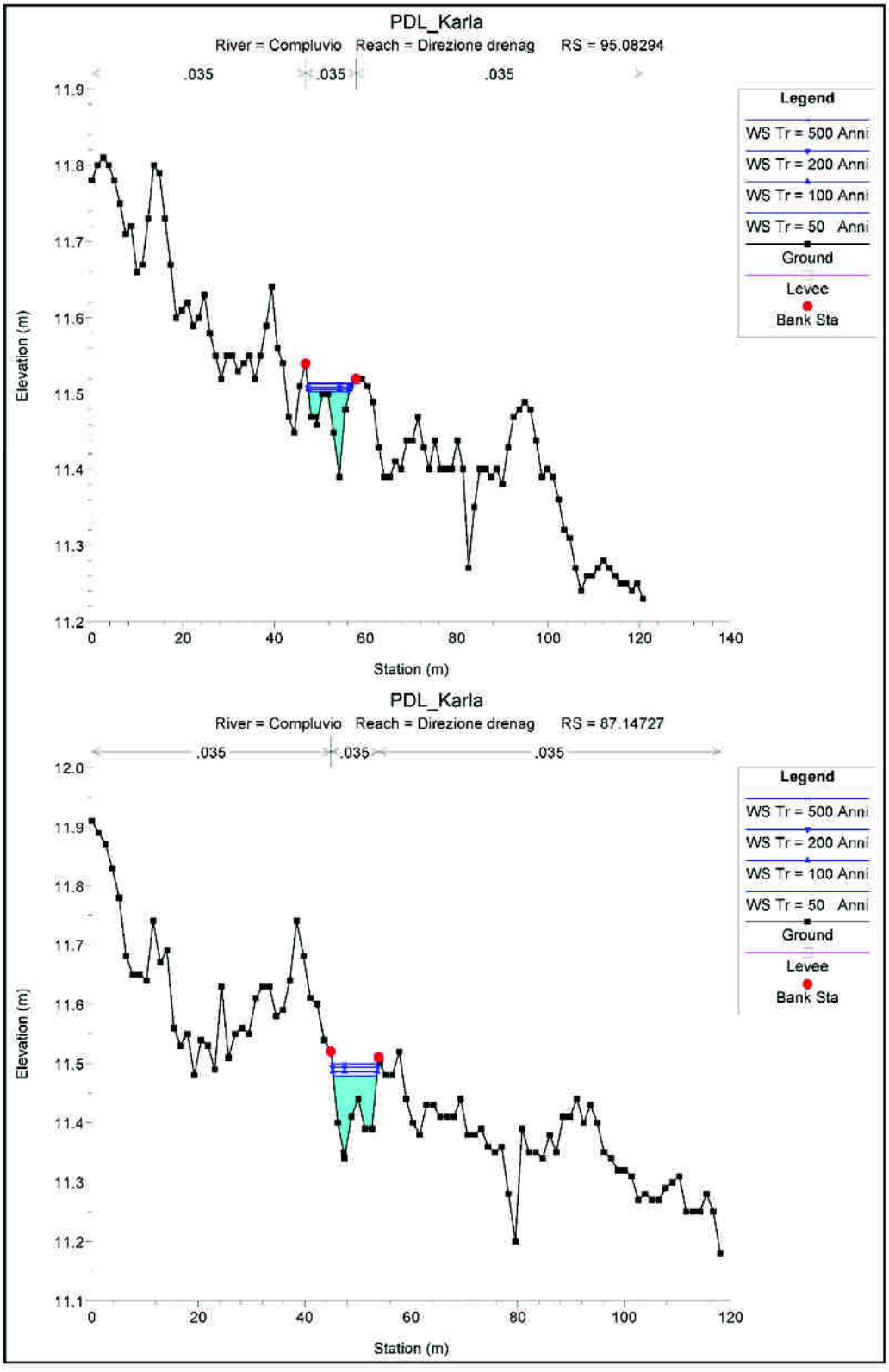
Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.



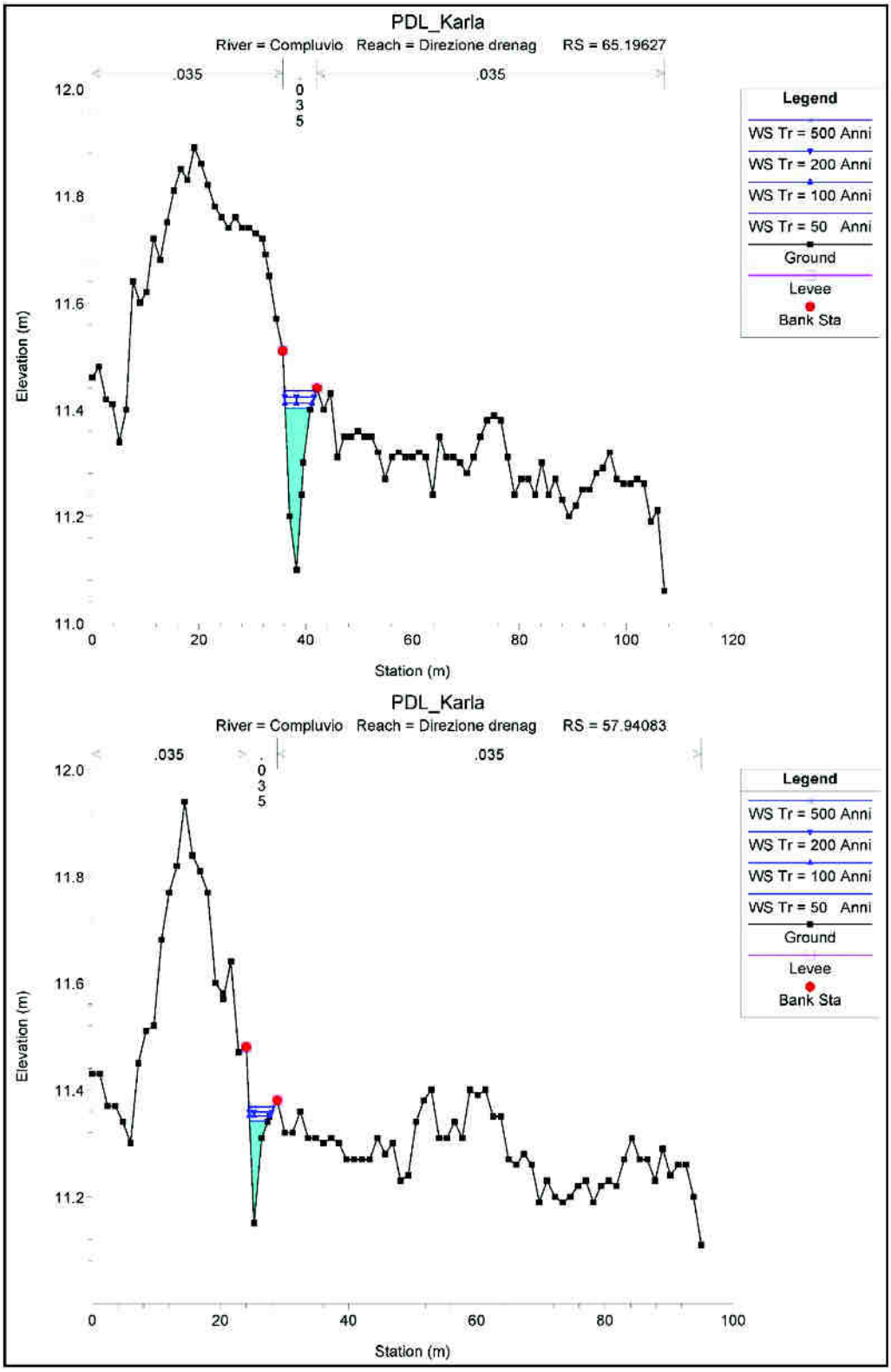
Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.



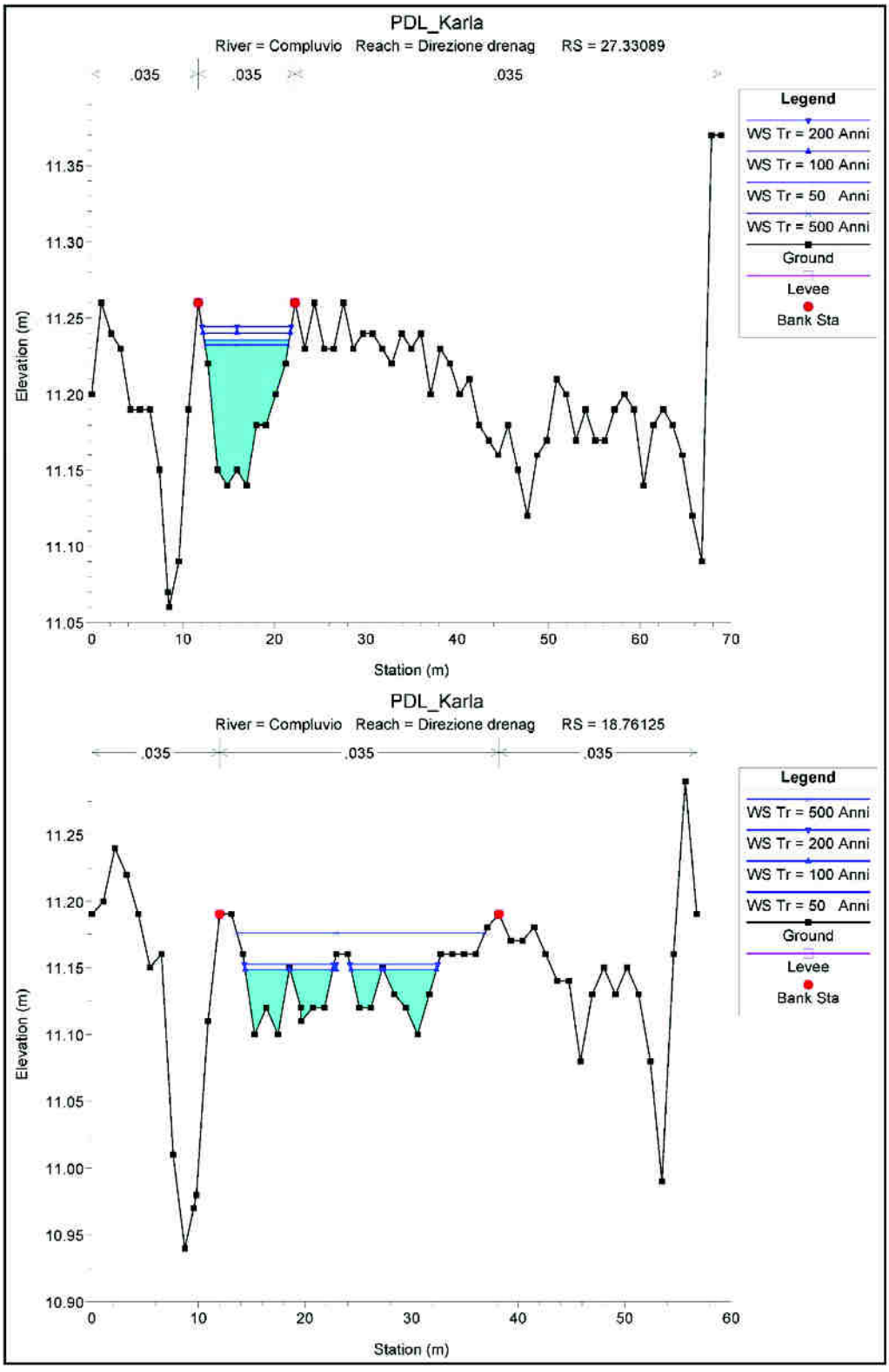
Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.



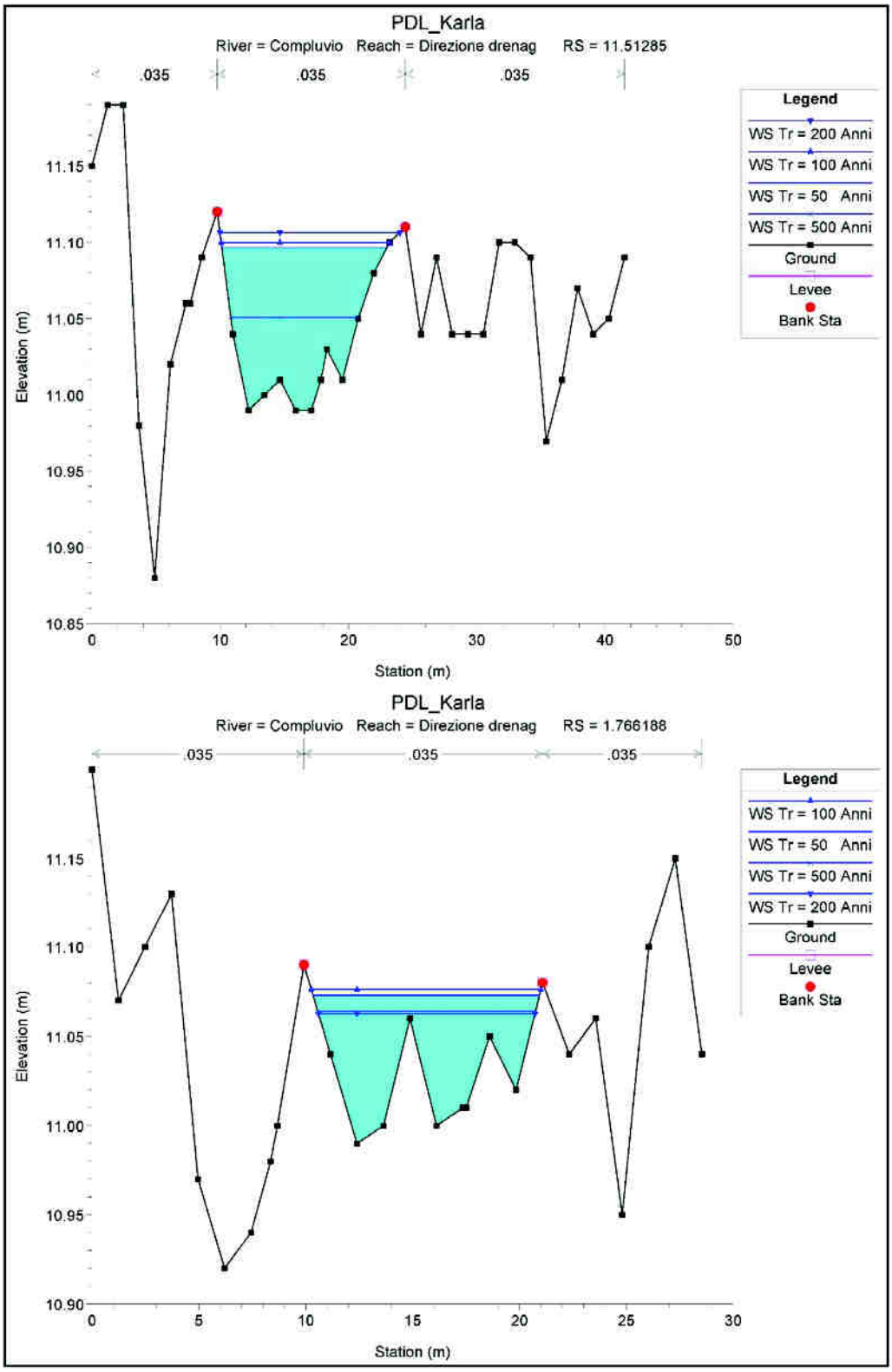
Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.



Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.



Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.



Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Compluvio Reach: Direzione drenag

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Direzione drenag	216.6791	Tr = 50 Anni	0.19	11.91	12.07	12.01	12.07	0.002419	0.27	0.71	8.59	0.30
Direzione drenag	216.6791	Tr = 100 Anni	0.21	11.91	12.08	12.01	12.08	0.002203	0.27	0.79	8.88	0.29
Direzione drenag	216.6791	Tr = 200 Anni	0.24	11.91	12.09	12.01	12.09	0.002082	0.27	0.88	9.23	0.28
Direzione drenag	216.6791	Tr = 500 Anni	0.27	11.91	12.09	12.02	12.10	0.002088	0.28	0.96	9.49	0.28
Direzione drenag	193.7561	Tr = 50 Anni	0.19	11.85	11.99	11.94	12.00	0.004774	0.41	0.46	4.83	0.43
Direzione drenag	193.7561	Tr = 100 Anni	0.21	11.85	12.00	11.94	12.01	0.005029	0.39	0.54	6.27	0.43
Direzione drenag	193.7561	Tr = 200 Anni	0.24	11.85	12.01	11.95	12.02	0.005091	0.39	0.61	7.21	0.43
Direzione drenag	193.7561	Tr = 500 Anni	0.27	11.85	12.02	11.96	12.03	0.005519	0.42	0.65	7.43	0.45
Direzione drenag	175.4474	Tr = 50 Anni	0.19	11.72	11.79	11.79	11.81	0.034891	0.63	0.30	7.57	1.00
Direzione drenag	175.4474	Tr = 100 Anni	0.21	11.72	11.79	11.79	11.82	0.036951	0.66	0.32	7.63	1.03
Direzione drenag	175.4474	Tr = 200 Anni	0.24	11.72	11.80	11.80	11.82	0.036294	0.69	0.35	7.75	1.04
Direzione drenag	175.4474	Tr = 500 Anni	0.27	11.72	11.80	11.80	11.83	0.032344	0.69	0.39	7.91	0.99
Direzione drenag	151.6842	Tr = 50 Anni	0.19	11.51	11.66	11.66	11.70	0.027831	0.88	0.22	2.72	0.99
Direzione drenag	151.6842	Tr = 100 Anni	0.21	11.51	11.67	11.67	11.71	0.027472	0.90	0.23	2.82	0.99
Direzione drenag	151.6842	Tr = 200 Anni	0.24	11.51	11.68	11.68	11.72	0.026371	0.91	0.26	2.98	0.98
Direzione drenag	151.6842	Tr = 500 Anni	0.27	11.51	11.69	11.69	11.73	0.026706	0.95	0.29	3.10	1.00
Direzione drenag	133.1373	Tr = 50 Anni	0.19	11.54	11.66	11.63	11.67	0.005606	0.30	0.62	11.62	0.42
Direzione drenag	133.1373	Tr = 100 Anni	0.21	11.54	11.67	11.64	11.67	0.005662	0.32	0.66	11.74	0.42
Direzione drenag	133.1373	Tr = 200 Anni	0.24	11.54	11.64	11.64	11.66	0.037516	0.62	0.39	10.27	1.02
Direzione drenag	133.1373	Tr = 500 Anni	0.27	11.54	11.65	11.65	11.67	0.031395	0.61	0.44	10.64	0.95
Direzione drenag	120.6237	Tr = 50 Anni	0.19	11.50	11.61	11.58	11.61	0.004437	0.23	0.82	19.50	0.36
Direzione drenag	120.6237	Tr = 100 Anni	0.21	11.50	11.61	11.59	11.61	0.004506	0.24	0.88	19.94	0.36
Direzione drenag	120.6237	Tr = 200 Anni	0.24	11.50	11.59	11.59	11.60	0.045200	0.55	0.43	15.67	1.07
Direzione drenag	120.6237	Tr = 500 Anni	0.27	11.50	11.59	11.59	11.60	0.033589	0.52	0.52	16.85	0.94
Direzione drenag	113.3832	Tr = 50 Anni	0.19	11.41	11.52	11.52	11.54	0.036744	0.60	0.31	8.55	1.01
Direzione drenag	113.3832	Tr = 100 Anni	0.21	11.41	11.52	11.52	11.54	0.037611	0.60	0.35	9.92	1.01
Direzione drenag	113.3832	Tr = 200 Anni	0.24	11.41	11.56	11.53	11.56	0.000011	0.02	9.39	70.71	0.02
Direzione drenag	113.3832	Tr = 500 Anni	0.27	11.41	11.56	11.53	11.56	0.000013	0.02	9.60	70.75	0.02
Direzione drenag	102.8429	Tr = 50 Anni	0.19	11.33	11.55	11.48	11.55	0.000985	0.16	1.24	17.52	0.18
Direzione drenag	102.8429	Tr = 100 Anni	0.21	11.33	11.55	11.49	11.55	0.001021	0.16	1.31	17.73	0.19
Direzione drenag	102.8429	Tr = 200 Anni	0.24	11.33	11.56	11.49	11.56	0.001043	0.17	1.42	17.97	0.19
Direzione drenag	102.8429	Tr = 500 Anni	0.27	11.33	11.56	11.49	11.56	0.001139	0.19	1.48	18.08	0.20
Direzione drenag	95.08294	Tr = 50 Anni	0.19	11.39	11.50	11.50	11.52	0.038292	0.60	0.32	8.95	1.02
Direzione drenag	95.08294	Tr = 100 Anni	0.21	11.39	11.51	11.51	11.52	0.035926	0.61	0.34	9.13	1.00
Direzione drenag	95.08294	Tr = 200 Anni	0.24	11.39	11.51	11.51	11.53	0.037144	0.64	0.37	9.29	1.03
Direzione drenag	95.08294	Tr = 500 Anni	0.27	11.39	11.51	11.51	11.54	0.035316	0.65	0.42	9.85	1.01
Direzione drenag	87.14727	Tr = 50 Anni	0.19	11.34	11.48	11.44	11.48	0.003778	0.31	0.61	8.22	0.36
Direzione drenag	87.14727	Tr = 100 Anni	0.21	11.34	11.49	11.44	11.49	0.003469	0.31	0.67	8.37	0.35
Direzione drenag	87.14727	Tr = 200 Anni	0.24	11.34	11.49	11.45	11.50	0.003450	0.33	0.73	8.53	0.36
Direzione drenag	87.14727	Tr = 500 Anni	0.27	11.34	11.50	11.45	11.51	0.003580	0.34	0.78	8.66	0.37
Direzione drenag	80.42927	Tr = 50 Anni	0.19	11.28	11.44	11.41	11.45	0.006661	0.41	0.47	6.39	0.48
Direzione drenag	80.42927	Tr = 100 Anni	0.21	11.28	11.45	11.41	11.46	0.007527	0.40	0.53	8.12	0.50
Direzione drenag	80.42927	Tr = 200 Anni	0.24	11.28	11.46	11.42	11.47	0.006389	0.39	0.61	8.67	0.47
Direzione drenag	80.42927	Tr = 500 Anni	0.27	11.28	11.46	11.42	11.47	0.006148	0.40	0.68	9.04	0.46
Direzione drenag	72.69467	Tr = 50 Anni	0.19	11.27	11.41	11.36	11.42	0.002017	0.22	0.87	12.41	0.26
Direzione drenag	72.69467	Tr = 100 Anni	0.21	11.27	11.42	11.36	11.43	0.001801	0.21	0.99	13.56	0.25
Direzione drenag	72.69467	Tr = 200 Anni	0.24	11.27	11.44	11.37	11.44	0.001597	0.20	1.19	16.00	0.24
Direzione drenag	72.69467	Tr = 500 Anni	0.27	11.27	11.45	11.37	11.45	0.001333	0.20	1.36	16.48	0.22
Direzione drenag	65.19627	Tr = 50 Anni	0.19	11.10	11.40	11.25	11.41	0.000967	0.26	0.74	4.76	0.21
Direzione drenag	65.19627	Tr = 100 Anni	0.21	11.10	11.41	11.25	11.42	0.001067	0.27	0.79	5.07	0.22
Direzione drenag	65.19627	Tr = 200 Anni	0.24	11.10	11.42	11.27	11.43	0.001191	0.28	0.85	5.53	0.23
Direzione drenag	65.19627	Tr = 500 Anni	0.27	11.10	11.43	11.27	11.44	0.001311	0.30	0.91	5.91	0.24
Direzione drenag	57.94083	Tr = 50 Anni	0.19	11.15	11.34	11.34	11.38	0.030176	0.88	0.22	2.86	1.02
Direzione drenag	57.94083	Tr = 100 Anni	0.21	11.15	11.35	11.35	11.39	0.027924	0.86	0.25	3.18	0.99
Direzione drenag	57.94083	Tr = 200 Anni	0.24	11.15	11.36	11.36	11.40	0.029764	0.89	0.27	3.52	1.02
Direzione drenag	57.94083	Tr = 500 Anni	0.27	11.15	11.37	11.37	11.41	0.028835	0.88	0.31	3.95	1.00
Direzione drenag	49.64025	Tr = 50 Anni	0.19	11.24	11.32	11.32	11.34	0.034052	0.61	0.31	7.76	0.98
Direzione drenag	49.64025	Tr = 100 Anni	0.21	11.24	11.33	11.32	11.34	0.028822	0.60	0.35	8.15	0.92
Direzione drenag	49.64025	Tr = 200 Anni	0.24	11.24	11.33	11.33	11.35	0.036735	0.68	0.36	8.18	1.04
Direzione drenag	49.64025	Tr = 500 Anni	0.27	11.24	11.33	11.33	11.35	0.035155	0.69	0.39	8.50	1.02
Direzione drenag	35.71220	Tr = 50 Anni	0.19	11.14	11.27	11.21	11.27	0.002051	0.24	0.79	9.79	0.27
Direzione drenag	35.71220	Tr = 100 Anni	0.21	11.14	11.27	11.21	11.27	0.002199	0.25	0.83	10.00	0.28
Direzione drenag	35.71220	Tr = 200 Anni	0.24	11.14	11.22	11.22	11.24	0.030862	0.65	0.37	8.00	0.96
Direzione drenag	35.71220	Tr = 500 Anni	0.27	11.14	11.22	11.22	11.25	0.032032	0.68	0.40	8.10	0.99
Direzione drenag	27.33089	Tr = 50 Anni	0.19	11.14	11.24	11.20	11.24	0.005900	0.34	0.56	9.31	0.44
Direzione drenag	27.33089	Tr = 100 Anni	0.21	11.14	11.24	11.21	11.25	0.005760	0.35	0.61	9.56	0.44
Direzione drenag	27.33089	Tr = 200 Anni	0.24	11.14	11.24	11.21	11.25	0.006297	0.37	0.65	9.78	0.46
Direzione drenag	27.33089	Tr = 500 Anni	0.27	11.14	11.23	11.22	11.25	0.013819	0.51	0.53	9.14	0.67
Direzione drenag	18.76125	Tr = 50 Anni	0.19	11.10	11.15	11.15	11.16	0.037427	0.47	0.40	15.99	0.95
Direzione drenag	18.76125	Tr = 100 Anni	0.21	11.10	11.15	11.15	11.16	0.045721	0.52	0.40	15.99	1.05
Direzione drenag	18.76125	Tr = 200 Anni	0.24	11.10	11.15	11.15	11.17	0.038932	0.52	0.46	16.63	0.99
Direzione drenag	18.76125	Tr = 500 Anni	0.27	11.10	11.18	11.15	11.18	0.006935	0.28	0.95	23.28	0.45
Direzione drenag	11.51285	Tr = 50 Anni	0.19	10.99	11.10	11.04	11.10	0.001662	0.20	0.94	12.85	0.24
Direzione drenag	11.51285	Tr = 100 Anni	0.21	10.99	11.10	11.04	11.10	0.001779	0.21	0.98	13.12	0.25
Direzione drenag	11.51285	Tr = 200 Anni	0.24	10.99	11.11	11.05	11.11	0.001894	0.22	1.07	14.04	0.26
Direzione drenag	11.51285	Tr = 500 Anni	0.27	10.99	11.05	11.05	11.07	0.034877	0.64	0.42	9.96	1.00

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Compluvio Reach: Direzione drenag (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Direzione drenag	1.766188	Tr = 50 Anni	0.19	10.99	11.07	11.06	11.08	0.010000	0.38	0.51	10.59	0.55
Direzione drenag	1.766188	Tr = 100 Anni	0.21	10.99	11.08	11.06	11.08	0.010017	0.39	0.54	10.73	0.55
Direzione drenag	1.766188	Tr = 200 Anni	0.24	10.99	11.06	11.06	11.08	0.033074	0.60	0.40	10.12	0.97
Direzione drenag	1.766188	Tr = 500 Anni	0.27	10.99	11.08	11.06	11.09	0.037641	0.65	0.41	10.18	1.04

Nel contesto, appare doveroso ribadire che trattandosi di tiranti idrici poco importanti, è facilmente dimostrabile come anche la sola strada del piano di lottizzazione riesca comunque a smaltire da sola la portata di piena, essendo larga circa 7 m e con marciapiede alto circa 15 cm.

7.00 x 0.15 x 1.00 = 1.05 mc/sec >>>0.24 mc/sec (Tr = 200 A)

Nello schema di calcolo si evince come la strada di lottizzazione riesca a laminare abboondantemente la portata biecentenaria, con un fattore moltiplicativo di circa 5 volte.

24. Conclusioni

Complessivamente, con la redazione del presente studio di compatibilità idraulica, si è ritenuto di aver dimostrato che l'intervento sottoposto all'approvazione è stato progettato rispettando il vincolo di non aumentare il livello di pericolosità e di rischio esistente - fatto salvo quello eventuale intrinsecamente connesso all'intervento ammissibile - e di non precludere la possibilità di eliminare o ridurre le condizioni di pericolosità e rischio.

Il Geologo — L'ingegnere

Dott. Geol. Manconi Simone — Dott. Ing. Luca Linguini

Dott. Ing. Giancarlo Pintus

Il presente elaborato è destinato esclusivamente alle attività di progettazione in oggetto per il Committente. E' vietato qualsiasi utilizzo, anche parziale, per scopi differenti o da parte di altri, senza il permesso scritto dell'Autore.