



# COMUNE DI CAGLIARI

SERVIZIO MOBILITA' INFRASTRUTTURE VIARIE E RETI

Interventi infrastrutturali per la salvaguardia  
da eventi eccezionali e manutenzione straordinaria  
della rete pluviale nel territorio di Pirri -  
mitigazione del rischio idrogeologico  
**VASCHE DI LAMINAZIONE TERRAMAINI**

**Progetto Preliminare**

**Relazione idrologica e idraulica**

DATA:

Gennaio 2016

Aggiornamento:

SCALA:

ALL.

ALL.02

**Progettista:**

*Ing. Marcello Angius*



N.2858

ORDINE INGEGNERI  
PROVINCIA DI CAGLIARI

*Dott. Ing. MARCELLO ANGIUS*

*Il Responsabile del Procedimento  
Ing. Daniele Olla*



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI

CINSA - CRIFOR

Centro Interdipartimentale di Ingegneria e Scienze Ambientali  
Centro di Ricerca e Formazione per l'Ottimizzazione delle Reti

## **AGGIORNAMENTO E LO SVILUPPO DELLA MODELLAZIONE IDRAULICA PER L'ANALISI DELLE CRITICITÀ NELLA RETE DI DRENO DELLE ACQUE METEORICHE NEL BACINO URBANO DI CAGLIARI-PIRRI**

**Studio a supporto dei progetti stralcio per l'adeguamento della rete di drenaggio**

### **PROGETTO**

***“Interventi infrastrutturali per la salvaguardia da eventi eccezionali e manutenzione straordinaria della rete pluviale nel territorio di Pirri” - Vasche di laminazione Terramaini***

## **RELAZIONE DELLO STUDIO IDROLOGICO E IDRAULICO**

---

**Responsabile Scientifico**

*Prof. Ing. Giovanni Maria Sechi*

**Collaboratore**

*Ing. Saverio Liberatore*

MAGGIO 2015

## Sommario

1	Premesse allo studio idrologico e idraulico.....	3
1.1	Premesse generali .....	3
1.2	Studi e progetti precedenti .....	4
2	Interventi sulla rete di collettori di Cagliari Pirri .....	7
2.1	Criticità osservate nella rete meteorica .....	7
2.2	Descrizione degli interventi.....	9
2.3	Nuovi collettori 70 e 47' .....	10
3	Interventi sul canale Terramaini.....	14
3.1	Descrizione del sistema .....	14
3.2	Elementi di base della progettazione.....	16
3.3	Laminazione della piena del Canale Terramaini mediante soglia sfiorante e aree di accumulo .....	17
3.4	Laminazione della piena della rete meteorica mediante aree di accumulo .....	18
4	Scenari di intervento considerati .....	20
4.1	Premessa .....	20
4.2	Scenario 1 –Stato attuale .....	20
4.3	Scenario 2 – Area di laminazione e sfioratore.....	20
4.4	Scenario 3 – Area di laminazione e sifoni di collegamento.....	21
5	Criteri di dimensionamento adottato per gli specchi della rete pluviale .....	23
6	Studio idrologico preliminare.....	26
6.1	Sezioni di controllo .....	26
6.2	bacini tributari .....	28
6.3	Tempo di corrivazione del bacino complessivo.....	30
6.4	Determinazione degli ietogrammi di progetto.....	31
6.5	Caratterizzazione dei suoli.....	31
	Capacità di infiltrazione .....	35
	<i>Usa del suolo</i> .....	38
6.6	Modello di trasformazione .....	40
6.7	Stima delle perdite di bacino.....	42
6.8	Portate di progetto alle sezioni di controllo.....	42

7	Studio idraulico preliminare.....	44
7.1	Premessa e oggetto dello studio.....	44
7.2	Condizioni al contorno comuni a tutti gli scenari modellati.....	44
7.3	Modello idraulico del collettore 70.....	45
7.4	Modello idraulico del collettore 47'.....	50
7.5	Modello idraulico dello scenario 1.....	52
7.6	Modello idraulico dello scenario 2.....	52
7.7	Modello idraulico dello scenario 3.....	55
8	Risultati dello studio idraulico.....	57
8.1	Scenario 1.....	57
8.2	scenario 2.....	62
8.3	Scenario 3.....	63

# 1 Premesse allo studio idrologico e idraulico

## 1.1 PREMESSE GENERALI

La presente relazione, allegata al progetto preliminare generale delle opere per la salvaguardia dell'abitato di Cagliari-Pirri da inondazioni causate da eventi pluviometrici di elevata intensità, analizza e documenta gli studi sugli aspetti idrologici e idraulici per il dimensionamento delle opere in progetto. Queste opere sono finalizzate a migliorare l'efficacia del convogliamento e recapito finale della rete di drenaggio delle acque pluviali. In questa fase si prevede di studiare, oltre la rete di dreno interna all'abitato di Cagliari-Pirri, anche le condizioni idrauliche che influenzano il regime idrometrico del canale di Terramaini e le sue capacità di deflusso, e sono quindi finalizzate alla predisposizione di scenari di intervento in grado di risolvere le criticità evidenziate nell'evento del 2008 nel recapito delle acque bianche nel canale.

Come descritto nel seguito, durante l'evento del 2008 il canale Terramaini ha raggiunto la quota idrometrica di circa 2 m slm, mantenendo per diverse ore livelli critici in grado di ostacolare il normale deflusso dalla rete dei collettori della rete meteorica di Cagliari-Pirri delle quali rappresenta il recapito finale .

Negli studi documentati in questa relazione si ricostruisce l'evoluzione dell'evento storico del 2008 e si analizzano eventi sintetici generati con prefissato tempo di ritorno mediante l'interazione dei modelli idrologici e idraulici,. Le interazioni tra la rete di dreno di Cagliari-Pirri, il canale Terramaini e le ulteriori immissioni che avvengono dal rio Saliu e dal sistema Bellarosa minore, sono analizzate nella situazione attuale e con riferimento a scenari di intervento considerati al fine di limitare gli effetti di rigurgito nei tronchi terminali della rete di dreno di Cagliari-Pirri.

Sono, quindi, descritti scenari alternativi che costituiscono le possibili varianti di intervento considerate come attuabili al fine di controllare i livelli di piena nel canale Terramaini. anche quando interessato dagli apporti idrici consistenti provenienti dalla rete di dreno garantendo l'efficienza al sistema di smaltimento del quale è recapito finale.

Nella predisposizione del progetto sono state accolte le indicazioni contenute nelle conclusioni degli studi redatti nel 2007 dal Centro Interdipartimentale di Ingegneria e Scienze ambientali (CINSA) dell'Università di Cagliari sulla base di una convenzione stipulata con il Comune di Cagliari e i risultati contenuti nel successivo studio di aggiornamento del 2015. Nell'aggiornamento sono state ulteriormente sviluppate le analisi modellistiche per la definizione del quadro di intervento progettuale, estendendo quanto elaborato nella precedente redazione e contenendo un ampliamento delle elaborazioni idrologiche al bacino del rio Saliu che drena un bacino di circa 10 km<sup>2</sup> e recependo le indicazioni sull'entità del deflusso proveniente dal Bellarosa minore contenute in uno studio del Dipartimento di Ingegneria del Territorio (DIT) dell'Università di Cagliari nel 2008.

## 1.2 STUDI E PROGETTI PRECEDENTI

Con Convenzione REP. 749 del 26/10/2007 l'Amministrazione Comunale commissionò al CINSA-Università di Cagliari uno studio che verificasse le criticità nella rete di drenaggio delle acque meteoriche e l'adeguatezza del dimensionamento realizzato a seguito del progetto della fine degli anni cinquanta del secolo scorso per la rete di collettori principali del sistema di drenaggio urbano di Pirri. Lo Studio CINSA del 2007 si compone di una analisi del territorio, acquisizione di informazioni sullo stato di fatto delle reti ed elaborazioni modellistiche idrologiche ed idrauliche con stima delle massime precipitazioni prevedibili sulla base delle curve di possibilità pluviometrica, predisposizione di un modello di trasformazione afflussi-deflussi tarato sulla base dei alcuni eventi critici osservati negli ultimi anni (9 Ottobre 2002, 13 Novembre 2005, 23 e 24 Settembre 2006, 22 Ottobre 2008).

Lo studio CINSA del 2007 ha quindi valutato le portate del deflusso nei rami principali della rete alle sezioni di controllo. Nello studio si ebbe modo di valutare come il progetto originario (Progetto Cioppa) della rete di Pirri venne elaborato considerando una curva delle massime precipitazioni prevedibili (su un periodo di osservazione di trent'anni, compreso tra il 1926 e il 1956) ritenuta sufficientemente cautelativa per gli eventi di minore durata. La Figura 9 evidenzia come la curva dei massimi del "Progetto Cioppa" complessivamente, era sufficientemente prossima all'andamento della curva con tempo di ritorno di 30 anni e si pone al di sopra tutti i casi maggiormente critici recentemente osservati, fatta eccezione per l'evento del 2008. Nello Studio CINSA del 2007 si evidenzia, inoltre, la modifica intervenuta nell'uso del territorio in questi ultimi anni che giustifica, almeno in parte, l'aumento dei deflussi consegnati alla rete e le conseguenti criticità.

Ulteriori studi e progetti hanno successivamente interessato la rete in esame. Nel 2011, il progetto preliminare denominato "Interventi infrastrutturali per la salvaguardia da eventi eccezionali e manutenzione straordinaria della rete pluviale nel territorio di Pirri" considera nel quadro delle alternative progettuali l'adeguamento di circa 40 tratte di condotte, la realizzazione di cinque vasche volano e un sistema di canali di guardia con la funzione di intercettare le acque che scolano verso piazza Italia, attraversando aree già urbanizzate e con sezioni in galleria. Nel 2012, uno stralcio del progetto esecutivo, nel considerare convenientemente attuabile l'ipotesi delle vasche volano previste nel precedente progetto preliminare, riguarda la realizzazione di due vasche volano della capacità totale di 15.000 m<sup>3</sup> per la raccolta e laminazione delle acque pluviali della rete di drenaggio, una prima da posizionare in un'area verde di via Stamira e una seconda più a valle, in Via Socrate, della capacità di circa 8.500 m<sup>3</sup>.

Lo Studio più recente del CINSA (2015) ha quindi aggiornato la configurazione considerata nel modello idrologico-idraulico della rete con l'inserimento degli interventi recentemente realizzati o in corso di realizzazione.

In specifico sono state inseriti i seguenti interventi:

1. Adeguamento dei tronchi finali del collettore 38
2. Adeguamento dei tronchi finali del collettore 70

3. Inserimento di una vasca volano in via Stamira con volume di 1200 m<sup>3</sup>
4. Inserimento di una vasca volano in via Socrate con volume di 3600 m<sup>3</sup>.

Inoltre, l'area oggetto dell'indagine idrologica è stata ampliata e comprende la valutazione dei deflussi provenienti dal bacino contermini del rio Saliu, che ha una estensione di circa 10 km<sup>2</sup>, e conferisce ugualmente le portate nel canale di Terramaini. Si ricorda che durante l'evento del 2008 il canale Terramaini ha minacciato di esondare in sponda destra e ha mantenuto per diverse ore livelli critici tali da impedire il normale deflusso dalla rete dei collettori della rete meteorica di Pirri.

In sintesi, lo Studio ha valutato i deflussi prodotti dai bacini tributari della rete interna di Cagliari-Pirri ed è stato sviluppato un modello di simulazione dei deflussi nella rete considerando i collettori principali, complessivamente per oltre 15 km di condotte. In specifico sono considerati:

- 1) Collettore 38, 38/b;
- 2) Collettore 39;
- 3) Collettore 41;
- 4) Collettore 121;
- 5) Collettore 42;
- 6) Collettore 43;
- 7) Collettore 44;
- 8) Collettore 47;
- 9) Collettore 56;
- 10) Collettore 57.

Inoltre è stato considerato l'apporto dei deflussi del rio Saliu nel sistema idraulico del canale Terramaini. La modellazione idrologica-idraulica di questo corso d'acqua, che scorre tombato nel suo tratto finale di immissione nel Terramaini, è stato sviluppato coerentemente con quanto contenuto nello studio predisposto dal Comune di Monserrato "Adeguamento del PUC al PAI e al analisi di dettaglio delle aree a pericolosità idraulica (Art. 8 NTA del P.A.I.)".

Ulteriormente sono state acquisiti i risultati dello Studio redatto dal DIT dell'Università di Cagliari: "Studio preliminare del Comportamento idrologico ed idraulico del sistema Bellarosa Minore - Molentargius a seguito di eventi di precipitazione intensa" nella definizione degli apporti provenienti al canale Terramaini dal sistema del Bellarosa Minore.

In definitiva, in questo studio, seppure ad un livello preliminare si riproduce mediante un modello specifico il comportamento del canale Terramaini fino al porto di Cagliari come idraulicamente connesso sia alla rete urbana di Cagliari-Pirri che al bacino del rio Saliu e al sistema del Bellarosa.

Per la localizzazione dei collettori della rete di dreno di Cagliari-Pirri si rimanda alla Figura 1.1.

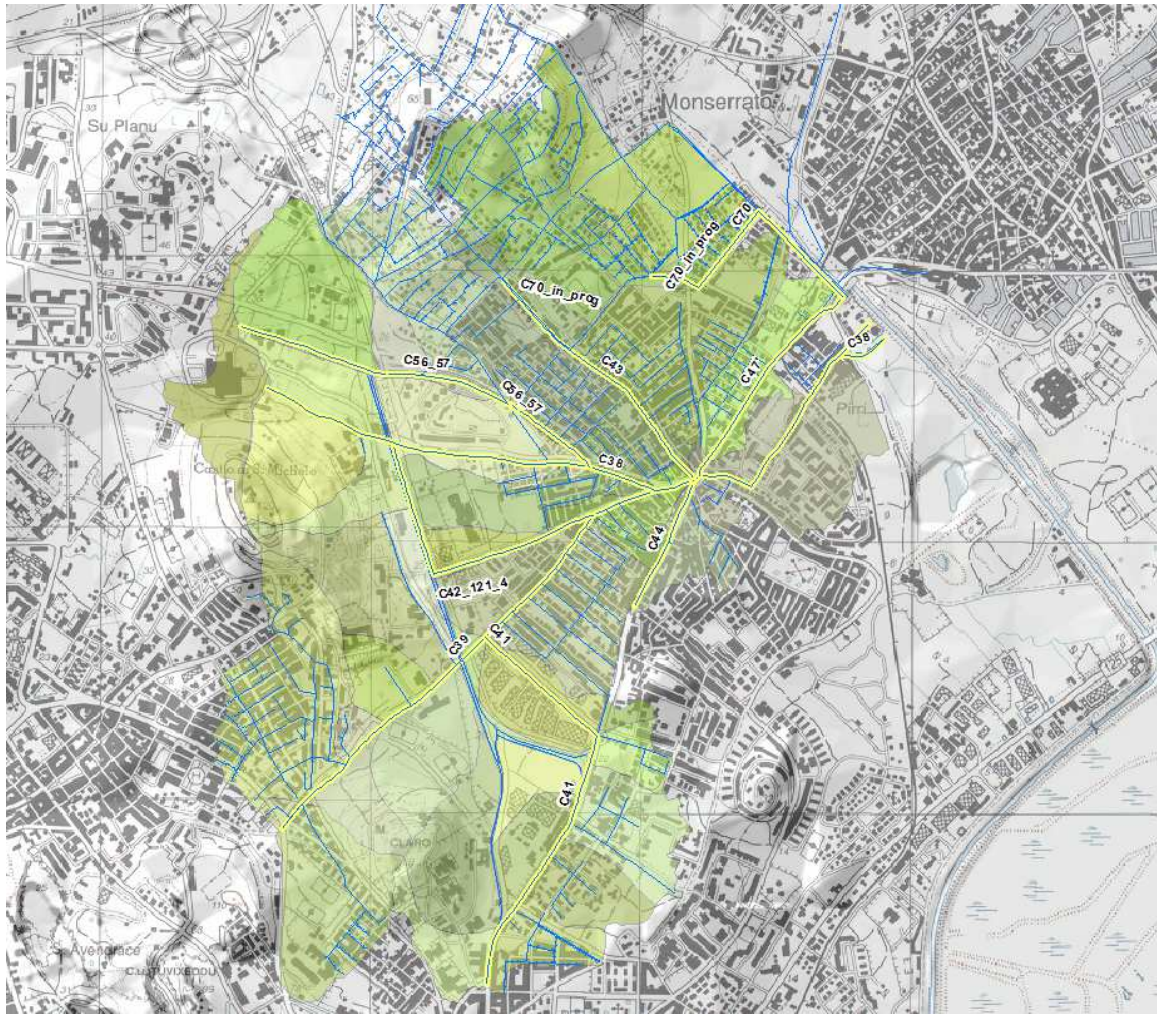


Figura 1.1 – Bacini idrografici e schema planimetrico dei collettori pluviali principali a servizio della rete di Pirri



## 2 Interventi sulla rete di collettori di Cagliari Pirri

### 2.1 CRITICITÀ OSSERVATE NELLA RETE METEORICA

Sulla base dei risultati dell'analisi delle criticità esistenti, già dallo studio CINSA del 2007 erano state messe in evidenza quelle situazioni che necessitavano di un intervento risolutivo di adeguamento degli elementi geometrici delle tubazioni oppure anche dell'andamento plano-altimetrico del tracciato, possibilità di intervento che erano state analizzate congiuntamente con la Direzione tecnica dell'Area dei Servizi del Comune.

Le situazioni esaminate hanno considerato la possibilità pluviometrica con prefissati tempi di ritorno, valutando la risposta della rete di dreno in termini di volumi convogliabili, e volumi dispersi. Relativamente all'evento di pioggia sintetico con tempo di ritorno  $Tr = 10$  anni, (per la definizione del quale si rimanda alla specifica relazione idrologica ) è possibile evidenziare dall'Allegato 3.2 la grave insufficienza idraulica del collettore 57 per una lunghezza di circa 300 metri e, più a valle, il parziale allagamento dei pozzetti di ispezione fino quasi alla confluenza con il collettore 38. Anche in corrispondenza della confluenza con il collettore 38 si evidenzia una condizione di annullamento del franco in condotta. Altre condizioni di annullamento del franco sono individuabili nel collettore 42 (pozz. J22) e nel collettore 44 in corrispondenza della sezione S44.1, mentre a carico del collettore 38 si manifestano gravi insufficienze idrauliche nel tratto finale, presso l'attraversamento ferroviario.

Le criticità per l'evento pluviometrico sintetico con tempo di ritorno  $Tr=15$  anni sono pressoché sovrapponibili a quelle riscontrate negli eventi storici; sono sempre presenti le gravi insufficienze idrauliche relative ai collettori 56 e 57 e quelle relative al collettore 38 nel tratto finale, in corrispondenza dell'attraversamento ferroviario e a valle di esso, con la generalizzata insufficienza idraulica di tutto il collettore 57 e del collettore 56 nei tratti estremi di monte e di valle.

L'evento sintetico con tempo di ritorno  $Tr=30$  anni aggrava le criticità nella rete esistente, già evidenziate per  $Tr=15$  anni. Nella situazione attuale le criticità risultano interessare quasi tutti i collettori precedentemente citati. Questo accade in particolare nei loro tratti più vallivi e, localmente anche per il collettore 42, il collettore 43 e per il collettore 41, restando per il resto confermate le criticità relative ai tempi di ritorno inferiori.

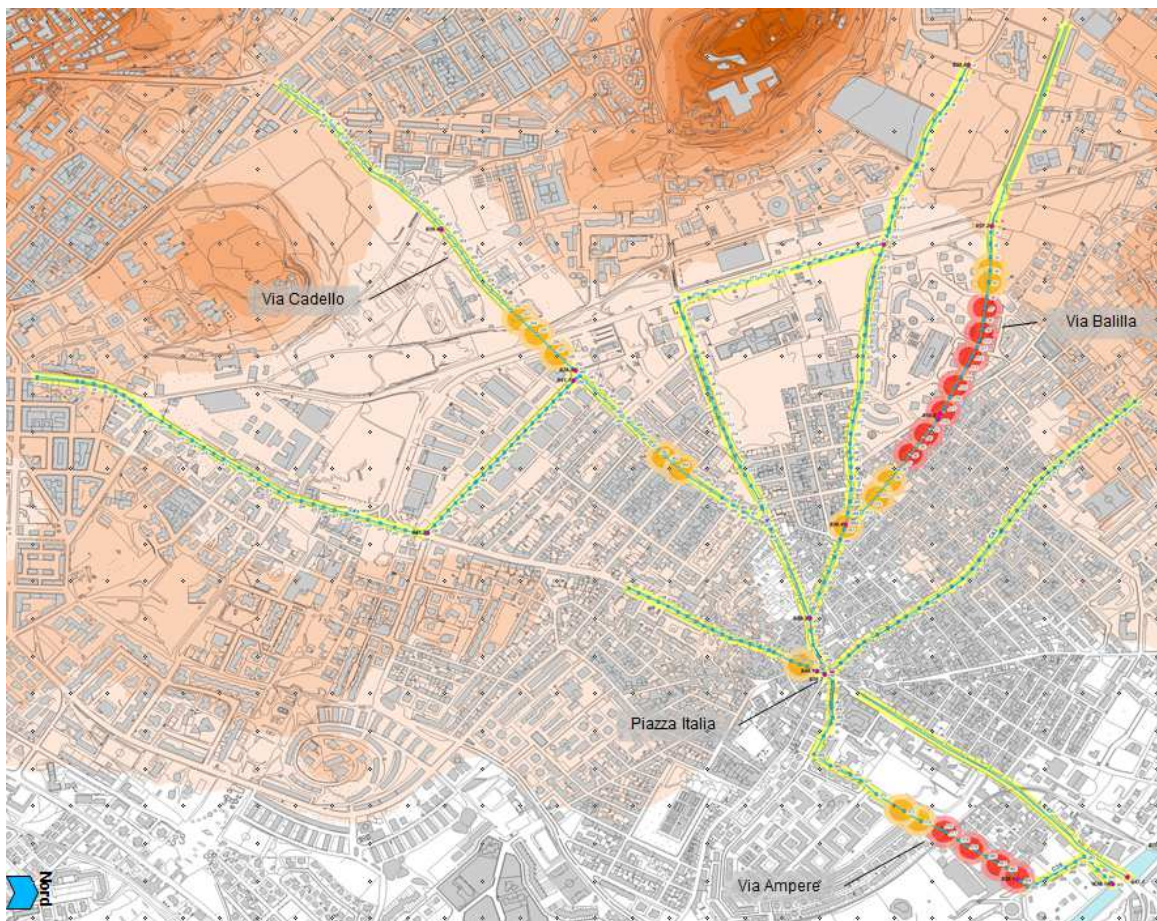
Si ricorda che durante l'evento del settembre 2006 si evidenziarono una serie di gravi insufficienze idrauliche a carico del collettore 56 e del 57 e gravi criticità nel tratto finale del collettore 38 nella via Ampere e in corrispondenza dell'attraversamento ferroviario; altre criticità si manifestarono nel collettore 39, in prossimità della rotatoria all'incrocio tra le vie Cadello e dei Valenzani. Le criticità osservate durante l'evento del 2006, assieme ad altre insufficienze, di minore rilevanza nei collettori 38, 57 e 56, sono state confermate dal modello di simulazione idraulica della rete di Pirri.

Come già detto, una situazione di particolare criticità si riscontrò durante l'evento del 2008 nel quale il canale Terramaini, influenzato dalla portata di piena in arrivo del rio Saliu, registrò un livello del p.l. a circa +2.05 m s.l.m. nelle sezioni in corrispondenza del recapito della rete di Pirri. In

questo studio, pertanto, è stato modellato il comportamento della rete con le attuali opere di scarico sulla sponda destra del canale di Terramaini, per tempi di ritorno di 10, 15, 30 anni, oltre che per l'evento storico del 2008.

Si ricorda che anche nello studio predisposto dal CINSIA nel 2007 l'analisi idraulica ricostruiva le insufficienze della rete di drenaggio ricostruendo alcuni eventi osservati di recente che avevano provocato pericolosi allagamenti evidenziando la necessità di realizzare un nuovo collettore (Collettore 70) che intercettasse le portate defluenti dal bacino del collettore 57. Tale nuovo collettore, drenando parte dei deflussi raccolti dal collettore 57 e 43, consente di smaltire le portate provenienti dal bacino di Barracca Manna e mediante l'ampio collettore di via degli Astri, consegnarle al rio Saliu in fregio al condotto che intuba lo stesso rio.

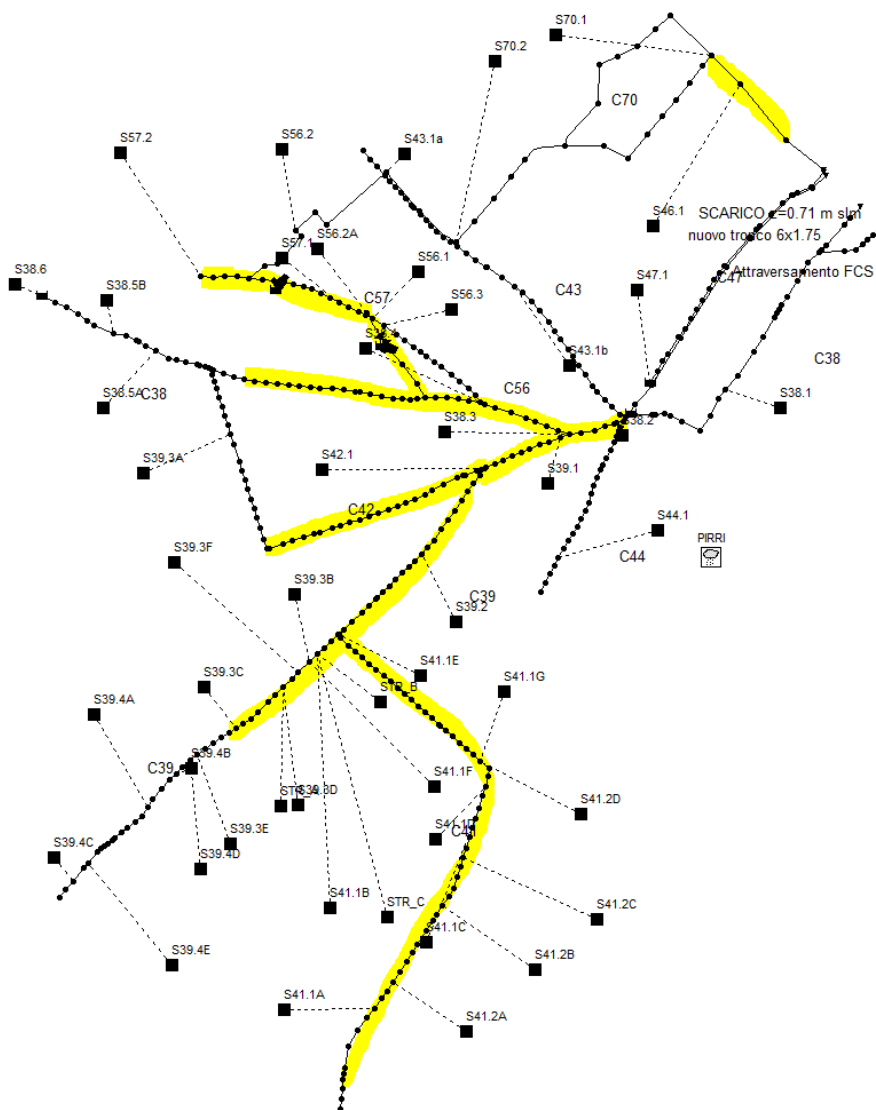
Inoltre, in quello studio veniva evidenziata la opportunità di utilizzare il collettore 47 attualmente esistente in via Italia per lo smaltimento della piena in arrivo dai collettori 38, 43 e 44 convergenti in Piazza Italia.



**Figura 2.1 - Rappresentazione delle criticità evidenziate durante l'evento del 2006 e confermate dal modello della rete meteorica di Pirri (Studio CINSIA 2007).**

## 2.2 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

Lo studio CINSA ha preso in considerazione diversi scenari progettuali di intervento che prevedevano step successivi per l'adeguamento dell'assetto generale della rete, individuando come configurazione finale quella idonea a smaltire l'evento meteorico con tempo di ritorno di 15 anni. Tuttavia, come sarà documentato nel seguito, in considerazione di particolari situazioni di importanza e altimetria critiche, in alcune tratte il dimensionamento effettuato è idoneo al deflusso anche per tempi di ritorno maggiori.



**Figura 2.2 - Collettori per i quali è stata individuata la necessità di interventi di adeguamento funzionale**

Il dimensionamento dei nuovi collettori (in particolare C47 via Italia, C70 via S.M. Goretti) ha dovuto necessariamente tenere conto di molteplici vincoli indotti dalle quote topografiche, dalle infrastrutture ferroviarie e da sottoservizi esistenti.

Gli interventi individuati possono essere suddivisi in due tipologie:

- *interventi di alleggerimento del reticolo di drenaggio attuale*: a tale scopo la rete dei collettori attuali sarà da integrare con il nuovo collettore C70 e con il collettore C47'; quest'ultimo si affianca a quello esistente di via Italia e funge da scolmatore di piena dei deflussi che confluiscono nella piazza Italia attraverso il collettore C38;
- *interventi di adeguamento delle sezioni geometriche dei collettori esistenti*: come mostrato nella Figura 2.2, i tronchi che necessitano di adeguamento coinvolgono in parte quasi tutti i rami vallivi dei collettori principali.

Nel rimandare per i dettagli sulle opere agli elaborati dello studio allegato al Progetto definitivo degli stralci funzionali, si precisa che in questo studio generale sono considerati inclusi i lavori che riguardano l'adeguamento funzionale dei collettori seguenti:

- a) collettore 38,
- b) collettore 39,
- c) collettore 41,
- d) collettore 42,
- e) collettore 56
- f) collettore 57

### **2.3 NUOVI COLLETTORI 70 E 47'**

.Sulla base di quanto previsto nello studio generale Cinsa (2007), l'obiettivo del nuovo collettore C70 è stato quello di ridurre la portata che, attraverso il collettore 56 di via Balilla, giunge in piazza Italia – via S'Arriu, annullando, quindi, la criticità connessa alla inadeguata sezione del collettore nella stessa via Balilla e a valle dell'importante nodo della rete di Piazza Italia.

Il dimensionamento del collettore C70 ha tenuto conto sia degli apporti del bacino provenienti da via Peretti che di quelli dell'area di "Barracca Manna". La rete di raccolta dei deflussi è intercettata dal tracciato del nuovo tronco che raccoglie pertanto i deflussi dei bacini 56.2, 57.2, 70.1 e 70.2 i quali, attualmente, conferiscono in parte sul collettore C57 di via Stamira, in parte sul collettore C43 di via Toti e per la restante parte verso il tronco esistente di via degli Astri.

L'intervento comprende la messa in opera di un nuovo tronco di condotta il cui tracciato interessa le seguenti vie: Tolo, degli stendardi, Toti, S. Maria Goretti, Sassu, degli Astri fino al C. Terramaini ove si trova lo scarico finale a quota +0.48 m s.l.m. Una diramazione del C70 è già stata realizzata nella via Guttuso e contribuisce anch'essa al collettore di via degli Astri il cui dimensionamento è compatibile anche con gli apporti provenienti dal collettore in progetto.

Il tracciato del collettore ha una lunghezza planimetrica complessiva di circa 2300 m.

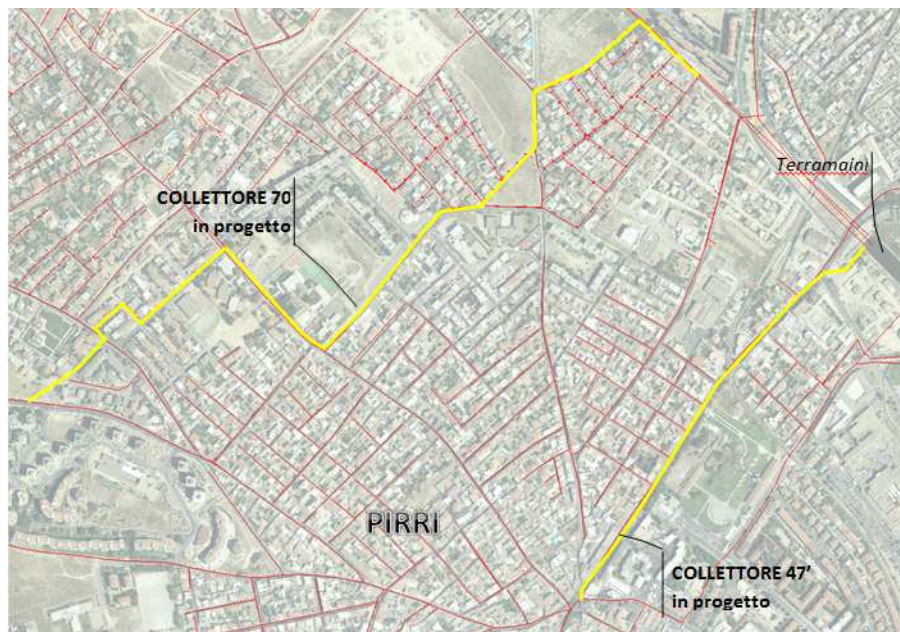


Figura 2.3 - Collettori della rete fognaria meteorica inclusi nel presente stralcio progettuale

Anche per quanto riguarda la realizzazione del collettore 47', l'obiettivo è coerente con quanto già indicato nello studio generale CINSA (2007), finalizzato a ridurre le portate che attualmente defluiscono nel tratto del collettore 38 a valle della piazza Italia. In concomitanza degli eventi più critici, infatti, il deflusso proveniente da monte non è compatibile con le sezioni del tronco citato anche perché pesantemente condizionato dalla presenza dell'attraversamento della rete ferroviaria in via Ampere che rappresenta un vincolo altimetrico notevole per l'utilizzo di sezioni idrauliche di forma e ingombri coerenti con il tronco di tubazione in arrivo.

Come già accennato, il collettore 47' non ha bacino di alimentazione proprio in quanto funzionalmente ha il carattere di uno scolmatore di piena a servizio degli altri collettori cui è connesso. Esso quindi non effettua servizio lungo il tracciato.

Il tracciato del collettore inizia dalla piazza Italia da circa quota 9.65 m slm, percorre la via Italia in affiancamento all'esistente collettore C47 fino al canale di Terramaini per una lunghezza di circa 860 m. Lo scarico finale è disposto in sponda destra del canale a quota 0.4 m slm. Come per il collettore 38, il profilo altimetrico è condizionato dalla presenza della sede ferroviaria il cui piano del ferro in corrispondenza del passaggio a livello di via Italia giace a quota 4.20 m slm: in conformità con le istruzioni impartite da ARST attuale gestore della rete tramviaria, la struttura della tubazione potrà quindi essere convenientemente collocata priva di scatolare di rinforzo se l'estradosso del collettore non supera la quota di 3.20 m slm.

In corrispondenza dell'attraversamento, valutando l'impiego di una tubazione in CAP dello spessore di circa 30 cm, e considerato che lungo il tracciato imposto alla condotta a valle dello stesso attraversamento le quote stradali sono di poco inferiori a 3 m slm, appare possibile la scelta di attraversare la sede ferroviaria a una quota di scorrimento non superiore a 2.03 m e non

inferiore a 1.48 m slm. Sulla base di tali vincoli, le verifiche idrauliche hanno dimostrato che l'adozione di una sezione rettangolare 115x350 cm consenta un adeguato deflusso. -

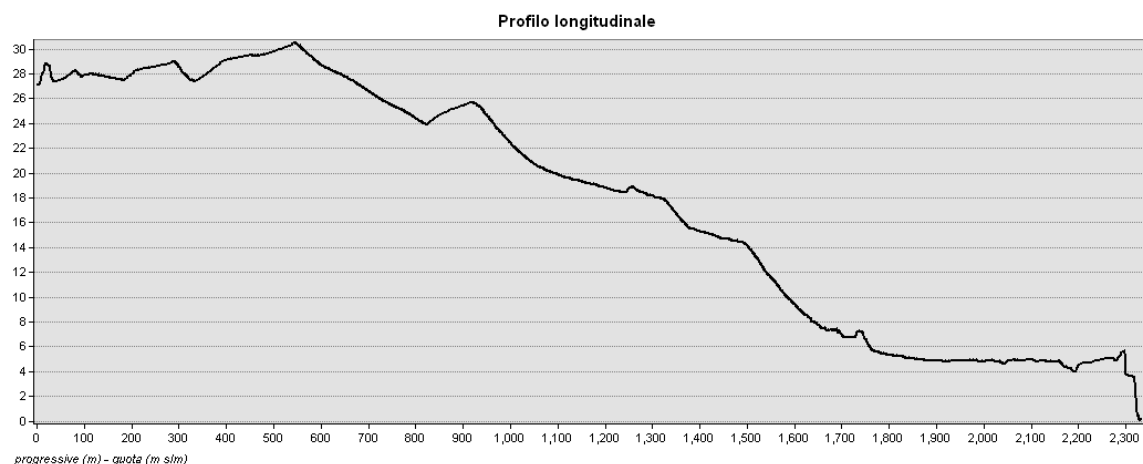


Figura 2.4 - Profilo longitudinale del terreno lungo il tracciato del collettore 70

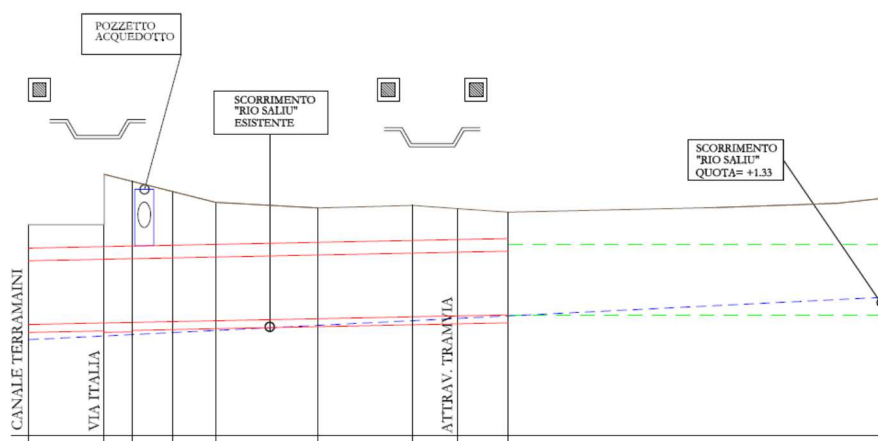
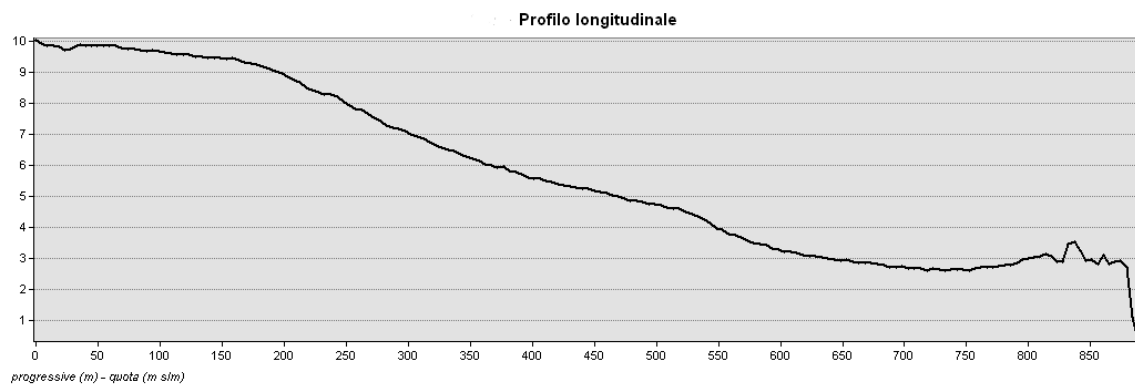


Figura 2.5 - Profilo longitudinale del tronco finale di via Degli Astri che riceve il deflusso del nuovo tronco del C70 in progetto.

I condizionamenti imposti dalla particolarità del tracciato plano-altimetrico e dalle interferenze di con i servizi richiede la verifica della dimensione massima compatibile e la necessità di stabilire se questa costituirà un limite del quale tenere conto nel valutare la portata che potrà defluire nel collettore in alleggerimento di quella defluente nel C38.

Pertanto, per determinare il corretto bilanciamento delle portate che potranno defluire sui collettori, anche per il collettore 38 dovrà verificarsi la massima capacità di portata che può transitare. Al termine di tale fase di verifica, potrà dimensionarsi anche il manufatto di imbocco (comune a entrambi i collettori) costituito dal pozzetto n.62 (piazza Italia fronte via S'Arriu).



**Figura 2.6 - Profilo longitudinale della quota stradale di via Italia (tra piazza Italia e Terramaini)**

## 3 Interventi sul canale Terramaini

### 3.1 DESCRIZIONE DEL SISTEMA

Il canale di Terramaini è un'opera realizzata con la bonifica dello stagno di Pauli (toponimo della zona) contiguo al centro urbano di Monserrato, la cui costruzione rientra nel complesso di opere di sistemazione idraulica delle saline di Molentargius realizzate tra il 1885 e 1931. Esso è connesso con il mare mediante un tratto navigabile (canale di La Palma) e pertanto risente, seppure in maniera attenuata dell'andamento delle maree del Golfo. Inoltre rappresenta il prolungamento naturale del rio Saliu che vi immette il deflusso proveniente da un bacino idrografico di esposizione meridionale di ampiezza pari a circa 10 km<sup>2</sup>. Pertanto il livello del canale Terramaini è influenzato anche dalla portata in arrivo del rio Saliu.

Infine, seppure in misura attenuata rispetto alle immissioni dal rio Saliu, il canale riceve una quota di deflusso proveniente dalla vasca dello Stagno Bellarosa Minore in occasione della piena dei corsi d'acqua che su di esso si immettono (Rio Mortu, rio Nou di Selargius, rio Is Cungiaus) e una ulteriore immissione di acque depurate dal sistema di trattamento dei reflui di Is Arenas. Tali apporti, seppure numerosi e provenienti da un sistema idrico semi naturale relativamente complesso, in realtà sono quantificabili in una portata massima di circa 10 m<sup>3</sup>/s.

Questo, in condizioni normali possiede una quota del pelo libero pari alla quota di massima escursione di marea essendo connesso al golfo di Cagliari attraverso il canale di La Palma al quale confluisce dopo circa 6 km. Sulla base delle quote di marea rilevate e fornite dall'Amministrazione, si è assunto che gli effetti dell'onda di marea alla testata del canale in prossimità dell'abitato di Pirri possano al massimo raggiungere un sopralzo di circa 30 cm sul livello medio mare.

La sezione geometrica del canale è costituita da un trapezoide avente larghezza al fondo di circa 20 m e in sommità pari a 30 m; le pareti di sponda sono rivestite in calcestruzzo mentre il fondo è in terra, realizzato mediante dragaggio, con conformazione irregolare e profondità variabili. Nel tratto in esame, in corrispondenza degli scarichi della rete pluviale si può convenientemente assumere il fondo con quota media a -1 m slm.

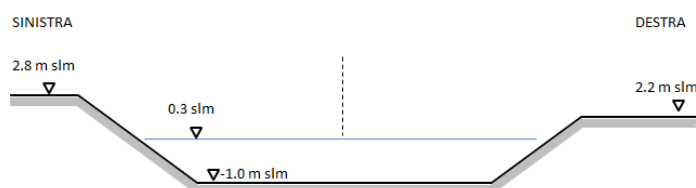


Figura 3.1 - Sezione tipo del canale Terramaini in corrispondenza dell'abitato di Pirri

Il rio Saliu scarica sul canale mediante una soglia posta a quota 0.48 m slm .



IL recapito dei tronchi terminali dei collettori della rete meteorica di Pirri avviene mediante luci in parete nella sponda destra del canale di Terramaini, avendosi in particolare le seguenti quote di consegna alla generatrice inferiore dei condotti:

- C38a +0.42 m slm
- C38b +0.71
- C47' +0.40
- C 70 +0.48

Nella eventualità che il livello del canale di Terramaini sia tale da superare la quota di soglia di ciascuno sbocco, progressivamente l'efflusso di tutti i collettori risulterà rigurgitato determinando una permanenza maggiore dei deflussi in condotta e conseguenti possibili allagamenti nelle zone urbane soprattutto nelle parti altimetricamente più depresse. Come ricostruito dallo studio del CINSA sulla base di rapporti e testimonianze, durante l'evento del 2008 il livello idrico del canale Terramaini ha raggiunto la quota idrometrica di circa 2 m slm, mantenendo per diverse ore livelli critici

Sulla base delle considerazioni precedenti, il progetto analizza le possibili soluzioni finalizzate a individuare le possibili opere in grado di limitare l'intumescenza del livello del Terramaini in condizioni di afflussi intensi dai sistemi idraulici contribuenti in grado di ostacolare il normale deflusso dalla rete dei collettori della rete meteorica di Cagliari-Pirri.



**Figura 3.2 - Stato del livello su alcune luci di scarico nella parete di sponda destra del canale Terramaini durante l'evento del 2008 (a sinistra in condizioni di piena e a destra qualche ora dopo)**



Figura 3.3 - Deflussi lungo la sede stradale durante l'evento del 2008

### 3.2 ELEMENTI DI BASE DELLA PROGETTAZIONE

Nel definire un quadro adeguato delle possibili alternative progettuali degli interventi sul canale Terramaini si richiamano di seguito alcuni delle principali ipotesi alla base della modellazione idraulica, assunte in questa fase preliminare di progettazione :

- il rio Saliu si immette nel canale Terramaini (e ne influenza i livelli in occasione di eventi intensi sul suo bacino idrografico) con una portata che è limitata dalla sezione chiusa (canale tombato) che caratterizza il suo tratto finale;
- in relazione alle caratteristiche idrauliche del tratto tombato nell'ultimo tronco a monte prima dello sbocco nel canale Terramaini, il rio Saliu ha una capacità massima di deflusso pari a circa  $23 \text{ m}^3/\text{s}$  (sbocco a sezione piena nel suo tratto terminale)
- gli afflussi al canale Terramaini dai canali del sistema Molentargius-Is Arenas e valutati in circa  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  in condizioni di massima piena dei corsi d'acqua affluenti in quel sistema Bellarosa Minore con tempo di ritorno fino a 50 anni; Dalla relazione del DIT precedentemente citata, in realtà la portata stimata era pari a circa  $5 \text{ m}^3/\text{s}$  proveniente dal sistema del canale perimetrale, mentre è detto che l'apporto dalla soglia sfiorante dalle vasche Nord-Ovest è sensibilmente inferiore. In questa sede si è preferito cautelativamente ipotizzare anche questo deflusso uguale a  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ .

- la capacità di deflusso nel Terramaini della rete di dreno di Cagliari-Pirri viene stimata sia in relazione alla sua capacità di invaso sia all'instaurarsi di un deflusso che ha come condizione al contorno il valore di restituzione a +0.30 m slm nel porto di Cagliari, mentre i livelli a monte saranno stimati sulla base della modellazione idraulica del sistema considerando le criticità determinate dal livello del ricettore sul funzionamento degli scarichi dei collettori finali..

Sulla base di queste ipotesi, sono state individuate le seguenti alternative progettuali da porre a confronto in relazione ai benefici conseguenti, costi e sostenibilità degli impatti prospettati dalla loro realizzazione:

- A. Sistema di laminazione della piena del Canale Terramaini mediante soglia sfiorante lungo il ciglio del canale e aree di accumulo limitrofe al canale;
- B. Sistema di laminazione della piena della rete meteorica mediante derivazione con sifoni dai collettori finali delle portate eccedenti soglie prefissate e predisposizione di aree di accumulo limitrofe al canale.

Entrambe le configurazioni sono appresso descritte.

### **3.3 LAMINAZIONE DELLA PIENA DEL CANALE TERRAMAINI MEDIANTE SOGLIA SFIORANTE E AREE DI ACCUMULO**

Nella prospettiva di effettuare il controllo del livello di piena del canale Terramaini, il progetto analizza la possibilità di realizzazione di una capacità di laminazione da attivare in concomitanza di incrementi di livello che superino una quota critica oltre la quale si ritenga compromessa l'efficienza degli scarichi della rete pluviale di Pirri.

Nel progetto pertanto sarà considerata la realizzazione di una capacità di laminazione di circa 100-150 mila m<sup>3</sup> realizzabile sulle aree di sponda sinistra in aderenza alla sponda dello stesso canale e parallelamente ad esso. Le aree avranno una estensione planimetrica di circa 5-7 ettari e, ai fini della funzionalità idraulica, saranno oggetto di sistemazione altimetrica in modo da possedere fondo a quota di -1.0 m slm.

Rispetto alle esigenze di compatibilità con il tessuto urbanistico limitrofo dotato di molteplici strutture sportive e di fruizione pubblica, esse potranno essere dotate di scarpate di sponda tali da consentire la tenuta idraulica ma anche l'agevole accesso per la fruizione nei periodi consentiti, anche in considerazione delle valenze ambientali presenti.

La conformazione delle suddette aree sarà assimilabile a vasche di accumulo e pertanto, in ogni caso, l'accesso alle stesse da parte del pubblico per la loro fruizione sarà regolato da cancelli.

L'attivazione delle aree di laminazione sarà governato da un dispositivo di sfioro a soglia fissa, ricavato nella sponda sinistra del canale e avente quota massima da individuare in relazione alla preservazione della funzionalità degli scarichi pluviali come sopra più volte rimarcato. Inoltre la quota della soglia sarà scelta in modo da non attivarsi durante gli eventi maggiormente frequenti

ma dovendo essere attivata solamente in occasione di quelli più intensi e critici per la rete di drenaggio. Tale dispositivo di derivazione sarà conformato secondo un profilo tracciabile e strutturalmente realizzato in calcestruzzo in modo da garantirne stabilità ed efficienza durante i periodi di funzionamento.

Il successivo svuotamento delle aree di laminazione sarà effettuato mediante un impianto idrovoro realizzato in aderenza alla vasca o dotato di una condotta e presa per l'alimentazione delle macchine. Nelle successive fasi progettuali tale aspetto potrà essere convenientemente sviluppato anche dal punto di vista dell'inserimento urbanistico.

L'impianto idrovoro in questione potrà realizzare lo svuotamento delle vasche in un tempo mediamente di qualche giorno e pertanto si assegna preliminarmente ad esso una portata di riferimento di circa  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  e prevalenza fino a 5 metri.

Qualora le aree di laminazione debbano essere ripartite in più aree disgiunte, esse potranno essere connesse tra di loro mediante un condotto interrato o con soglie di imbocco multiple alla medesima quota assoluta ad alimentare le diverse aree.

La conformazione delle opere di immissione (attraverso uno o più sfioratori o condotti) dovrà avvenire sempre garantendo basse velocità in modo che l'allagamento delle aree avvenga in condizioni di sicurezza e in maniera progressiva.

Sulla base di una analisi preliminare, svolta concordemente con l'Amministrazione, in sintesi le opere considerate sono le seguenti:

- Definizione dell'ubicazione di due aree di esondazione controllata (Figura 3.4)
- capacità complessiva di laminazione di 120 mila  $\text{m}^3$ ;
- sfioratore laterale realizzato in sponda sinistra della lunghezza di circa 180 m ;
- condotte di collegamento tra le aree a capacità di laminazione con sezione di circa  $6 \text{ m}^2$  e lunghezza complessiva di 700 m;
- impianto idrovoro della portata di  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  e prevalenza fino a 5 metri.

### **3.4 LAMINAZIONE DELLA PIENA DELLA RETE METEORICA MEDIANTE AREE DI ACCUMULO**

Con riferimento alla Figura 3.5, l'intervento prevede ancora la realizzazione delle capacità di compenso come descritte nel caso dell'intervento precedente.

Al fine di mantenere la disconnessione idraulica tra il sistema fognario pluviale e il sistema del Saliu-Terramaini-Molentargius, l'ipotesi progettuale prevede la realizzazione di un sistema di condotte di collegamento tra i collettori pluviali e le capacità di laminazione nella medesima configurazione planoaltimetrica dell'ipotesi progettuale precedente.

Il raccordo con i collettori pluviali avviene attraverso un sistema costituito da una vasca di calma con funzione di partitore e un collettore di avvicinamento con un tratto a sifone per il superamento in subalveo del canale Terramaini.

Complessivamente si prevedono due sifoni disposti uno in corrispondenza dell'area Terramaini 1 e il secondo in corrispondenza dell'area Terramaini 2. Dai partitori si dipartono i tronchi di collettore di avvicinamento ai sifoni e i tronchi che consentono comunque lo scarico diretto al canale, i quali possiedono luce di imbocco a quota opportuna nella parete di ciascun partitore.

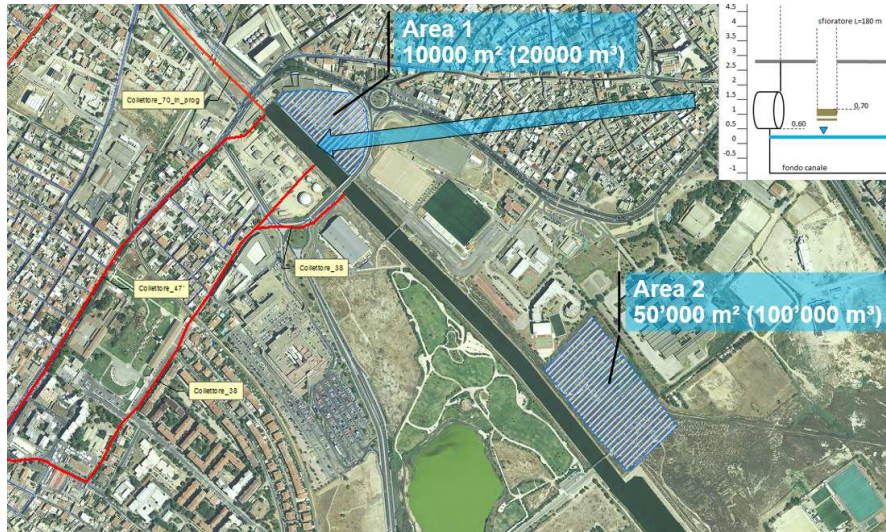


Figura 3.4 - Planimetria schematica degli interventi sul canale Terramaini

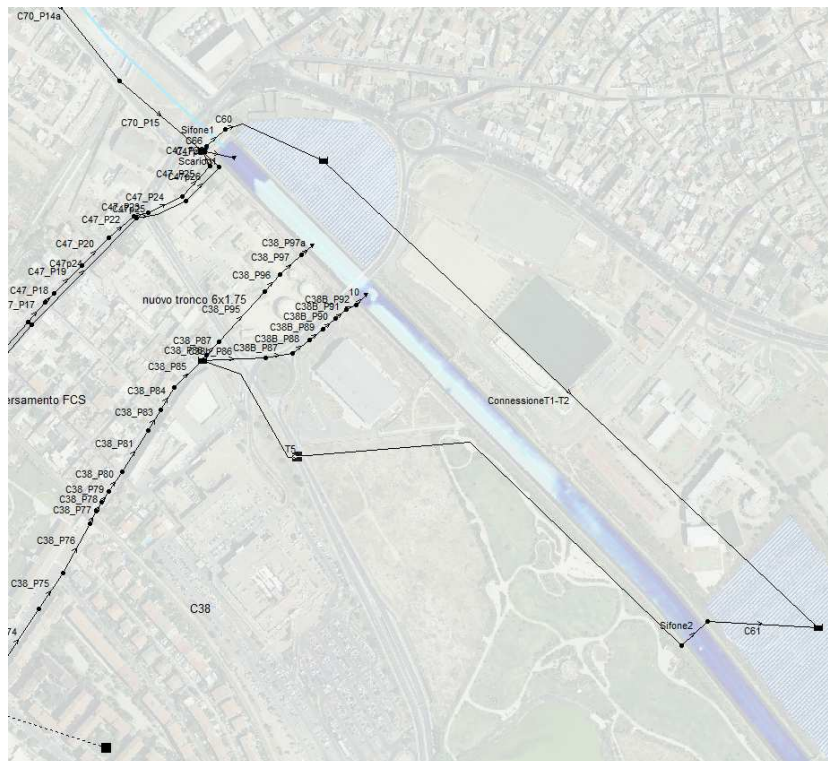


Figura 3.5 - Planimetria schematica degli interventi relativi alla ipotesi di connessione delle aree di laminazione mediante un sistema di sifoni in subalveo del canale Terramaini

## 4 Scenari di intervento considerati

### 4.1 PREMESSA

Quale premessa per tutti gli scenari analizzati si richiama il fatto che nello studio di aggiornamento effettuato dal Cinsa (2015), la modellazione della rete meteorica di Pirri ha affrontato e sanato le principali insufficienze idrauliche relative al dimensionamento geometrico dei condotti. Pertanto i deflussi che pervengono agli scarichi finali dei collettori principali sono integralmente collettati mediante la rete pluviale senza dispersione di volumi; questi defluiscono quindi, secondo lo schema idraulico considerato, verso l'outlet finale del sistema.

In tal senso, come già indicato, sono compresi in tutti gli scenari seguenti gli interventi di adeguamento dei collettori 70, 47', 38, 39, 41, 42, 56 e il 57 (Figura 2.2).

### 4.2 SCENARIO 1 – STATO ATTUALE

Ferme restando le premesse di cui al paragrafo precedente, riguardo alle condizioni di immissione nel canale di Terramaini provenienti da rio Saliu e sistema Bellarosa Minore, si fa riferimento ad una situazione nella quale il livello di sbocco del canale Terramaini è assunto pari a +0.30 sul medio mare. Come è noto infatti, il recapito finale della rete pluviale è il canale di Terramaini, il quale è connesso al golfo di Cagliari attraverso il canale di La Palma al quale confluisce dopo circa 6 km. Esso, in condizioni massimo sovrizzo di marea possiede una quota del pelo libero pari a circa 30 cm sul livello medio mare. Tale condizione è stata assunta come permanente rispetto alla variabilità degli afflussi meteorici la cui intensità è invece stata considerata dipendente dal tempo e rappresentata da un idrogramma di progetto ad intensità variabile.

Nello scenario 1 si analizza la condizione attuale: il livello del canale Terramaini è condizionato agli apporti del rio Saliu e del Sistema Bellarosa-Molentargius, oltre a quelli provenienti dalla rete di drenaggio urbano di Cagliari-Pirri.

Tale scenario è esaminato in relazione alla necessità di avere un termine di comparazione con una situazione "do-nothing" (solo riferito agli interventi sul recettore) alla quale riferirsi per la valutazione dell'efficienza idraulica e in termini di costi-benefici associabili agli interventi insiti nella presente analisi.

### 4.3 SCENARIO 2 – AREA DI LAMINAZIONE E SFIORATORE

In tale scenario, la situazione descritta allo scenario 1 è modificata con la realizzazione di un sistema di laminazione della piena del Canale Terramaini costituito da una capacità realizzata a lato del canale stesso in aree contigue da esso.

Per considerare una situazione più verosimile, la capacità complessivamente considerata è ipotizzata disposta in due volumi planimetricamente distinti e connessi da un canale a sezione interrata .

In sintesi in tale scenario si prevede la presenza delle seguenti opere:

- n. 1 vasca di laminazione a ridosso degli sbocchi dei collettori pluviali, in sponda sinistra su un'area di circa 10000 mq, denominata nel seguito come "Vasca Terramaini n.1";
- n. 1 vasca di laminazione circa 700 m più a valle sempre in sponda sinistra, la quale si estende in un'area di circa 50000 mq , denominata nel seguito come "Vasca Terramaini n.2";
- n.1 sfioratore laterale realizzato in sponda sinistra, realizzato mediante una soglia con profilo tracimabile e lunghezza di 180 metri mediante la quale si ha il riversamento delle acque di piena eccedenti un livello assegnato ipotizzato pari a +0.70 m slm;
- n. 1 condotte di collegamento a sezione interrata avente sezione di circa 6 m<sup>2</sup> e lunghezza di 730 m
- n.1 impianto idrovoro a servizio della vasca Terramaini n.2 della portata teorica di circa 1 m<sup>3</sup>/s e prevalenza fino a 5 metri

Tale sistema di deflusso considera il canale Terramaini connesso, come nello scenario precedente, sia al rio Saliu e pertanto da esso riceve gli apporti di piena, sia al sistema del Bellarosa – Molentargius, come indicato in precedenza..

Lo svuotamento delle vasche nel canale Terramaini, in caso di afflussi al loro interno è demandato all'impianto idrovoro .

#### **4.4 SCENARIO 3 – AREA DI LAMINAZIONE E SIFONI DI COLLEGAMENTO**

In tale scenario, la situazione descritta allo scenario 1 è modificata mediante la realizzazione di un sistema condotte a sifone deputate a collettare i deflussi provenienti dalla rete pluviale di Pirri verso le capacità di laminazione realizzate a lato del canale stesso come per lo Scenario 2.

Anche in questo scenario, la capacità complessivamente considerata è ipotizzata disposta in due volumi planimetricamente distinti e connessi da un canale a sezione interrata .

Pertanto tale scenario prevede la realizzazione delle seguenti opere:

- n. 1 vasca di laminazione a ridosso degli sbocchi dei collettori pluviali, in sponda sinistra su un'area di circa 10000 mq, denominata nel seguito come "Vasca Terramaini n.1";
- n. 1 vasca di laminazione circa 700 m più a valle sempre in sponda sinistra, la quale si estende in un'area di circa 50000 mq , denominata nel seguito come "Vasca Terramaini n. 2";
- n.1 sifone realizzato nel subalveo del canale Terramaini che connette il collettori C70, C47 e C47' alla vasca Terramaini 1; il tratto in subalveo possiede una lunghezza di 30 m e

una sezione geometrica di 6 mq. A monte del sifone, oltre ai raccordi verticali a pozzo, è realizzata una vasca di calma avente volume massimo di circa 300 m<sup>3</sup> dotata delle luci in parete che realizzano sia gli scarichi verso il canale Terramaini che le inserzioni verso il sifone, disposte a quote opportune

- n.1 sifone realizzato nel subalveo del canale Terramaini a servizio del solo collettore C38 e connette lo stesso collettore verso la vasca Terramaini 2, con presa da una vasca di calma della capacità di circa 200 m<sup>3</sup>. Il tronco in subalveo possiede una lunghezza di 30 m e una sezione geometrica di 6 mq, mentre la condotta di raccordo tra la vasca di calma e il sifone ha una lunghezza di 520 m con una sezione teorica di 4 m<sup>2</sup>;
- n. 3 condotte di collegamento a sezione interrata aventi ciascuna sezione di 6 m<sup>2</sup> lunghezza di 730 m, come nel caso dello scenario n.2.
- n.1 impianto idrovoro a servizio della vasca Terramaini n.2 della portata teorica di circa 1 m<sup>3</sup>/s e prevalenza fino a 5 metri

Le vasche sono disconnesse dal canale Terramaini e lo svuotamento in caso di afflussi al loro interno è demandato all'impianto idrovoro .



## 5 Criteri di dimensionamento adottato per gli specchi della rete pluviale

L'analisi delle criticità degli eventi recenti è sintetizzata nella Figura 5.1 dove si evidenzia l'andamento della "curva dei massimi" utilizzata nel progetto originario (Curva Cioppa) e le intensità massime registrate durante gli eventi del 2002, 2005, 2006 e 2008 per le durate di 15, 30 minuti e un'ora. Da tale Figura si riscontra, come è già stato evidenziato, come per le durate di 15 e 30 minuti l'evento del 2006 sia stato relativamente più critico tra quelli considerati mentre per le durate uguali o superiori a quella oraria l'evento maggiormente critico è quello del 2008.

Riguardo gli eventi del 2002 e del 2006, essi risultano pressoché sovrapponibili, almeno per quanto riguarda i dati delle registrazioni disponibili, tenendo tuttavia conto del fatto che per l'evento del 2002 ci si basa sul pluviometro di Cagliari e non (come per il 2005 e il 2006) su quello di Pirri. Dal grafico di Figura 5.1 si può osservare inoltre come nel 2006 la massima intensità relativa alla durata 15' ha un tempo di ritorno di circa 10 anni, quella di durata 30' ha un tempo di ritorno compreso tra i 20 e i 30 anni, mentre quella di durata oraria ha tempo di ritorno di poco inferiore a 15 anni.

Il grafico di Figura 5.1 evidenzia anche che tutti gli eventi considerati giacciono al di sotto rispetto alla "curva dei massimi" adottata nel progetto del 1966 (hanno quindi criticità minore), mentre soltanto il dato di precipitazione oraria del 2008 ne rimane ben al di sopra e molto prossimo alla curva di possibilità pluviometrica (TCEV) degli eventi con tempo di ritorno centenaria.

Quest'ultima considerazione suggerisce che il criterio idrologico adottato originariamente per il dimensionamento degli specchi risulti adeguato nei confronti degli eventi del 2002 e del 2006 e in parte per quello del 2008, evidenziandosi tuttavia drammatiche criticità sotto il profilo funzionale della rete di captazione e di quella di collettamento principale, come evidenziato anche dai precedenti studi citati. Nell'ambito della modellizzazione idrologica realizzata nella presente relazione, sono state considerate tutte le aree urbane e periurbane attorno al nucleo originario di Pirri, attualmente servite dalla rete di captazione e in particolare comprendendo quelle zone di espansione urbanistica verso la collina di "Barracca Manna" e nel suo versante orientale, come del resto già effettuato nello studio del CINSA del 2007, ma che non rientravano nel dimensionamento originario dei collettori.

Il criterio di determinazione della pioggia di progetto adottato considera un ietogramma di tipo Chicago relativamente ad un evento di assegnato tempo di ritorno e durata totale di 4 ore. Tale metodo appare essere il più cautelativo sia riguardo alla particolare criticità della configurazione planoaltimetrica del versante sul quale si estende l'area urbana di Pirri, il quale è costituito da numerosi sottobacini aventi differenti tempi di risposta in termini di deflusso, sia riguardo alla particolarità di tale ietogramma di riportare la massima criticità pluviometrica alle varie durate parziali. In tal senso, considerando eventi pluviometrici con tempo di ritorno di 15, 20 e 30 anni, è stato considerato un unico ietogramma per l'intero bacino complessivo della rete di Cagliari Pirri.

Conseguentemente, nel modello di trasformazione, i parametri relativi alla valutazione dei processi di perdita tengono conto del comportamento idrologico della superficie urbanizzata e

delle caratteristiche di permeabilità, adeguatamente indagate mediante una apposita indagine riguardante le caratteristiche di uso del suolo della sua natura geolitologica.

Una ulteriore ipotesi riguarda la considerazione dell'efficienza della rete di captazione, ovvero si ipotizza che tutto l'afflusso meteorico depurato della frazione destinata all'infiltrazione e da quella raccolta nei piccoli invasi, sia infine accolta in rete mediante le caditoie stradali. Pur non essendo tale ipotesi strettamente aderente alla realtà, essa è tuttavia cautelativa perché l'entità delle portate defluite in rete potrà tendere al valore qui adottato in relazione ai necessari e progressivi interventi di adeguamento della rete di captazione per migliorare l'aspetto funzionale nelle varie aree servite, il quale determinerà certamente un incremento delle portate collettate. In ogni caso tale miglioramento sarà attuabile solo a condizione di un adeguato dimensionamento della rete di collettamento che qui viene studiata e verificata.

Infine, a fronte della considerazione di diversi tempi di ritorno assunti nella modellazione, il criterio di base assunto nelle verifiche dimensionali dei collettori è quello che utilizza il tempo di ritorno di 15 anni garantendo nel contempo un franco idraulico medio del 25% della massima profondità dello speco, osservando che tale franco potrebbe comunque essere annullato in caso di eventi con tempo di ritorno superiore.

In linea con la scelta cautelativa del tempo di ritorno, si richiama inoltre il fatto che lo ietogramma di forma adottata consente il mantenimento di ulteriori margini di sicurezza idraulica nel dimensionamento delle reti pluviali urbane.

**Tabella 5.1 - Cumulate massime agli intervalli temporali di 15, 30 minuti, 1 e 24 ore per gli eventi indicati: le celle campite indicano i valori massimi per le durate indicate nelle righe**

	2002	2005	2006	2008
15'	20.2 mm	15.4 mm	21.8 mm	16.2 mm
30'	31.0 mm	24.6 mm	31.2 mm	27.4 mm
1 ora	36.4 mm	27.4 mm	35.2 mm	54.0 mm
giorno	40.8 mm	30.6 mm	54.6 mm	94.6 mm

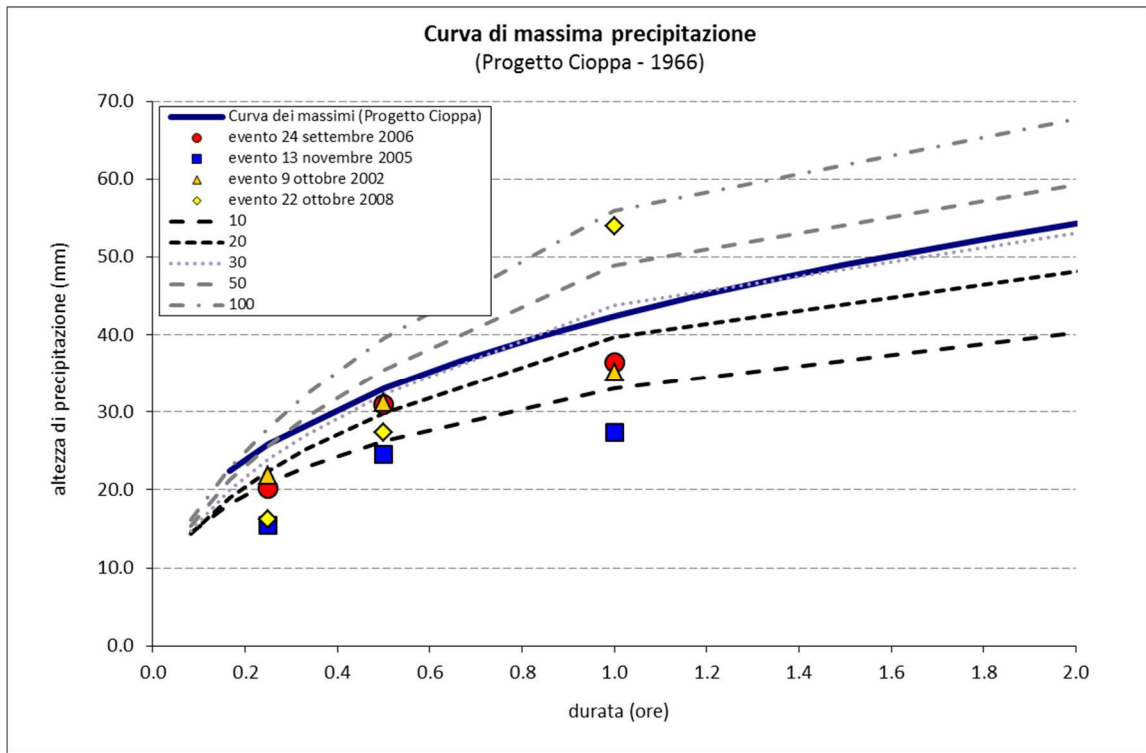


Figura 5.1 - Valutazione probabilistica degli eventi pluviometrici di interesse di durata minore o uguale a 1 ora

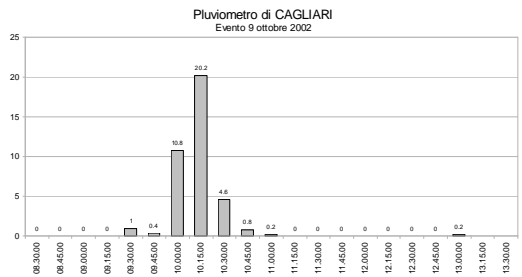
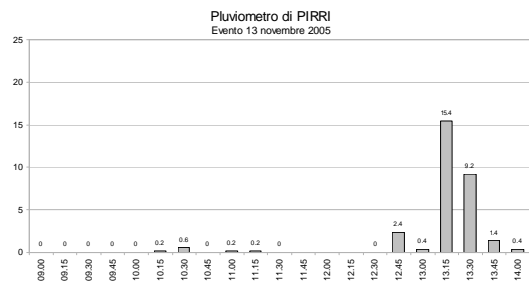
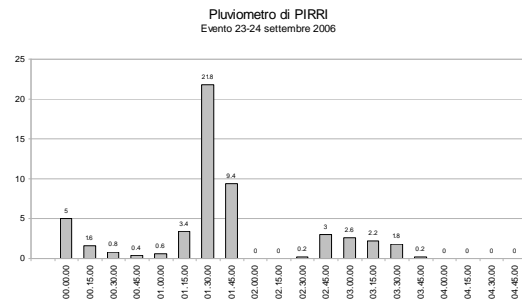
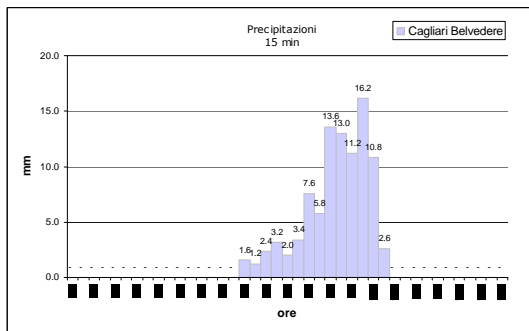


Figura 5.2 - Ietogramma dell'evento del 2008 registrato dal pluviometro di Cagliari-Belvedere . Ietogrammi degli eventi registrati rispettivamente nel 2002, 2005 e 2006

## 6 Studio idrologico preliminare

### 6.1 SEZIONI DI CONTROLLO

L'indagine idrologica si è dapprima concentrata sui bacini sottesi dalle sezioni maggiormente vallive (S38.1/a, S38.1/b) nel definire la stima dei deflussi e la verifica idraulica dei tratti finali dei condotti principali attualmente in esercizio. Altre sezioni di interesse sono state considerate lungo i condotti principali per meglio rappresentare la condizione della rete negli eventi considerati.

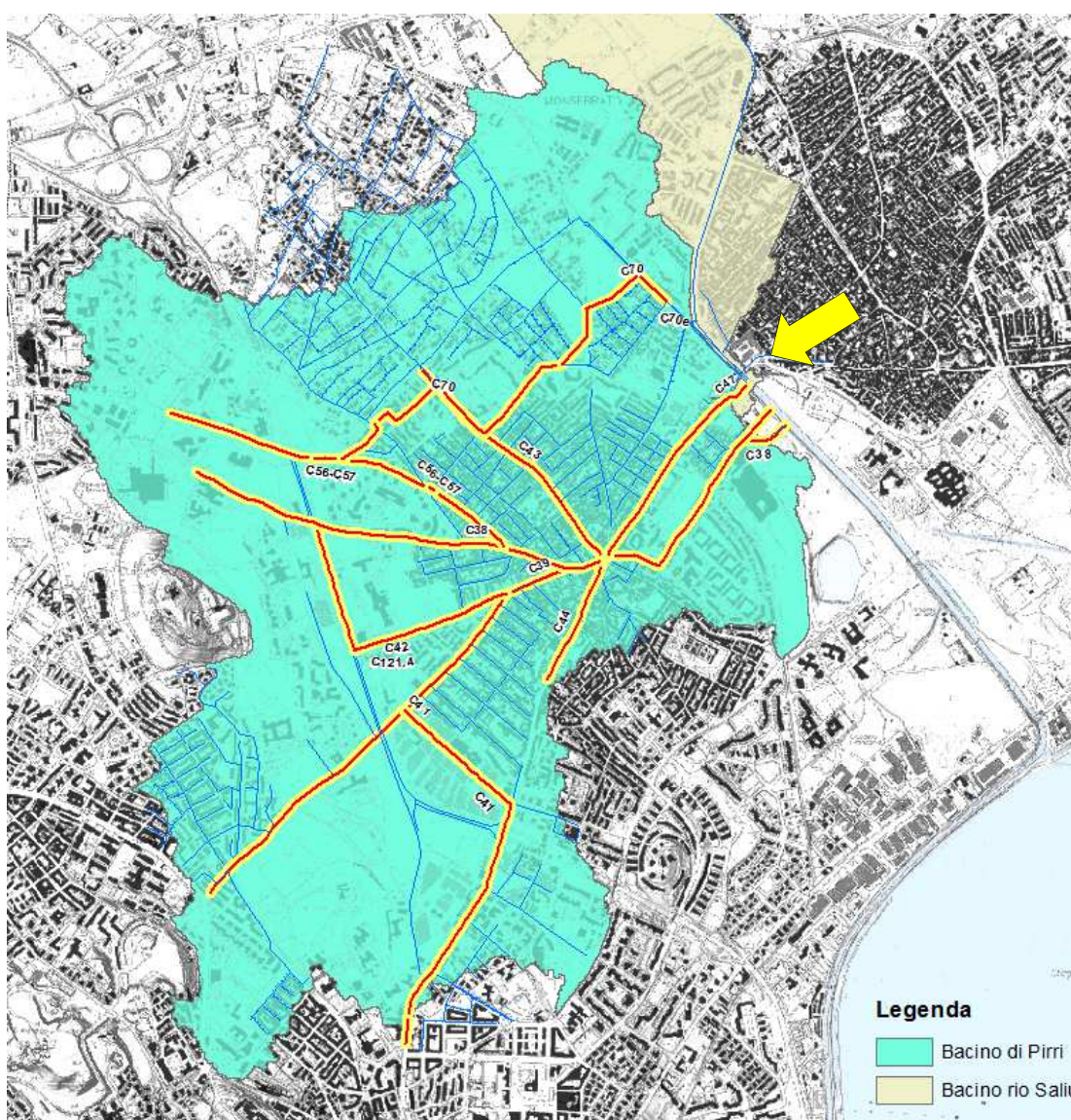


Figura 6.1 – Bacino idrografico principale di Pirri al Terramaini (freccia)



Ai sottobacini sono state attribuite denominazioni che terminano con una lettera progressiva a, b, c, d... (per es.: S39.4a, S39.4b etc).

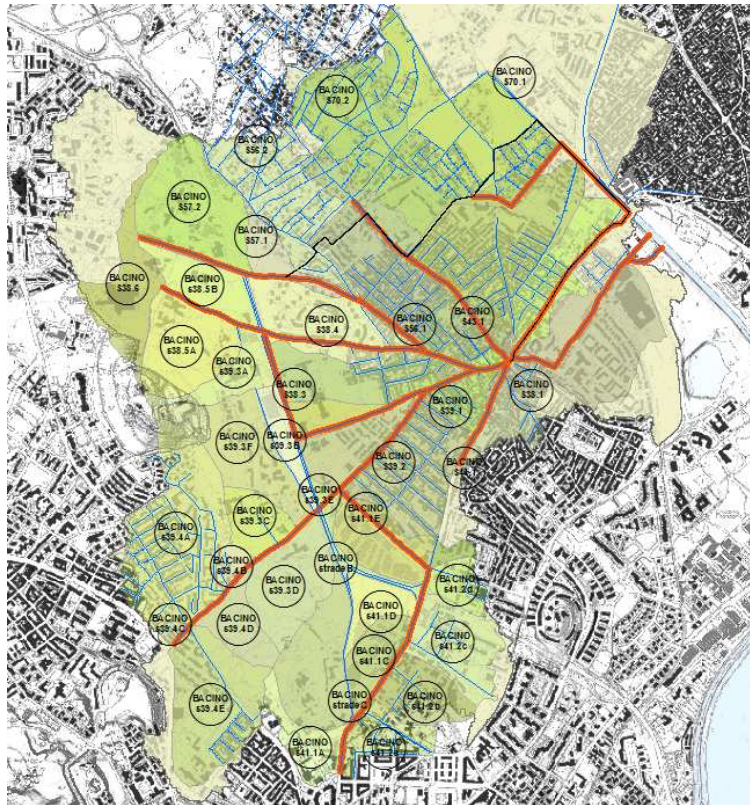


Figura 6.3 –Bacini idrografici sottesi dalle sezioni di controllo

## 6.2 BACINI TRIBUTARI

Nello studio CINSA, per l'esecuzione dell'analisi morfologica e di caratterizzazione dei suoli è stata utilizzata, come informazione di base, la cartografia numerica comunale in scala 1:4000 che ha permesso la realizzazione di un modello digitale di terreno ricoprente un'area di 17 kmq. Tale cartografia è stata successivamente integrata con la base topografica originata dal rilievo con tecnica LIDAR con risoluzione spaziale di 1 m. La procedura adottata per la individuazione dei bacini attua dapprima la delimitazione di un macro-bacino di interesse che comprende il territorio urbano di Pirri come delimitato dalle alture di baracca Manna, dagli Stagni di Molentargius, e a est dal Riu Saliu e dal canale di Terramaini, a ovest dal colle di Buoncammino e dalle alture in prossimità delle vie dei Donoratico, Biasi e dei Grilli. Successivamente sono state individuate le linee di compluvio e di displuvio all'interno del macro-bacino mediante l'analisi morfologia della base topografica costituente il modello digitale di terreno.

**Tabella 6.1 – Superficie dei bacini principali sottesi alle sezioni di interesse e loro pendenza**

	SEZIONE	AREA (ha)	ib (%)
1	S38.1	27.3	5.8
2	S38.2	1.3	7.2
3	S38.3	15.9	7.3
4	S38.4	17.7	8.9
5	S38.5A	16	18
6	S38.5B	9.4	2.1
7	S38.6	13.6	11.9
8	S39.1	6.6	11.9
9	S39.2	29	11.9
10	S39.3A	7.3	11.6
11	S39.3B	4.6	4.9
12	S39.3C	7	6.9
13	S39.3D	15.4	6.7
14	S39.3E	1.9	1.3
15	S39.3F	17.7	13.5
16	S39.4A	64.5	7.9
17	S39.4B	2.1	8.1
18	S39.4C	1.07	6.19
19	S39.4D	23	9.2
20	S39.4E	7.4	8.5
21	S41.1A	7.3	5.7
22	S41.1B	16.8	11.4
23	S41.1C	7.6	1.5
24	S41.1D	5.8	1.4
25	S41.1E	11.9	2
26	S41.1F	2.2	1.2
27	S41.1G	1.6	5.9
28	S41.2A	8	3.4
29	S41.2B	9.8	3.7
30	S41.2C	13.5	3.8
31	S41.2D	4.9	4.4
32	S42.1	5.9	2.3
33	S43.1b	7.11	4.2
34	S44.1	7.5	5.2
35	S56.1	9	5.1
36	S57.1	6.1	4.6
37	S57.2	21.6	4.8
38	STR_A	0.62	3.22
39	STR_B	0.16	1.86
40	STR_C	0.43	2.69
41	S70.1	27.2	5.9
42	S70.2	36.1	5.1
43	S46.1	28.61	5.2
44	S56.2	16.9	6.3
45	S56.2A	4.4	3.8
46	S43.1a	7.6	4.2
47	S47.1	12.77	3.5
48	S56.3	7	5.1

Il criterio di definizione dell'afflusso in rete esclusivamente geomorfologico è stato applicato solo laddove la rete fognaria non è presente, come accade per le aree urbane periferiche: nell'effettuare la delimitazione delle aree di contributo ricadenti in zone urbanizzate si è tenuto conto della presenza della rete fognante sia come realizzata allo stato attuale sia nell'assetto derivante dalle varie ipotesi progettuali di adeguamento.

Nella

Figura 6.1 è presentato il bacino complessivo di indagine sotteso alla sezione di chiusura del canale Terramaini.

Nella Figura 6.2 e nella Figura 6.3 sono individuati i bacini di interesse a fronte di quelli complessivamente ricadenti nell'area urbana di Pirri consegnati come stralcio della figura di inquadramento (

Figura 6.1).

### 6.3 TEMPO DI CORRIVAZIONE DEL BACINO COMPLESSIVO

Come è noto, la stima del tempo di corrivazione del bacino stima il tempo impiegato da un volume idrico elementare per percorrere il tragitto idraulicamente più lungo per giungere alla sezione di chiusura del bacino. In particolare, per una fognatura urbana esso è spesso indicato come tempo di concentrazione ed è somma del tempo di accesso  $T_a$  alla rete e del tempo di traslazione  $T_r$  impiegato dalla particella idrica a percorrere il percorso più lungo.

La stima del tempo di accesso  $T_a$  può essere effettuata mediante la relazione (Mambretti e Paoletti, 1998):

$$T_{a,i} = \frac{0.5 \cdot l_i}{s_i^{0.375} (i \cdot \varphi_i S_i)^{0.25}}$$

che lega la lunghezza  $l_i$  dei percorsi di corrivazione delle acque scolanti all'intensità di pioggia  $i$  e ad alcune caratteristiche morfologiche della superficie di un sottobacino, essendo  $s_i$  la pendenza media dell' $i$ -esimo sottobacino di superficie  $S_i$  e coefficiente di afflusso  $\varphi_i$ .

Per determinare il tempo di traslazione è stata utilizzata la relazione (Becciu et al., 1997):

$$T_r = \sum_i \frac{l_i}{1.5 \cdot V_{u,i}}$$

essendo  $V_{u,i}$  la velocità di moto uniforme nel condotto di lunghezza  $l_i$  e la sommatoria estesa a tutti i tratti costituenti il percorso più lungo.

Il tempo di corrivazione  $T_c = T_a + T_r$  calcolato per il bacino del collettore C38 alla sezione di sbocco finale è di poco inferiore all'ora ( $T_c = 0.9$  ore) come indicato nella tabella seguente.

Nello studio sono stati adottati i tempi di concentrazione ottenuti con le relazioni precedenti. A titolo di confronto sono stati calcolati i tempi di corrivazione anche con la relazione fornita dal Soil Conservation Service:

$$T_c = 0.00227 L^{0.8} [(1000/CN) - 9]^{0.7} S^{-0.5}$$

dove il valore di CN (Curve Number) utilizzato è quello relativo alle condizioni di umidità del suolo di tipo AMC-III, ed  $S$  è la pendenza media del bacino espressa come valore percentuale.



**Tabella 6.2 – Tempo di concentrazione del bacino sotteso dalla sezione S38.1**

TEMPI		ORE
Accesso alla rete	Ta	0.18
Traslazione in condotta	Tr	0.68
Tempo totale	Tc	0.86

#### **6.4 DETERMINAZIONE DEGLI IETOGRAMMI DI PROGETTO**

Anche nella determinazione degli idrogrammi di pioggia totale si è fatto riferimento allo studio CINSA del 2007 per la determinazione degli ietogrammi di progetto utilizzati per la verifica idraulica della rete. L'ipotesi assunta, come usuale, prevede che, agli idrogrammi conseguenti agli eventi di pioggia sia attribuito il medesimo tempo di ritorno degli eventi che li generano.

In specifico, sono stati elaborati due tipi di ietogrammi sintetici: a intensità costante e con intensità variabile con ietogramma di tipo Chicago.

Per il primo tipo, individuata preliminarmente la durata dell'evento, sulla base del volume di pioggia cumulata stimata per il tempo di ritorno  $T_R$  è calcolata l'intensità costante dell'evento sintetico. Nelle valutazioni sono state utilizzate le curve di possibilità pluviometriche stimate per la Sardegna che utilizzano la distribuzione probabilistica TCEV (Deidda, Piga Sechi, 2000).

Lo ietogramma tipo *Chicago* (Keifer e Chu, 1957) è stato elaborato mediante le stesse curve di possibilità pluviometrica calcolando, per ciascun intervallo di tempo nella durata dell'evento, l'intensità di precipitazione corrispondente.

Inoltre, la modellazione documenta come per un evento con  $T_r=10$  anni il colmo della piena che si propaga lungo la rete dei collettori giunga in piazza Italia dopo circa 1 - 1.5 ore dall'inizio dell'evento, tempo che può essere assunto come durata critica del bacino di Pirri. Si rileva infine che durante l'evento del 2008, la precipitazione (iniziata intorno alle 7 del mattino) ebbe il massimo intorno alle ore 9 mentre lo scorrimento superficiale ebbe il suo massimo proprio intorno alle ore 10-10.30 della stessa mattina.

Le considerazioni sopra esposte, unite alla scelta di effettuare la modellazione dell'intensità degli eventi critici mediante ietogrammi di tipo Chicago (con fattore di picco  $p=0.375$ ), nella generazione eventi sintetici inducono a considerare cautelativamente durate totali di 4 ore.

#### **6.5 CARATTERIZZAZIONE DEI SUOLI**

La caratterizzazione dei suoli dei bacini ricadenti nelle aree in studio è in linea con quanto a suo tempo già determinato nello studio CINSA del 2007 e risultati ivi contenuti sono riportati nei paragrafi che seguono.

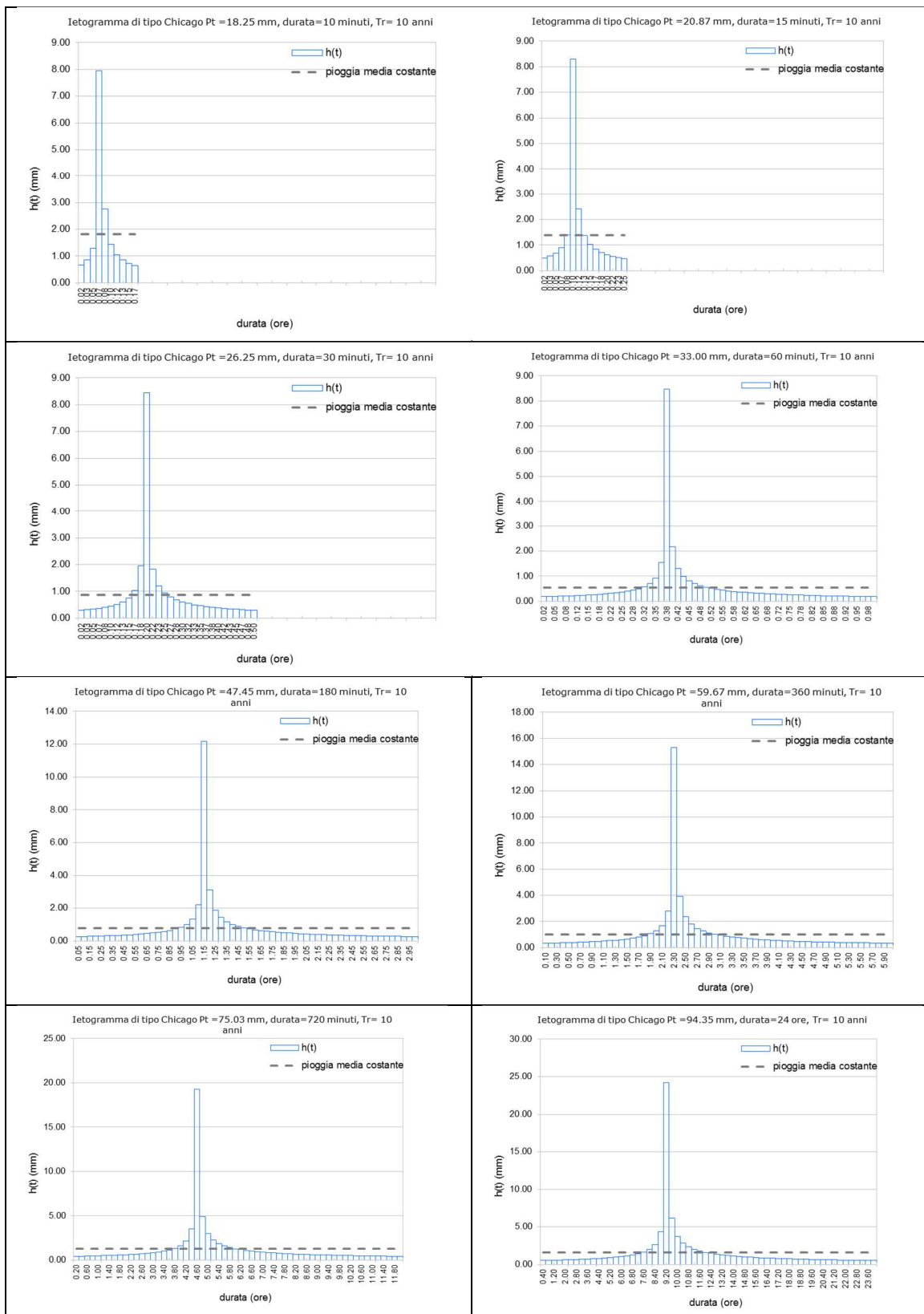


Figura 6.4 - Ietogrammi di eventi sintetici con tempo di ritorno di 10 anni e durata di 10, 15, 30 minuti, 1, 3, 6, 12 e 24 ore

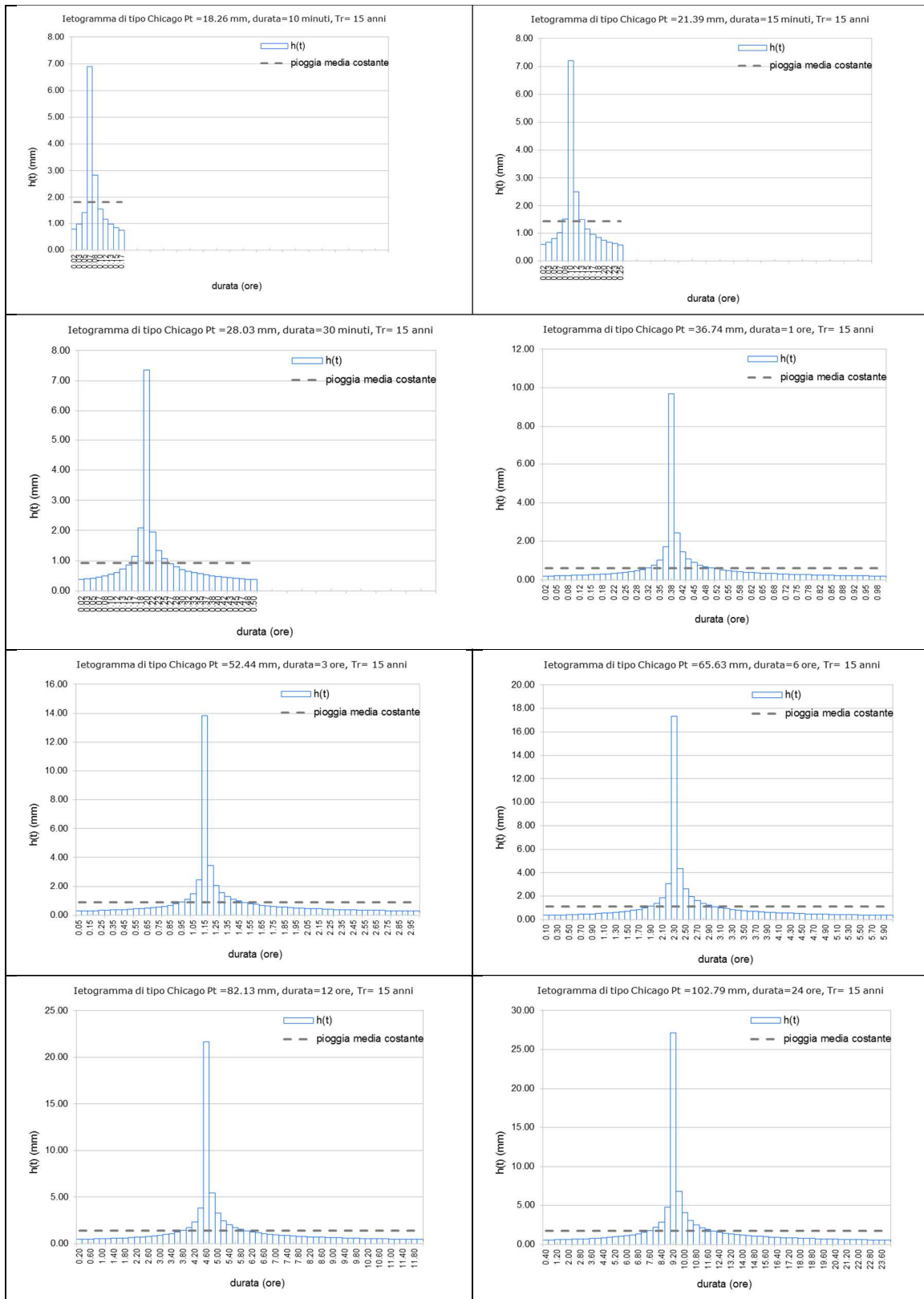


Figura 6.5 - Ietogrammi di eventi sintetici con tempo di ritorno di 15 anni e durata di 10, 15, 30 minuti, 1, 3, 6, 12 e 24 ore

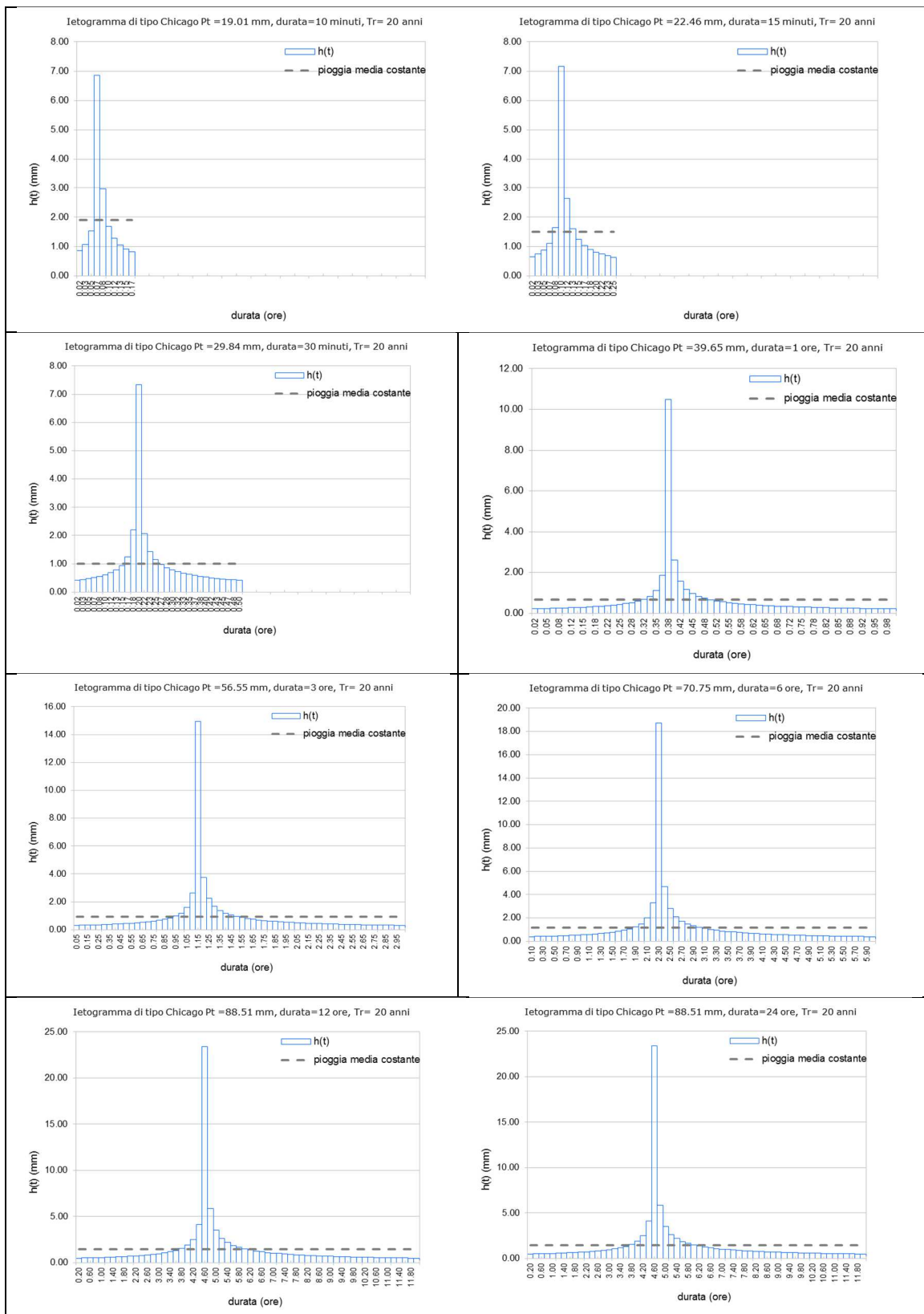


Figura 6.6 - Ietogrammi di eventi sintetici con tempo di ritorno di 20 anni e durata di 10, 15, 30 minuti, 1, 3, 6, 12 e 24 ore

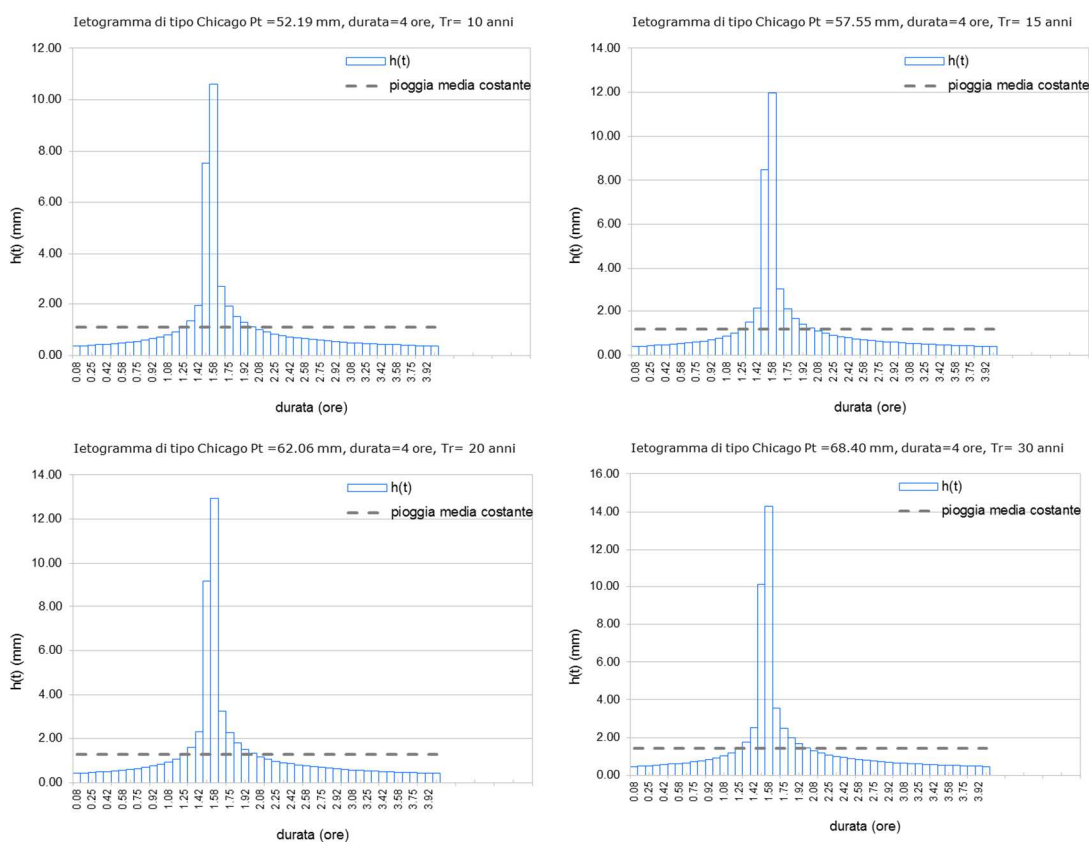


Figura 6.7 - Ietogramma sintetico di evento di durata 4 ore con tempo di ritorno 10, 15, 20 e 30 anni

### Capacità di infiltrazione

L'indagine geopedologica ha fornito gli elementi utili per valutare le caratteristiche sulla natura dei suoli e sul loro utilizzo in modo da quantificare in termini parametrici la capacità di infiltrazione espressa mediante il coefficiente CN (Curve Number) utilizzato nel metodo del Curve Number del Soil Conservation Service (SCS, 1975; 1985) per la determinazione della pioggia netta. Per la caratterizzazione idrologica del suolo è necessario tenere conto dell'attitudine dei suoli all'infiltrazione, espressa mediante la classificazione dell'Ente statunitense per la difesa del suolo (NRCS, originariamente chiamato SCS) in base alla conduttività idraulica in condizioni di saturazione. La classificazione è basata sulla ripartizione in quattro classi di conduttività, come indicato nella Tabella 6.3.

A tal fine si sono utilizzati i risultati di uno studio precedentemente svolto sul territorio esaminato per incarico del Comune di Cagliari (*Caratterizzazione geologico tecnica delle terre e analisi dei suoli nel Comune di Cagliari con particolare interesse per il settore Barracca Manna*; Cappai, 2007).

Per un inquadramento generale del territorio, si riporta di seguito quanto riportato nella relazione del consulente geologo <sup>(1)</sup> in tale studio.

*Nonostante l'area di Cagliari oggetto di studio sia quasi completamente urbanizzata, dalla bibliografia esistente e da un'attento rilevamento di campagna è stato possibile sviluppare una carta di caratterizzazione dei suoli utile poi all'analisi del paesaggio e finalizzata a fornire informazioni esaustive per lo studio dei deflussi superficiali di piena [...].*

*La classificazione dei suoli attraverso la quale è stata poi sviluppata una carta di dettaglio si è basata appunto nella distinzione dei suoli in tre gruppi (B-C-D) con differente conduttività idraulica come definiti dalla classificazione statunitense NRCS.*

*Per quanto riguarda i terreni dell'area oggetto di studio, per le loro peculiarità naturali quali il tipo di roccia madre che li determina e il tipo di rilievo che formano, nonché per il clima al quale sono soggetti, si può dire che generalmente non mostrano di aver subito processi pedogenetici molto avanzati. Generalmente i processi di urbanizzazione avvengono spesso in modo spontaneo, non pianificato o pianificato male. La città di Cagliari e tutto l'hinterland hanno subito infatti in pochi anni uno sviluppo urbanistico che, non tenendo conto della suscettività all'edificabilità, ha operato una scelta delle aree non finalizzata alla limitazione quando possibile del danno inevitabilmente arrecato alle risorse naturali, quali appunto i suoli e le acque.*

*Un'analisi della cartografia predisposta in periodi diversi permette di valutare l'esaurimento graduale dei suoli dovuto prevalentemente ad attività antropiche.*

*Prima dell'intensa urbanizzazione, oltre i limiti della zona edificata, il territorio di Cagliari e del suo hinterland era costituito da un paesaggio caratterizzato per lo più dalla viticoltura e dall'orticoltura.*

*Per avere una visione di insieme da un punto di vista strettamente pedologico si può dire che sulle alluvioni recenti si sono formati Entisuoli, sulle alluvioni più o meno antiche Alfisuoli, si sono invece formati Inceptisuoli sulle formazioni carbonatiche mioceniche, e Vertisuoli nelle aree più pianeggianti all'interno delle precedenti. Nelle aree più prossime al mare e nelle lagune salate, infine, i suoli erano rappresentati da Aridosuoli.*

*Il prelievo di acqua dalle falde superficiali e profonde, con portate superiori a quella di regime, vale a dire in quantità superiore alla ricarica, ha determinato un abbassamento dei livelli delle falde con conseguente ingressione di acque salmastre. L'utilizzo per l'irrigazione di queste acque caratterizzate da percentuali elevate di sali solubili ha determinato l'aumento di Aridosuoli.*

---

<sup>1</sup> Si veda a tale proposito la relazione denominata "Caratterizzazione geologico-Tecnica delle terre a analisi dei suoli nel comune di Cagliari con particolare interesse per il settore di "Barracca Manna"". Dott. Geol. A. Cappai (2007) (non allegata al progetto).

**Tabella 6.3 - Classificazione dei suoli del NRCS**

GROUP	MEANING	SATURATED CONDUCTIVITY (in/h)
<b>A</b>	Low runoff potential. Soils having high infiltration rates even when thoroughly wetted and consisting chiefly of deep, well to excessively drained sands or gravels	<0.45
<b>B</b>	Soils having moderate infiltration rates when thoroughly wetted and consisting chiefly of moderately deep to deep, moderately well to well-drained soils with moderately fine to moderately coarse textures. E.g., shallow loess, sandy loam	0.30 - 0.15
<b>C</b>	Soils having slow infiltration rates when thoroughly wetted and consisting chiefly of soils with a layer that impedes downward movement of water, or soils with moderately fine to fine textures. E.g., clay loams, shallow sandy loam.	0.15 - 0.05
<b>D</b>	High runoff potential. Soils having very slow infiltration rates when thoroughly wetted and consisting chiefly of clay soils with a high swelling potential, soils with a permanent high water table, soils with a clay-pan or clay layer at or near the surface, and shallow soils over nearly impervious material.	0.05 - 0.00

*I suoli sono in generale, classificati sulla base delle caratteristiche fisiche e chimiche presenti nei loro orizzonti.*

*La classificazione Soil Taxonomy pone l'accento sui caratteri interni dei profili, identificando orizzonti diagnostici e caratteristiche diagnostiche, definendoli con metodo statistico. Un orizzonte diagnostico è un orizzonte dotato di proprietà chimiche fisiche e morfologiche (colori, profondità, volumi, densità ecc), definite quantitativamente, ed essenziali ai fini di una caratterizzazione del comportamento in determinate condizioni ambientali.*

*In particolare, per questo studio è stata definita l'appartenenza dei diversi tipi di orizzonti riscontrati nell'area, ai gruppi idrologici.*

*La definizione dei gruppi di suoli idrologici, vale a dire quei suoli sufficientemente umidi nella parte superficiale da permettere l'instaurarsi di condizioni anaerobiche durante la stagione dello sviluppo, si articola in quattro classi: A, B, C, D.*

*Solamente tre di queste, e precisamente le classi B, C, D, sono tuttavia riscontrabili nell'area di studio oggetto dell'incarico.*

*L'attribuzione dei terreni dell'area esaminata a ciascuna delle classi suddette è avvenuta mediante comparazione tra le proprietà geologiche, meccaniche e pedologiche, nonché delle caratteristiche di permeabilità (note in letteratura e riscontrate di volta in volta mediante rilievo diretto), dei terreni stessi con le peculiarità dei terreni caratterizzanti le classi della NRCS.*

*Di sotto si riportano per maggiore chiarezza di esposizione le qualità specifiche di ciascuna classe:*

*Classe B. I suoli facenti parte di questa classe presentano un moderato grado di infiltrazione in condizioni di forte umidità. Si tratta principalmente di suoli da moderatamente profondi a profondi, da moderatamente ben drenati a ben drenati, con tessitura da moderatamente fine a moderatamente grossolana. Possiedono un moderato grado di conduttività idraulica.*

*Classe C. I suoli appartenenti a questa classe presentano un basso grado di infiltrazione in condizioni di forte umidità. Consistono principalmente in suoli che mostrano un orizzonte che impedisce i movimenti verso il basso dell'acqua, o che presentano tessitura da moderatamente fine a fine. Mostrano un basso grado di conduttività idraulica.*

*Classe D. I suoli ascrivibili a questa ultima classe presentano un grado di infiltrazione molto basso in condizioni di forte umidità. Consistono principalmente in suoli argillosi ad alto potenziale di immagazzinamento, in suoli con falda sempre presente, in suoli con orizzonti argillosi superficiali o poco profondi, e in suoli superficiali su substrato impermeabile. Posseggono un grado molto basso di conduttività idraulica.*

*La determinazione delle classi caratterizzate da una differente conduttività idraulica e la conseguente attribuzione dei terreni a ciascuna di queste classi ha permesso la realizzazione di una carta di sintesi che mostra la distribuzione nell'area di tali classi. Come si osserva, la classe B, che presenta valori di conduttività idraulica compresi tra 0.30 e 0.15 in/hr, è quella maggiormente rappresentata, comprendo da sola il 72,85% del territorio.*

*Il 25,40% del territorio è invece occupato da suoli con grado di infiltrazione molto basso, facenti parte della classe D, caratterizzata da valori di conduttività idraulica compresi 0.15 e 0.05.*

*La classe meno presente è la classe C, nella misura del 1,75%, e caratterizzata da un valore di conduttività compreso tra 0.05 e 0.00.*

#### **Uso del suolo**

*La carta di uso del suolo è stata utilizzata come dato di importanza complementare rispetto a quella della classificazione effettuata sulla base della conduttività idraulica. Anche in questo caso, l'indagine effettuata nel citato studio pedologico (Cappai, 2007) ha fornito gli elementi di*



valutazione per giungere alla caratterizzazione idrologica completa del suolo. La carta di uso del suolo è consegnata in allegato 2.4.

Nel seguito si riporta testualmente la parte dello studio riguardante l'uso del suolo.

*[...] Il materiale ancillare reperito ed utilizzato per la redazione di questa carta è costituito dalla carta dell'Uso del Suolo in scala 1:25.000 della Regione Autonoma della Sardegna, dalla C.T.R. in scala 1:10.000, dalle immagini satellitari Ikonos 2005, reperibili attraverso il portale del S.I.T.R./I.D.T. della Regione Sardegna. L'analisi di tale materiale, ha permesso il riconoscimento di elementi territoriali molto aggiornati, consentendo la definizione di un quadro attuale e veritiero dell'utilizzo del territorio all'interno del Comune di Cagliari*

*L'operazione di fotointerpretazione è stata coadiuvata da una campagna di rilievi e di osservazioni sul campo volti ad effettuare una verifica puntuale dei dati fotointerpretati. Le operazioni sopra citate hanno permesso la definizione di undici classi di uso del suolo, di seguito sommariamente descritte:*

- Territori agricoli. Comprendono le superfici coltivate regolarmente e sottoposte a sistemi colturali.*
- Prati, pascoli incolti. Comprendono aree a copertura erbacea rada o nulla ove è possibile riconoscere i segni di una sorta di avvicendamento con vecchi sistemi colturali.*
- Prati, pascoli in buone condizioni. Comprendono aree a copertura erbacea densa.*
- Zone a copertura rada o nulla. Comprendono aree in cui non sono riconoscibili segni di copertura vegetale*
- Spazi aperti, parchi, impianti sportivi e cimiteri con buona copertura vegetale. Spazi ricoperti da vegetazione in buono stato di manutenzione compresi nel tessuto urbano. Ne fanno parte parchi urbani di varia natura.*
- Spazi aperti, parchi, impianti sportivi e cimiteri con discreta copertura vegetale. Spazi ricoperti da vegetazione in discreto stato di manutenzione compresi nel tessuto urbano. Ne fanno parte parchi urbani di varia natura.*
- Aree commerciali. Aree a copertura artificiale senza vegetazione al servizio di strutture commerciali.*
- Aree industriali e di servizio. Aree a copertura artificiale senza vegetazione al servizio di strutture produttive o industriali. Comprendono le strutture ospedaliere.*
- Tessuto urbano continuo. Spazi strutturati dagli edifici e dalla viabilità.*
- Tessuto urbano rado o discontinuo. Zone urbane discontinue con ampi spazi aperti.*

- *Viabilità e parcheggi pavimentati. Aree a copertura artificiale utilizzate per la viabilità e per i parcheggi. In carta è rappresentata solo la viabilità principale.*

*[...] la ripartizione del territorio nelle varie classi è abbastanza omogenea, fatta eccezione per alcune classi presenti in maniera marginale, come ad esempio i territori agricoli e le zone adibite a prato e pascolo. Per contro, come facilmente prevedibile, trattandosi di un'area urbana, il tessuto urbano continuo rappresenta la classe più estesa*

## **6.6 MODELLO DI TRASFORMAZIONE**

Il calcolo delle portate defluenti in rete è stata effettuata con un modello distribuito di trasformazione afflussi-deflussi fisicamente basato sulle caratteristiche dei bacini interessati dalle aree in esame, implementato dal software Storm Water Management Model SWMM (US-EPA, 1988). Il modello adottato concettualizza il sistema di drenaggio urbano come una serie di flussi calcolati secondo una formulazione deterministica della dinamica dei processi idrologici che si realizzano nel bacino idrografico. La metodologia applicata si articola in fasi successive che prevedono l'utilizzazione di ietogrammi di progetto sintetici determinati sulla base delle curve di possibilità di pluviometrica individuate per la zona in esame e per l'orizzonte temporale di riferimento.

La procedura SWMM fa riferimento ad un modello fisico completo per l'analisi quantitativa e qualitativa del processo di deflusso della rete di drenaggio in ambito urbano. Nella letteratura scientifica esso è indicato come uno degli strumenti più efficienti per simulare adeguatamente i processi idrologici e idraulici che si realizzano nei bacini urbani, con il vantaggio dell'adattabilità al mutare delle condizioni al contorno e dei dati in input.

La validazione scientifica del modello è fornita dalla provenienza degli algoritmi impiegati e dal loro uso divenuto ormai uno standard di riferimento. Il modello, che è ampiamente accettato in ambito scientifico, effettua la simulazione nel tempo discreto ed implementa una procedura che utilizza il principio di conservazione della massa, dell'energia e della quantità di moto nei differenti casi di applicabilità rappresentati nella rete.

I processi fisici simulati nel modello sono i seguenti: deflusso superficiale, infiltrazione, acque sotterranee, manto nevoso, propagazione dell'onda di piena, entità dei processi di allagamento e diffusione degli inquinanti. I processi sono simulati applicando per ciascuno di essi il relativo approccio sviluppato per la soluzione del problema fisico specifico. Il processo di infiltrazione è stato modellato con il metodo del Curve Number (NRCS); tale approccio assume che la capacità di infiltrazione totale del suolo dipenda dalla pioggia cumulata e dalla capacità di infiltrazione residua sulla base di un parametro tabellato (CN) della conduttività idraulica e del tempo che impiega il suolo saturo a diventare secco.

Tabella 6.4 – Valore del Curve Number sulla base della classificazione dei suoli (da *SCS Urban Hydrology for Small Watersheds, 2nd Ed*)

LAND USE DESCRIPTION	NRCS Soil Group			
	A	B	C	D
Cultivated land				
Without conservation treatment	72	81	88	91
With conservation treatment	62	71	78	81
Pasture or range land				
Poor condition	68	79	86	89
Good condition	39	61	74	80
Meadow				
Good condition	30	58	71	78
Wood or forest land				
Thin stand, poor cover, no mulch	45	66	77	83
Good cover <sup>2</sup>	25	55	70	77
Open spaces, lawns, parks, golf courses, cemeteries, etc.				
Good condition: grass cover on 75% or more of the area	39	61	74	80
Fair condition: grass cover on 50 - 75% of the area	49	69	79	84
Commercial and business areas (85% imperv.)	89	92	94	95
Industrial districts (72% impervious)	81	88	91	93
Residential <sup>3</sup>				
Average lot size (% Impervious <sup>4</sup> )				
1/8 ac or less (65)	77	85	90	92
1/4 ac (38)	61	75	83	87
1/3 ac (30)	57	72	81	86
1/2 ac (25)	54	70	80	85
1 ac (20)	51	68	79	84
Paved parking lots, roofs, driveways, etc. <sup>5</sup>	98	98	98	98
Streets and roads				
Paved with curbs and storm sewers <sup>5</sup>	98	98	98	98
Gravel	76	85	89	91
Dirt	72	82	87	89

La trasformazione dell'afflusso meteorico lordo in deflusso è stata effettuata sulla base della precipitazione, delle caratteristiche pedologiche e di uso del suolo, dei parametri climatici e della rete di dreno; il modello restituisce i valori delle grandezze incluse nel bilancio idrologico del bacino idrografico (volumi defluiti, infiltrati, evaporati, concentrazione degli inquinanti) nonché l'andamento nel tempo dei volumi immessi in rete e consegnati al recapito finale o dispersi.

## 6.7 STIMA DELLE PERDITE DI BACINO

Nella carta di uso del suolo, ciascuno degli usi è stato codificato con un identificativo e riportato nel sistema informativo territoriale insieme al tematismo riguardante la caratterizzazione del suolo sulla base del coefficiente di conduttività idraulica. L'intersezione tra i due temi ha prodotto una fitta parcellizzazione dell'area in studio essendo ciascuna area individuata e differenziata sia per il parametro di conduttività che per l'uso del suolo. A ciascuna delle suddette parcelle è stato attribuito il parametro CN il quale, mediato sulla delimitazione dei bacini idrografici di interesse, ha consentito di calcolarne il parametro medio per l'intera estensione.

Operativamente, il valore del parametro CN è stato attribuito come media pesata sulle estensioni di ciascuna area omogenea. Sempre per ciascun bacino di interesse, il valore del parametro calcolato relativamente alle condizioni AMC di tipo II è stato ricalibrato per le condizioni più critiche di umidità del suolo nel periodo immediatamente antecedente l'evento di pioggia, ovvero corrispondente alla condizione AMC (Antecedent Moisture Condition) di tipo III.

**Tabella 6.5 - Valori del parametro CN attribuito a ciascun sottobacino**

	BACINO	CN		BACINO	CN		BACINO	CN		BACINO	CN
1	S38.1	81	13	S39.3D	60.11	25	S41.1E	92.43	37	S57.2	84.7
2	S38.2	79.3	14	S39.3E	94.99	26	S41.1F	97.74	38	STR_A	98
3	S38.3	79.3	15	S39.3F	76.12	27	S41.1G	82.81	39	STR_B	98
4	S38.4	80.1	16	S39.4A	82.63	28	S41.2A	80.5	40	STR_C	98
5	S38.5A	82.01	17	S39.4B	69.65	29	S41.2B	80.5	41	S70.1	78
6	S38.5B	70.72	18	S39.4C	81	30	S41.2C	80.5	42	S70.2	78
7	S38.6	84.5	19	S39.4D	72.04	31	S41.2D	80.5	43	S46.1	81
8	S39.1	78.2	20	S39.4E	64.99	32	S42.1	79.7	44	S56.2	85.2
9	S39.2	78.1	21	S41.1A	77.48	33	S43.1b	81.3	45	S56.2A	80.33
10	S39.3A	78.99	22	S41.1B	71.64	34	S44.1	82.6	46	S43.1a	81.3
11	S39.3B	81.46	23	S41.1C	91.8	35	S56.1	82.6	47	S47.1	81
12	S39.3C	65.28	24	S41.1D	81	36	S57.1	82.4	48	S56.3	85.2

## 6.8 PORTATE DI PROGETTO ALLE SEZIONI DI CONTROLLO

Il modello idrologico ha consentito il calcolo delle portate in arrivo alle sezioni di interesse .

Inoltre il tracciato individuato per il collettore 70 consente di intercettare i deflussi provenienti dai bacini gravanti sull'abitato e sottesi dalla rete di captazione. In particolare:

- a) portate in arrivo al collettore 57,
- b) deflusso del bacino sotteso alla sezione S56.2
- c) deflusso del bacino sotteso dalla sezione S43.1, il quale attualmente confluisce nel collettore 43 di via Toti e quindi in piazza Italia;

- d) deflusso del bacino sotteso dalla sezione S70.2, che esso intercetta lungo il tratto di via S. M. Goretti;
- e) deflusso del bacino S70.1 in via degli Astri
- f) deflusso del bacino S46.1

In via degli Astri la portata collettata si immetterà sul tronco esistente del collettore 70 con il parallelismo del condotto del rio Saliu ed infine nel canale Terramaini mediante uno scarico con soglia a quota 0.48 m slm.

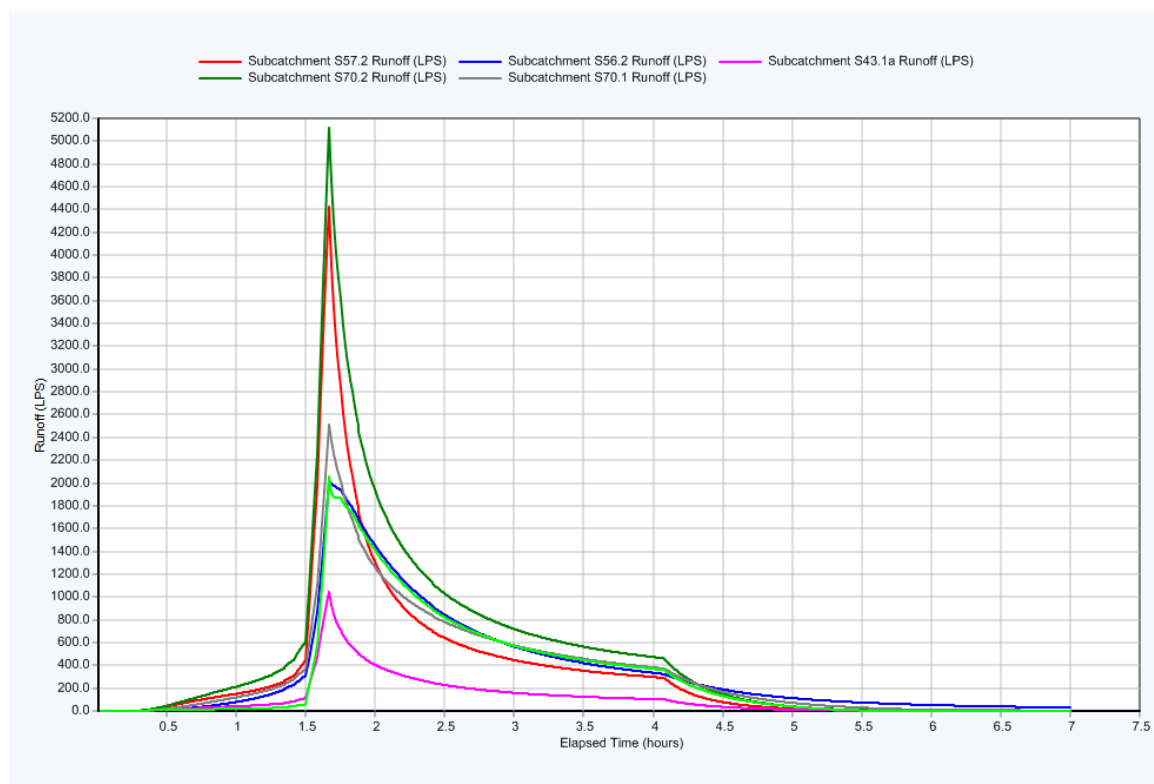
Riguardo al collettore 47' di nuova realizzazione esso si configura come un diversivo del tronco del collettore 38 a valle di Piazza Italia

Per una indicazione sulla disposizione dei bacini intercettati dal tracciato del collettore si rimanda sempre alla

Figura 6.1.

Nella Figura 6.8 sono invece consegnati gli idrogrammi relativi al deflusso nelle sezioni indicate le quali sottendono i bacini gravanti sul collettore 70 e da esso intercettati.

Nella relazione idraulica che segue, ciascuno dei contributi di tali sottobacini sarà attribuito al nodo individuato lungo il tracciato e considerato come recapito della rete di captazione del bacino di riferimento.



**Figura 6.8 - Idrogrammi del deflusso relativo ai bacini S57.2, S56.2, S43.1a, S70.1 e S70.2 per un evento con tempo di ritorno di 20 anni e durata 4 ore.**

## 7 Studio idraulico preliminare

### 7.1 PREMESSA E OGGETTO DELLO STUDIO

L'obiettivo dell'analisi idraulica è di indagare con quali modalità le acque transitano nei tronchi idrici della rete, individuando quelli eventualmente esondanti, e le modalità con le quali esse si diffondono sul territorio allagandolo.

Nello studio idraulico una prima fase di indagine è stata dedicata alla individuazione delle situazioni di insufficienza idraulica dei condotti della rete fognante e di tutti i manufatti idraulici simulati (essenzialmente costituiti da pozzetti e vasche volano), in occasione degli eventi sintetici, storici studiati, di eventi con medesimo o superiore livello di criticità per la rete fino a un tempo di ritorno di 20 anni.

Ma come riportato nello studio generale, è ben noto che l'adozione dello ietogramma Chicago dalla generazione degli eventi sintetici nel modello di trasformazione si ottengono volumi di deflusso più critici con durate maggiori nelle curve di possibilità pluviometrica.

L'analisi idraulica è stata estesa a tutti i collettori della rete di drenaggio urbano che interessano l'abitato di Pirri; in tal modo è stato possibile approfondire il livello di funzionalità dell'intera rete anche in condizioni di eventi meteorici intensi, avendo riscontro al loro comportamento durante gli eventi critici accaduti.

I dati necessari alla costruzione del modello idraulico sono stati reperiti sia dagli elaborati progettuali originari che da quelli relativi alle opere recentemente realizzate forniti dall'Amministrazione, contribuendo a delineare lo stato di fatto della rete di dreno (diametri, connessioni, quote dei pozzetti, ecc.).

Le opere inserite in questa fase comprendono sia quelle di recente realizzazione (tronco finale del collettore 38, tronco finale del collettore 70) sia quelle in fase di appalto per la loro realizzazione (Vasca volano in via Stamira e in via Socrate).

### 7.2 CONDIZIONI AL CONTORNO COMUNI A TUTTI GLI SCENARI MODELLATI

Il recapito finale di entrambi i collettori sono rappresentati dal canale di Terramaini. Questo, in condizioni di recapito ottimale possiede una quota del pelo libero pari alla quota di massima escursione di marea essendo connesso al golfo di Cagliari attraverso il canale di La Palma al quale confluisce dopo circa 6 km. Sulla base delle quote di marea rilevate e fornite dall'Amministrazione, si è assunto che gli effetti dell'onda di marea alla testata del canale in prossimità dell'abitato di Pirri possano al massimo raggiungere un soprizzo di circa 30 cm sul livello medio mare.

Nella eventualità che il livello del canale di Terramaini sia tale da superare la quota di soglia, lo scarico del collettore 70 risulterà in parte rigurgitato, essendo il tratto finale di sbocco di sezione  $b \times h = 4 \times 2$  m e risultando dunque la quota di estradosso pari a 2.48 m slm ovvero maggiore di

quella di sponda destra (2.20 m slm) e alla quale si avrebbe l'inizio dell'esonazione in sponda destra del canale Terramaini verso le aree urbane.

Riguardo al collettore 47' sarà considerato lo scarico con soglia a quota +0.40 m slm; esso possiede nel tronco finale una sezione geometrica rettangolare sufficiente ( $b \times h = 4000 \times 2000$  mm) ad evitare la totale occlusione da parte della marea.

Anch'esso pertanto, con le ipotesi assunte, sarà verificato in condizioni di soglia libera che consente di tenere conto anche delle eventuali situazioni di rigurgito.

Il coefficiente di scabrezza attribuito alle tubazioni è determinato con riferimento al materiale cementizio con valore compreso tra 0.011 e 0.015, come indicato nella Tabella 7.1.

La valutazione delle portate in arrivo dal rio Saliu è stata effettuata sulla base dello studio idrologico realizzato dal Comune di Monserrato, come specificato nei capitoli precedenti (Figura 7.1).

Riguardo alla valutazione degli afflussi dal sistema Molentargius- Is Arenas, questi sono stati valutati in  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  costanti e continuativi immessi sul canale Terramaini.

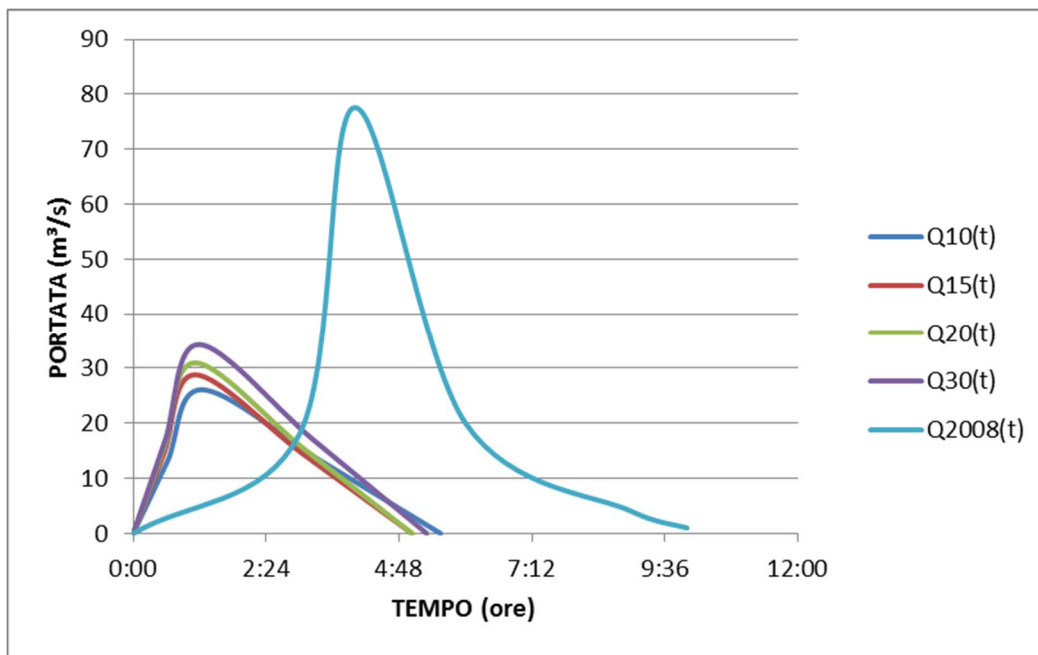


Figura 7.1 - Idrogrammi in ingresso al rio Saliu a monte del tratto tombato relativi a tempi di ritorno di 10, 15, 20, 30 anni e relativo all'evento del 2008

### 7.3 MODELLO IDRAULICO DEL COLLETTORE 70

Il modello del collettore 70 considera il tracciato di Figura 7.4 come già concordato con l'Ufficio Tecnico. Nella Tabella 7.2 sono consegnate una prima stima approssimata delle quote altimetriche dei pozzetti di linea del collettore come desumibili dalla carta tecnica comunale

rimandando eventuali correzioni ed integrazioni al dettaglio dei rilievi esecutivi non ritenendo tuttavia che essi possano inficiare il risultato delle elaborazioni che seguiranno.

Nella medesima tabella sono indicati i punti di consegna delle sottoreti di captazione dei deflussi ai bacini gravanti sul tracciato del collettore.

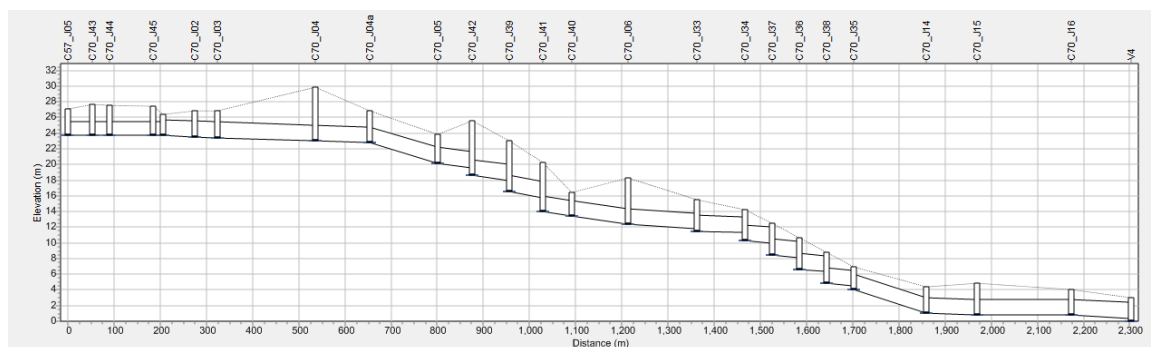


Figura 7.2 - Profilo longitudinale del C70

Tabella 7.1 – Valori della scabrezza espressa mediante il coefficient di Manning n (da: Gravity Sanitary Sewer Design and Construction, ASCE Manual of Practice No. 60, New York, NY)

MATERIALE	n
Asbestos-cement pipe	0.011 - 0.015
Brick	0.013 - 0.017
Cast iron pipe	
- Cement-lined & seal coated	0.011 - 0.015
Concrete (monolithic)	
- Smooth forms	0.012 - 0.014
- Rough forms	0.015 - 0.017
Concrete pipe	0.011 - 0.015
Corrugated-metal pipe (1/2-in. x 2-2/3-in. corrugations)	
- Plain	0.022 - 0.026
- Paved invert	0.018 - 0.022
- Spun asphalt lined	0.011 - 0.015
Plastic pipe (smooth)	0.011 - 0.015
Vitrified clay	
- Pipes	0.011 - 0.015
- Liner plates	0.013 - 0.017



**Tabella 7.2 - Pozzetti di linea del C70 e rispettivi nodi di consegna delle sottoreti a servizio dei bacini indicati**

POZZETTO	QUOTA FONDO m slm	PROF m	NOTE
C70_J01	23.7	2.72	Immissione da S56.2
C70_J02	23.55	3.33	
C70_J03	23.45	3.43	
C70_J04	23.03	6.87	Immissione da S43.1a
C70_J04a	22.79	4.1	
C70_J05	20.18	3.71	Immissione da S70.2
C70_J06	12.41	5.9	
C70_J07	10.35	4.15	
C70_J08	7.75	4.08	
C70_J09	6.89	4.56	
C70_J10	6.29	4.49	
C70_J11	4.69	4.18	
C70_J12	1.62	3.96	
C70_J13	1.04	3.51	
C70_J15	0.83	3.99	Immissione da S46.1
C70_J16	0.78	3.23	
C70_J14	1.00	3.43	Immissione da S70.1

**Tabella 7.3 – Caratteristiche geometriche di ciascun tronco del collettore 70**

<b>TRONCO</b>	<b>NODO 1</b>	<b>NODO 2</b>	<b>LUNGH (m)</b>	<b>MANNING</b>
C70_44	C57_J05	C70_J43	53.0	0.015
C70_45	C70_J43	C70_J44	37.3	0.015
C70_46	C70_J44	C70_J45	94.2	0.015
C70_47	C70_J45	C70_J01	21.1	0.015
C70_P01	C70_J01	C70_J02	69.5	0.015
C70_P02	C70_J02	C70_J03	49.0	0.015
C70_P03	C70_J03	C70_J04	212.2	0.015
C70_P03a	C70_J04	C70_J04a	118.0	0.015
C70_P04	C70_J04a	C70_J05	146.0	0.015
C70_P05	C70_J05	C70_J42	75.0	0.015
C70_P06	C70_J06	C70_J07	191.1	0.015
C70_P07	C70_J07	C70_J08	73.3	0.015
C70_P08	C70_J08	C70_J09	84.1	0.015
C70_P09	C70_J09	C70_J10	58.9	0.015
C70_P10	C70_J10	C70_J11	59.2	0.015
C70_P11	C70_J11	C70_J12	58.2	0.015
C70_P12	C70_J12	C70_J13	58.5	0.015
C70_P13	C70_J13	C70_J14	41.2	0.015
C70_P14	C70_J14	C70_J15	110.0	0.015
C70_P14a	C70_J15	C70_J16	203.0	0.015
C70_P15	C70_J16	T70	130.0	0.015

Per ciascuno dei tronchi compresi tra i pozzetti indicati nella tabella precedente consegnati nella figura successiva gli idrogrammi dei deflussi attribuiti ai rispettivi bacini per un evento con tempo di ritorno di 20 anni.

Come già indicato la quota di consegna del collettore 70 è pari a 0.48 m slm, il cui manufatto è rappresentato da uno scarico libero sul canale Terramaini

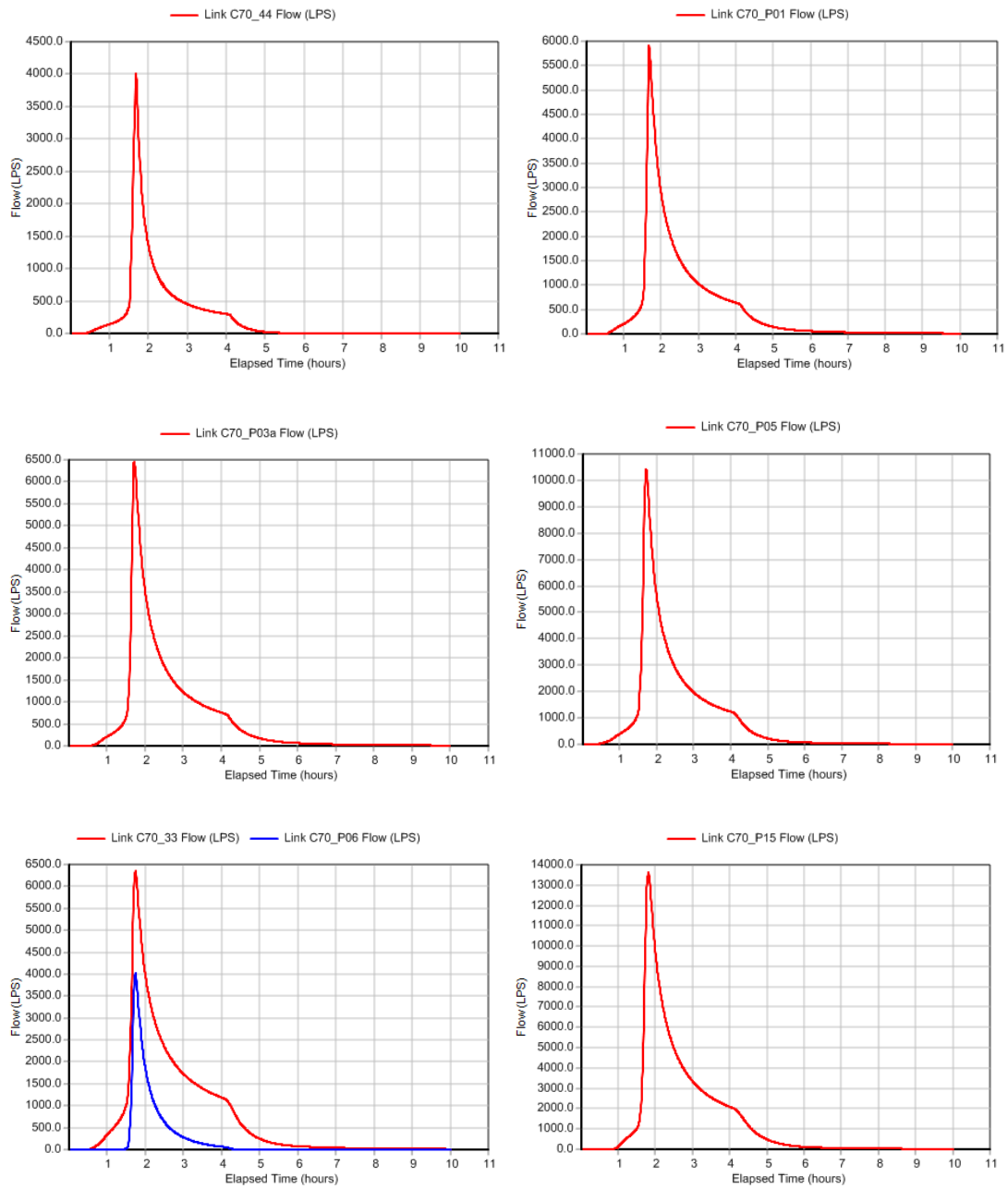
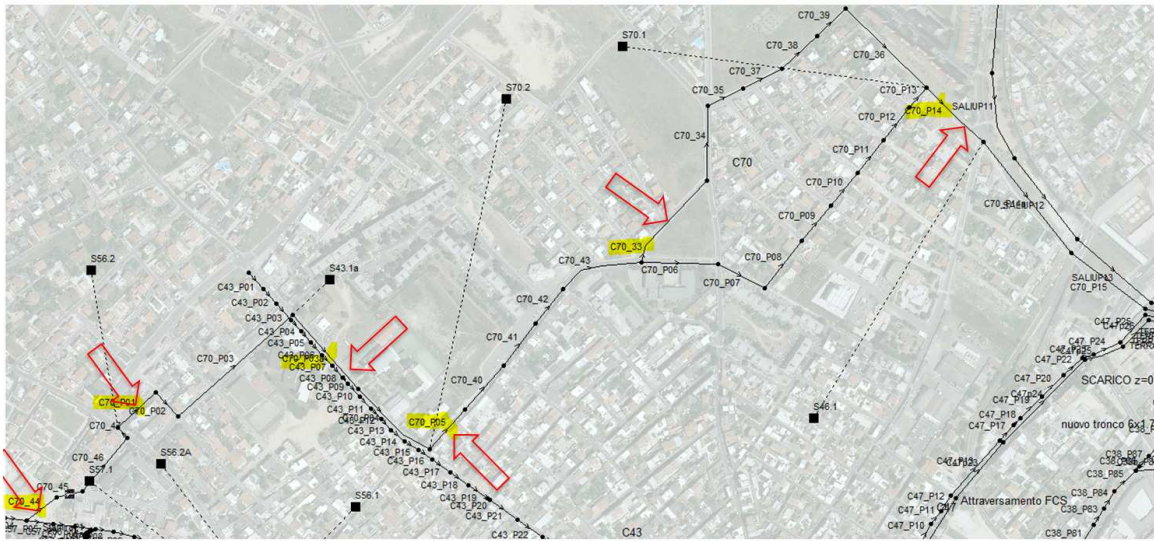


Figura 7.3 - Collettore 70. Portate ai tronchi indicati per evento con  $T_r=20$  anni



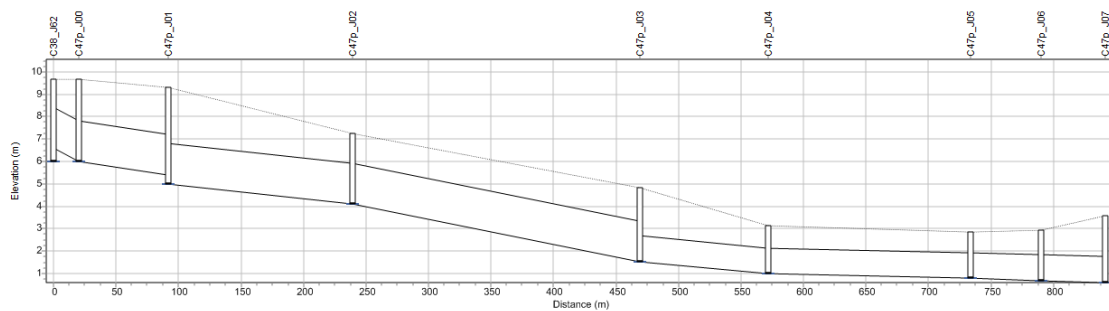
**Figura 7.4 - Collettore 70: planimetria schematica di modello. Le frecce indicano i punti di immissione del deflusso dei bacini intercettati**

#### 7.4 MODELLO IDRAULICO DEL COLLETTORE 47'

Anche in questo caso, il modello del collettore 47' considera il tracciato di Figura 7.6 come già concordato con l'Amministrazione. Nella Tabella 7.4 sono consegnate le quote altimetriche dei pozzetti del collettore come desumibili dalla documentazione fornita dall'Amministrazione comunale.

Il modello ha tenuto conto dei vincoli imposti anche dall'attraversamento ferroviario e considerando un'altezza utile massima di condotto pari a 115 cm sulla quota nominale di posa.

Poiché il collettore 47' non ha un proprio bacino tributario, nella Figura 7.6 la freccia indica il pozzetto di testata dal quale si realizza l'immissione di portata dal collettore 38 dal quale si ipotizza derivato da una luce in parete laterale allo stesso pozzetto con soglia avente altezza rispetto al fondo di 120 cm, in modo che essa si attivi solo in occasione degli eventi non ordinari.



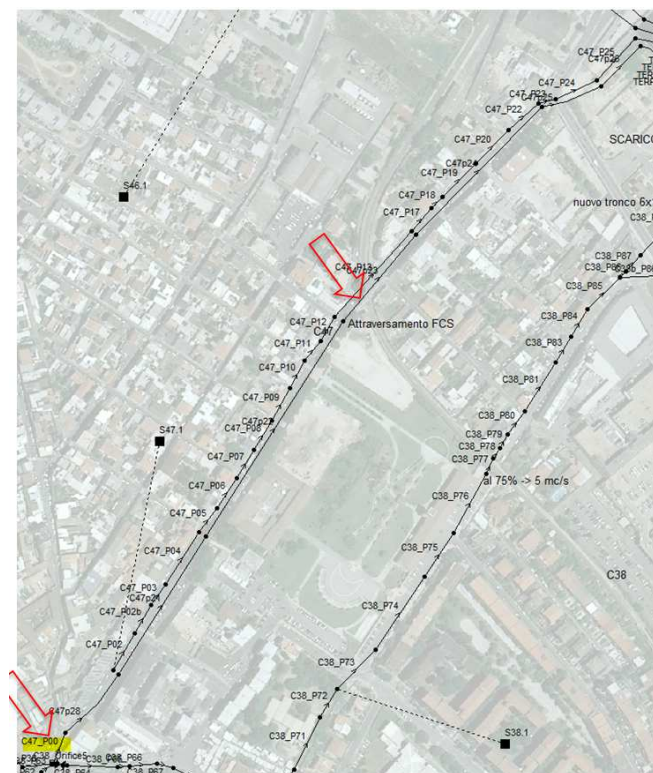
**Figura 7.5 - Profilo longitudinale del collettore 47'**

**Tabella 7.4 - Pozzetti di linea del C47'**

POZZETTO	QUOTA FONDO m slm	PROFOND m	NOTE
C47p_J00	6.0	3.65	Da scolmatore in piazza Italia
C47p_J01	5.0	4.3	
C47p_J02	4.1	3.15	
C47p_J04	1.0	2.13	
C47p_J05	0.8	2.07	
C47p_J06	0.7	2.25	

**Tabella 7.5 – Caratteristiche geometriche di ciascun tronco del collettore 47'**

TRONCO	NODO 1	NODO 2	LUNGH (m)	MANNING
C47p21	C47p_J01	C47p_J02	147.49	0.015
C47p22	C47p_J02	C47p_J03	229.94	0.015
C47p23	C47p_J03	C47p_J04	102.34	0.015
C47p24	C47p_J04	C47p_J05	162.3	0.015
C47p25	C47p_J05	C47p_J06	56.44	0.015
C47p26	C47p_J06	T47	51.11	0.015
C47p28	C47p_J00	C47p_J01	71.82	0.015



**Figura 7.6 - Collettore 47': planimetria schematica di modello.**

## 7.5 MODELLO IDRAULICO DELLO SCENARIO 1

Come più volte richiamato lo studio del Cinsa ha effettuato la rivisitazione del dimensionamento della rete meteorica esistente. Con i criteri di verifica idraulica già esposti ai capitoli precedente, lo studio ha considerato lo sviluppo planimetrico della rete attuale considerando invariabili le attuali quote dei pozzetti e aggiornando la geometria dei singoli tronchi componenti.

La schematizzazione idraulica del canale Terramaini è stata considerata accoppiando un elemento dotato di capacità di accumulo con un elemento lineare avente pertanto funzione di trasporto e di collegamento tra la prima e lo sbocco finale del canale Terramaini costituito da un elemento terminale (outlet) al quale confluiscono i deflussi del sistema.

Connessi al canale Terramaini sono stati qui considerati come nel caso dello scenario 1, il rio Saliu, i collettori finali della rete meteorica di Pirri (C70, C47, C47', C38 e C38\A) il canale affluente dal Bellarosa Minore e quello che immette i reflui dal sistema Molentargius-Is Arenas.

Nel modello, l'andamento del p.l. nel canale Terramaini è temporalmente variabile e conseguente all'andamento degli afflussi e degli efflussi ad esso relativi: come conseguenza, le portate allo sbocco dai collettori dipenderanno anche dalla quota del p.l. nel canale oltre che dal carico totale in condotta.

## 7.6 MODELLO IDRAULICO DELLO SCENARIO 2

La modellazione idraulica dello scenario è stata effettuata considerando gli elementi progettuali in merito all'ipotesi di realizzazione delle aree di laminazione.

La connessione tra il Canale e l'Area di laminazione 1 (ipotizzata come recettore primo dei deflussi provenienti dall'opera di derivazione da realizzarsi sulla sponda sinistra del canale Terramaini) è stata modellata mediante una soglia sfiorante di lunghezza di 100 m. La quota di sfioro è stata preliminarmente considerata pari a +0.7 m s.l.m.

La connessione tra l'Area di laminazione 1 e la 2 è stata invece considerata come una connessione idraulica (tubazione) di sezione e lunghezza assegnata e con assenza di dislivello tra le sezioni di estremità.

La capacità di laminazione è stata modellata secondo lo schema concettuale del serbatoio, dotato di forma geometrica prismatica e descritta dall'area della sezione di base, dalla quota massima di accumulo e dalle relative connessioni in ingresso/uscita: per l'area di laminazione 1 le prime sono rappresentate dagli afflussi provenienti dalla soglia sfiorante e la connessione in uscita è rappresentata dalla seconda capacità di laminazione disposta in serie alla prima.

Tutte le connessioni sono state considerate come dotate di verso proprio ma è ammessa l'inversione del flusso che numericamente darà luogo ad una portata negativa.

Come nel caso dello scenario 1, la schematizzazione idraulica del canale Terramaini è stata considerata accoppiando un elemento dotato di capacità di accumulo con un elemento lineare

avente pertanto funzione di trasporto e di collegamento tra la prima e lo sbocco finale del canale Terramaini costituito da un elemento terminale al quale confluiscono i deflussi del sistema.

Connessi al canale Terramaini sono stati qui considerati come nel caso dello scenario 1, il rio Saliu, i collettori finali della rete meteorica di Pirri (C70, C47, C47', C38 e C38\ a) il canale affluente dal Bellarosa Minore e quello che immette i reflui dal sistema Molentargius-Is Arenas.

Nel modello, analogamente che nello scenario 1, l'andamento del p.l. nel canale Terramaini è variabile e conseguente all'andamento degli afflussi e degli efflussi ad esso relativi: come conseguenza, le portate allo sbocco dai collettori dipenderanno anche dalla quota del p.l. nel canale oltre che dal carico totale in condotta.

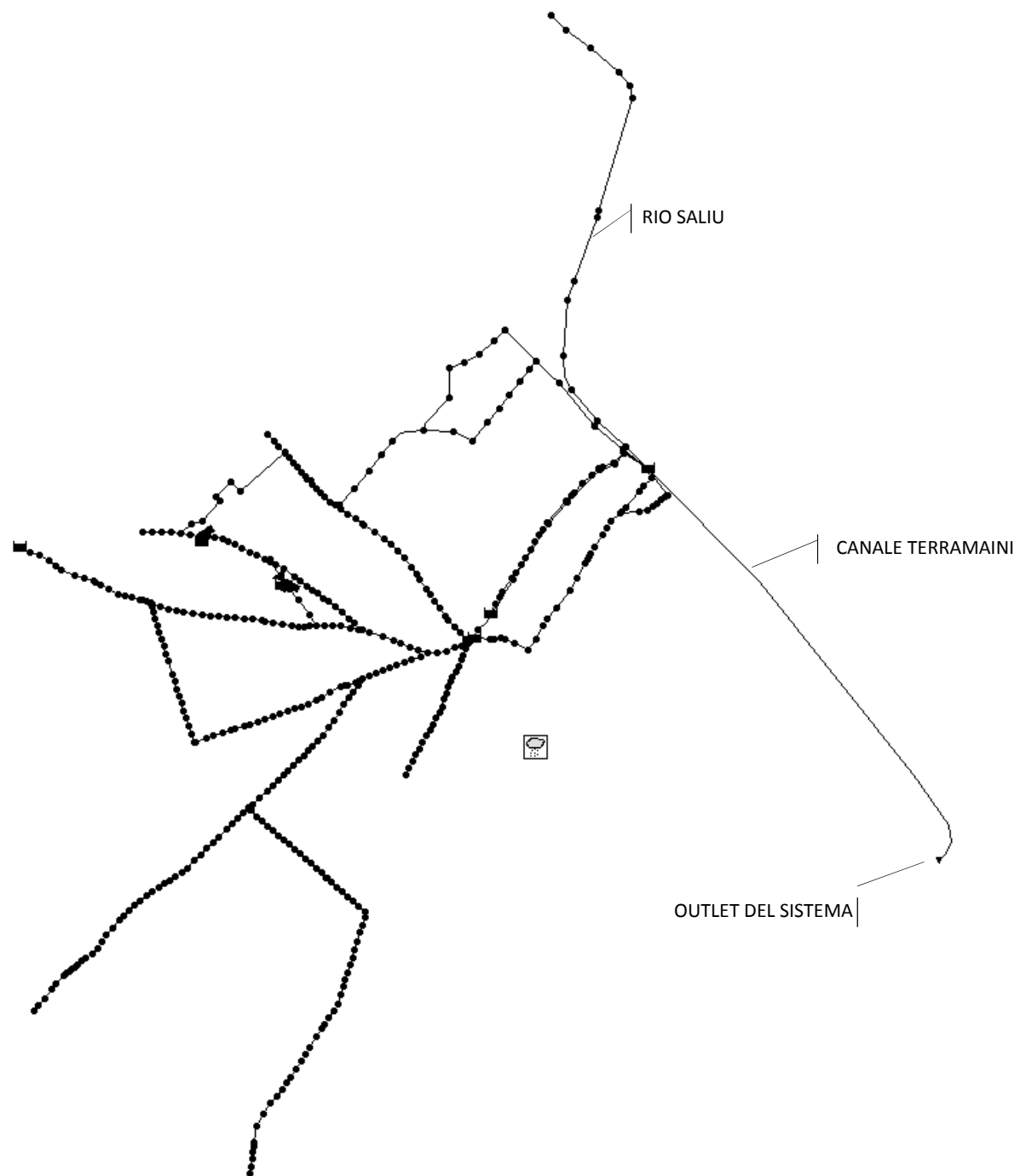


Figura 7.7 - Planimetria schematica del modello idraulico relativo allo scenario 1



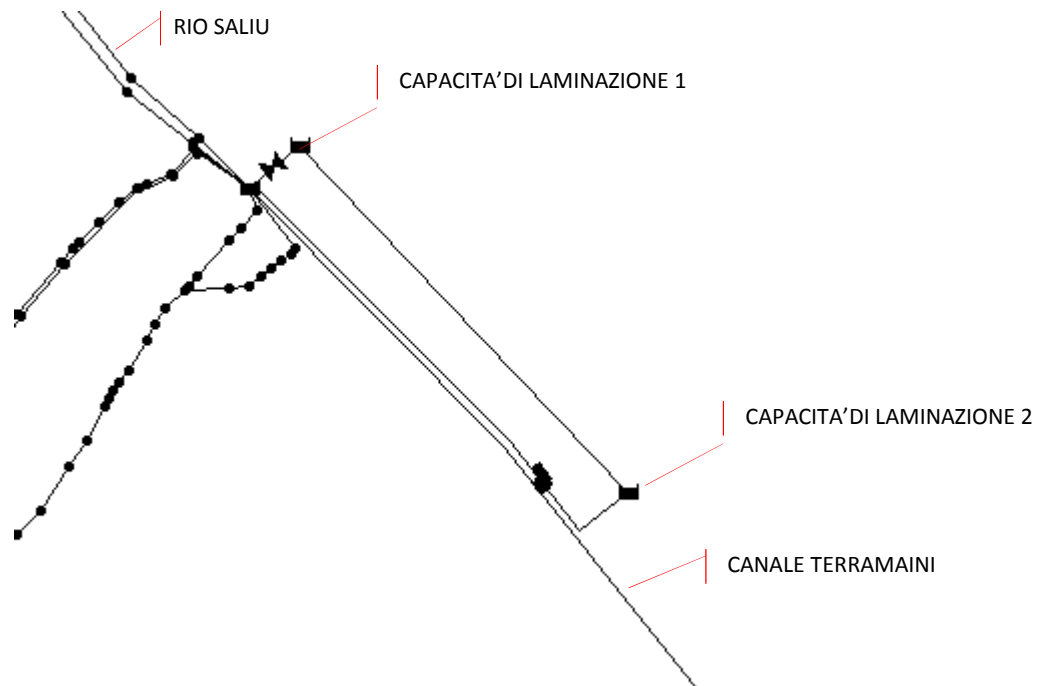


Figura 7.8 - Planimetria schematica del modello idraulico dello scenario 2

### 7.7 MODELLO IDRAULICO DELLO SCENARIO 3

Rispetto a quanto descritto nello scenario 2, il modello idraulico dello scenario 3 manca dell'elemento di sfioro che costituisce il collegamento tra il canale Terramaini e la capacità di accumulo già descritta come Terramaini 1.

In luogo dell'elemento "soglia" nel modello idraulico è stato considerato un sistema di connessioni schematicamente assimilabili a un sifone e quindi costituito da tronchi di condotti esterni alla rete meteorica uniti da giunzioni a rappresentare i raccordi verticali tra i tratti epigei e quello di subalveo.

Al fine di limitare la complessità del sistema, e quindi anche le difficoltà dal punto di vista modellistico, sono stati considerati 2 sifoni dei quali il primo a servizio dei collettori C47, C47' e C70 e un secondo esclusivamente a servizio del C38.

Il raccordo con i sifoni e la rete pluviale è effettuato mediante collettori di avvicinamento che traggono origine da altrettante vasche di calma alle quali affluiscono i collettori in arrivo dalla rete di Pirri, ciascuna a servizio del corrispondente sifone.

Nel modello, la quota del pelo libero nel canale Terramaini è stata considerata fissa e pertanto invariabile alla quota di massimo contenimento di 2.0 m slm. Conseguentemente, le portate allo sbocco dai collettori dipenderanno anche dalla quota del p.l. nel canale oltre che dal carico totale in condotta e l'efflusso sarà rigurgitato. In tale condizione, crescendo il livello nelle vasche di partizione che immettono nei collettori di avvicinamento si attiveranno i sifoni connessi allo scarico in corrispondenza di ciascuna area di laminazione.

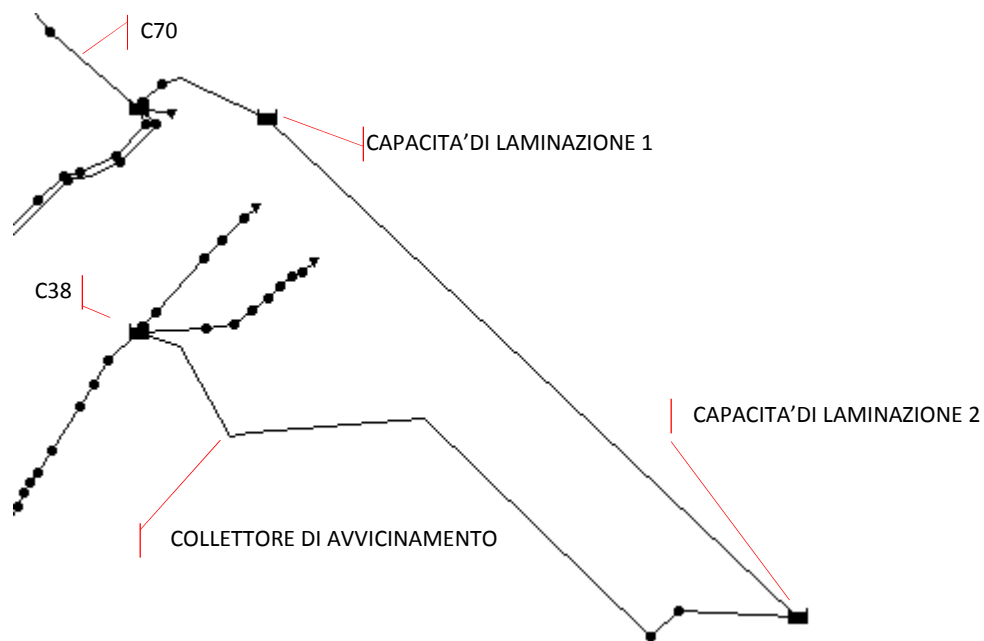


Figura 7.9 - Planimetria schematica del modello idraulico dello scenario 3

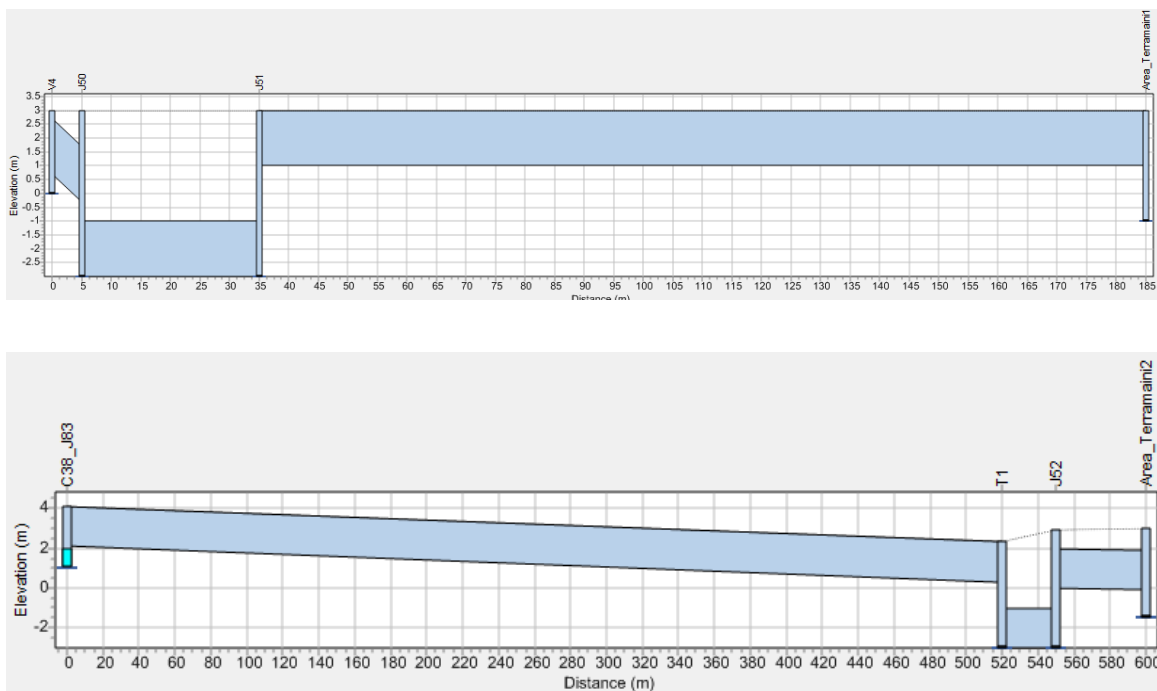


Figura 7.10 - Profili longitudinali dei sifoni e dei collettori di avvicinamento

## 8 Risultati dello studio idraulico

### 8.1 SCENARIO 1

Al termine della fase di definizione dei dati geometrici ed idraulici, il modello è compiutamente definito per quanto riguarda gli aspetti descrittivi, di consistenza e definizione delle sezioni idrauliche lungo l'intero percorso dei collettori. I risultati sono stati espressi in forma grafica e tabellare: sono indicate le quote di pelo libero della corrente e le quote piezometriche per i tratti in pressione. La quota indicata nei profili ha il medesimo riferimento che è stato adottato durante l'inserimento dei dati e pertanto trattasi di quote assolute. Questo dato rappresenta l'informazione che è stata trasferita nei profili di progetto delle tubazioni.

Nella tabella successiva sono consegnate le geometrie degli specchi utilizzati considerando 7 tronchi complessivi e le relative portate

Tabella 8.1 - Dimensionamento del collettore C70

Link	C70_44	C70_P01	C70_P03a	C70_P05	C70_P14
MAX Flow (LPS)	4321	6756	7645	12685	14595
SPECO B x h x t	PENTAGONALE 1.0x1.8x0.2	CIRCOLARE DN2000	CIRCOLARE DN2000	CIRCOLARE DN2000	RETTANGOLARE 4 x 2

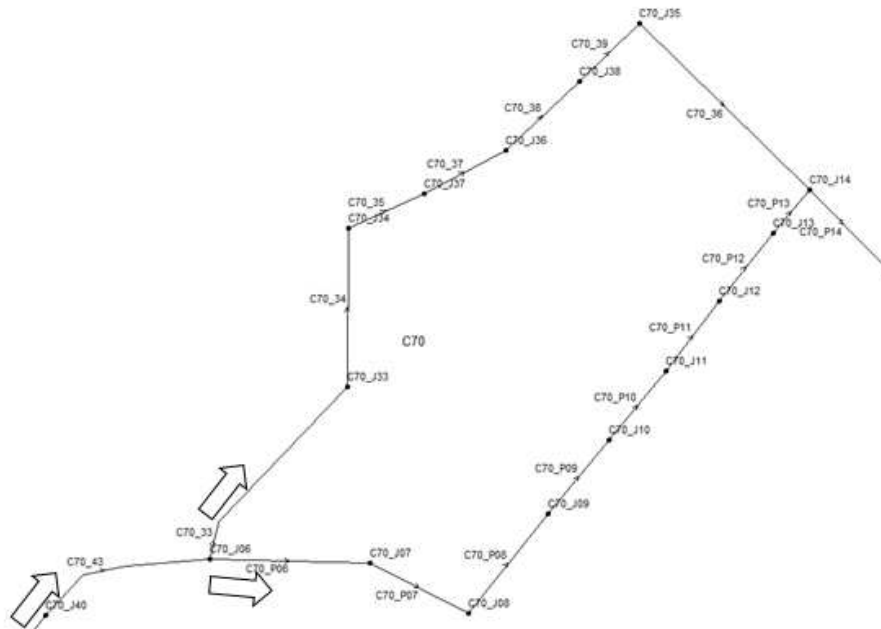


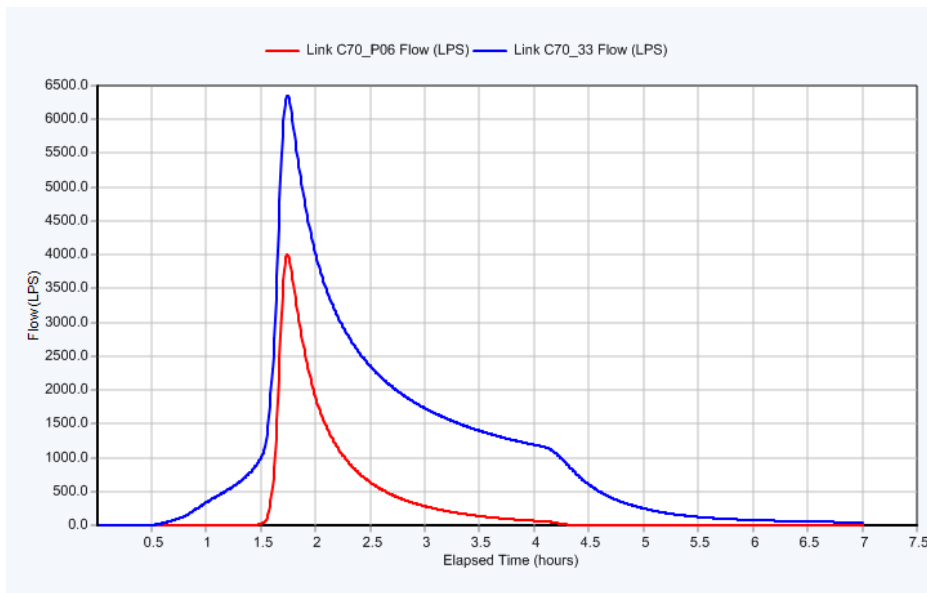
Figura 8.1 - Tratto di collettore C70 tra il nodo C70\_J06 e il nodo C70\_J14

Nella Figura 8.1 è invece evidenziato il sistema di diversione della portata in arrivo da monte dal tratto di via S. M. Goretti (v. freccia) che in corrispondenza del nodo C70\_J06 si ripartisce verso il nodo 33 per i deflussi ordinari anche agevolata dalla favorevole pendenza del condotto.

Nella Figura 8.2 sono consegnati gli idrogrammi relativi alle portate immesse nei tronchi a valle del partitore di portata presente al nodo C70\_J06 (Evento con tempo di ritorno di 20 anni).

La Tabella 8.2 mostra i risultati della simulazione idraulica relativa al collettore 70. Tra di essi si evidenzia come in relazione alle pendenze esistenti, alcune tratte del tratto esistente sono critiche in quanto possiedono velocità relativamente elevate in corrispondenza al colmo di piena che tuttavia appaiono compatibili con la sezione esistente.

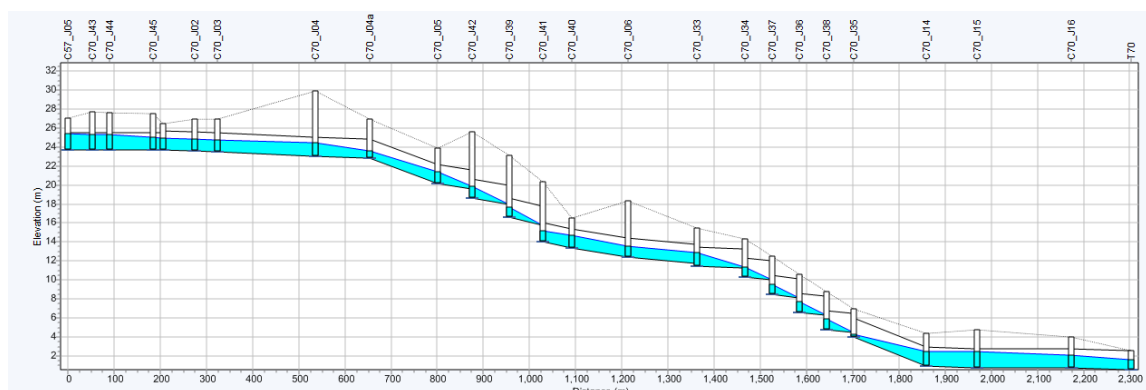
Gli elevati livelli di riempimento dei tronchi C70\_44-47 più a monte sono dettati dai vincoli altimetrici connessi alla presenza del rilievo e potranno essere migliorati in corso d'opera.



**Figura 8.2 - Andamento delle portate nel tronco 33 del C70 (via Segni) e nel tronco P06 (via Guttuso) per un evento con tempo di ritorno di 20 anni.**

**Tabella 8.2 – Caratteristiche della sezione idraulica di ciascun tratto del collettore 70**

TRONCO	SEZIONE	HxB o $\emptyset$	VEL (m/s)	CAPAC	NOTE
C70_44	RECT_CLOSED	1800x1000	2.3	100%	
C70_45	RECT_CLOSED	1800x1000	2.25	100%	
C70_46	RECT_CLOSED	1800x1000	2.32	97%	
C70_47	RECT_CLOSED	1800x1000	2.49	90%	
C70_P01	CIRCULAR	2000	2.34	78%	
C70_P02	CIRCULAR	2000	2.29	79%	
C70_P03	CIRCULAR	2000	2.14	79%	
C70_P03a	CIRCULAR	2000	3.26	60%	
C70_P04	CIRCULAR	2000	3.42	58%	
C70_P05	CIRCULAR	2000	4.18	74%	
C70_P06	CIRCULAR	1600	4.34	47%	Diversivo esistente
C70_P07	CIRCULAR	1600	4.6	45%	Diversivo esistente
C70_P08	CIRCULAR	1600	3.67	53%	Diversivo esistente
C70_P09	CIRCULAR	1600	3.71	53%	Diversivo esistente
C70_P10	CIRCULAR	1600	4.89	43%	Diversivo esistente
C70_P11	CIRCULAR	1600	4.79	51%	Diversivo esistente
C70_P12	CIRCULAR	1600	2.37	84%	Diversivo esistente
C70_P13	CIRCULAR	1600	1.96	99%	Diversivo esistente
C70_P14	RECT_CLOSED	2000x4000	1.84	82%	
C70_P14a	RECT_CLOSED	2000x4000	2.25	76%	
C70_P15	RECT_CLOSED	2000x4000	2.82	60%	



**Figura 8.3 – Collettore 70 - Profilo di corrente all'istante di maggior impiego delle sezioni di valle (Tr=20 anni)**

I risultati relativi al collettore 47' sono riportati di seguito: nella Tabella 8.4 si evidenzia la restrizione imposta dall'attraversamento ferroviario che implica il massimo impiego della sezione senza tuttavia ottenersi il completo riempimento. Nella figura successiva invece è consegnato l'andamento delle portate derivate dal nodo partitore configurato con la già descritta geometria il quale conferisce al collettore la portata massima di circa 11 mc/s per l'evento ventennale.

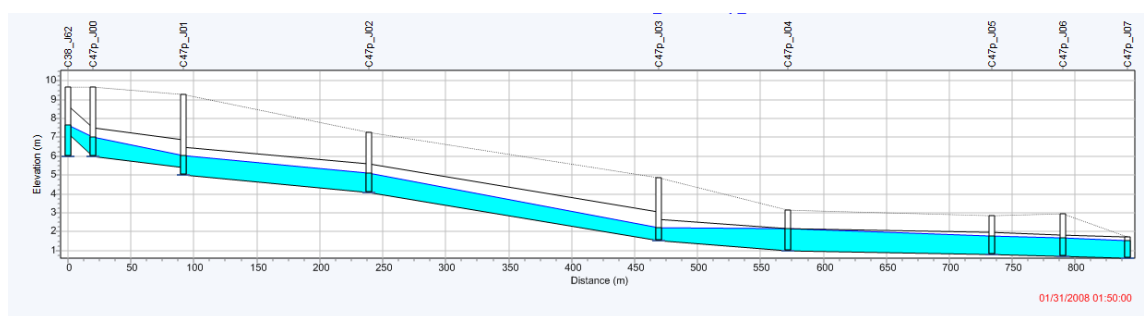
Nella tabella seguente sono consegnati i risultati relativi alla verifica idraulica della rete pluviale di Cagliari Pirri per l'evento con tempo di ritorno ventennale con indicazione delle portate defluenti e delle sezioni geometriche di verifica.

**Tabella 8.3 - Valori delle portate e caratteristiche delle sezioni geometriche dei collettori alle sezioni di confluenza (Tr=20 anni)**

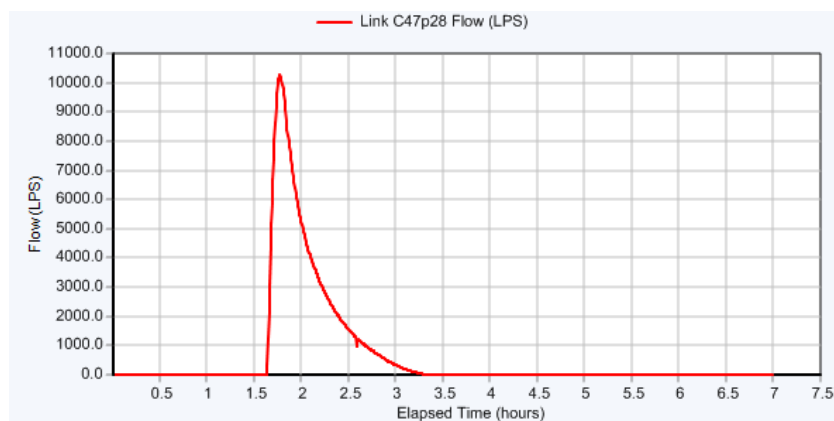
TRATTO	POZZETTO MONTE	POZZETTO VALLE	SEZIONE TIPO	ALTEZZA m	LARGH. m	FONDO m	PORTATA l/s
C38_P97	C38_J94	T38	RECT_CLOSED	1.75	6	0	8285
C38b_P86	C38_J83	84b	RECT_TRIANGULAR	1.5	2	0.24	5393
C38B_P92	89b	T38b	RECT_TRIANGULAR	1.5	2	0.24	5380
C39_P73	C39_J72	C38_J55	RECT_CLOSED	2	2.5	0	11901
C41_P60	C41_J60	C39_J40a	RECT_TRIANGULAR	2	2	0.2	2692
C42_P20	C121_4_J19a	C42_J02	RECT_TRIANGULAR	1.5	2	0.2	1555
C42_P45	C42_J25	C39_J63	RECT_TRIANGULAR	1.5	2	0.2	1516
C43_P38	C43_J38	C38_J62	RECT_TRIANGULAR	0.75	1.15	0.16	1089
C44_P23	C44_J22	C38_J60	EGG	0.9	0	0	1398
C47_P00	C38_J62	C47p_J00	RECT_CLOSED	1.5	2	0	10299
C56_P01b	C56_J02	J27	RECT_TRIANGULAR	1.6	1	0.2	2918
C56_P02	J28	J29	CIRCULAR	1	0	0	1065
C56_P03a	J29	J30	CIRCULAR	0.9	0	0	1065
C56_P04a	J30	J31	CIRCULAR	0.9	0	0	1064
C56_P05a	J31	C38_J42	CIRCULAR	0.9	0	0	1064
C56_P15	C56_J14	C38_J46a	EGG	1.05	0	0	830
C57_P17	C57_J17	C56_J02	RECT_TRIANGULAR	1	1.6	0.2	1698
C70_44	C57_J05	C70_J43	RECT_CLOSED	1.8	1	0	4136
C70_P15	C70_J16	T70	RECT_CLOSED	2	4	0	13603

**Tabella 8.4 – Caratteristiche della sezione idraulica di ciascun tratto del collettore 47**

TRONCO	SEZIONE	HxB o $\phi$	VEL (m/s)	CAPAC
C47_p00	RECT_CLOSED	1500x2000	6.38	55%
C47p28	RECT_CLOSED	1500x2000	4.8	71%
C47p21	RECT_CLOSED	1500x2000	4.6	75%
C47p22	RECT_CLOSED	1500x2000	5.72	60%
C47p23	RECT_CLOSED	1150x3500	3.4	81%
C47p24	RECT_CLOSED	1150x3500	2.8	95%
C47p25	RECT_CLOSED	1150x3500	2.93	88%
C47p26	RECT_CLOSED	1150x3500	3.02	85%



**Figura 8.4 – Collettore 47' - profilo di in condizioni di colmo per l'evento ventennale**



**Figura 8.5 - Portate defluenti nel collettore 47' provenienti dal nodo partitore (Tr=20 anni)**

Relativamente all'andamento della quota del p.l. nel canale Terramaini, nella Figura 8.6 si può osservare la situazione relativa all'evento con tempo di ritorno di 15 anni che determina una quota di colmo pari a circa 1.60 m slm.

Nella Figura 8.7 lo stesso andamento è proposto per l'evento pluviometrico del 2008 il quale possiede tempo di ritorno di circa 100 anni: dalla figura si osserva che per lo scenario considerato

la quota massima raggiunta dal p.l. nel canale è pari a circa 2.0 m slm, riproducendo in tal modo le critiche condizioni del canale osservate durante la mattinata del 22 ottobre 2008.

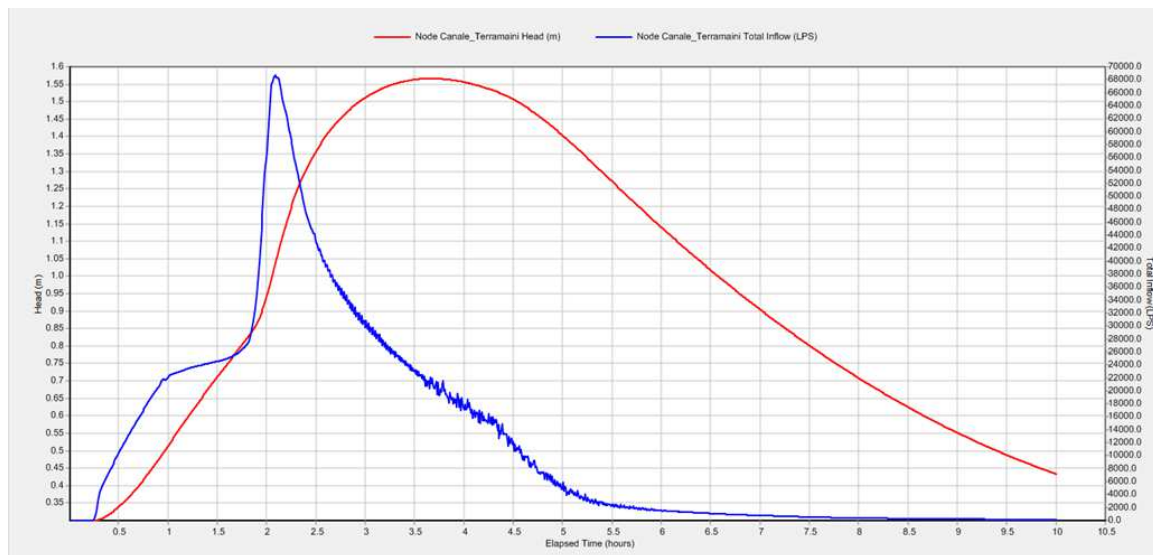


Figura 8.6 – Scenario 1: Idrogramma in arrivo al canale Terramaini e quota idriche corrispondenti (Tempo di ritorno 15 anni)

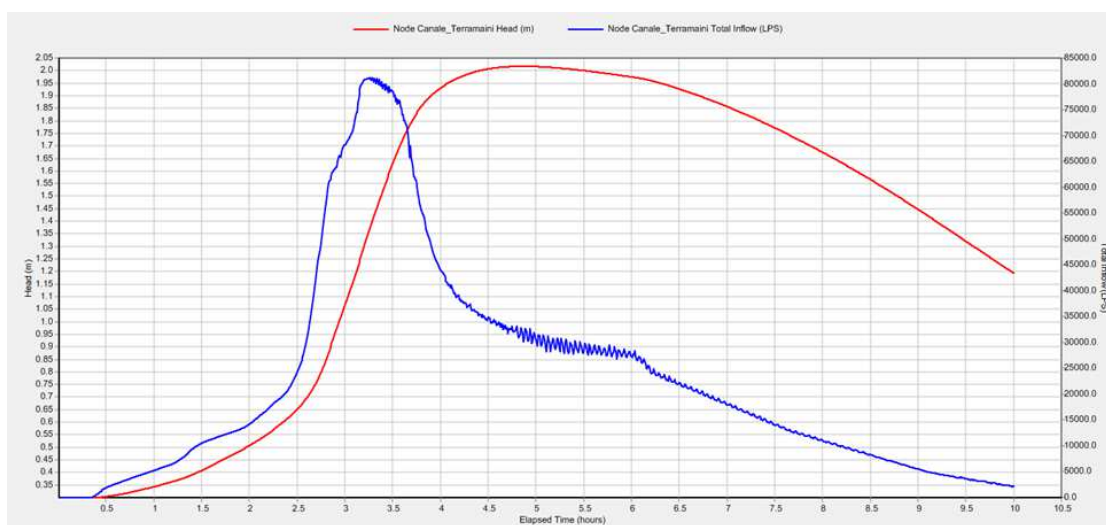


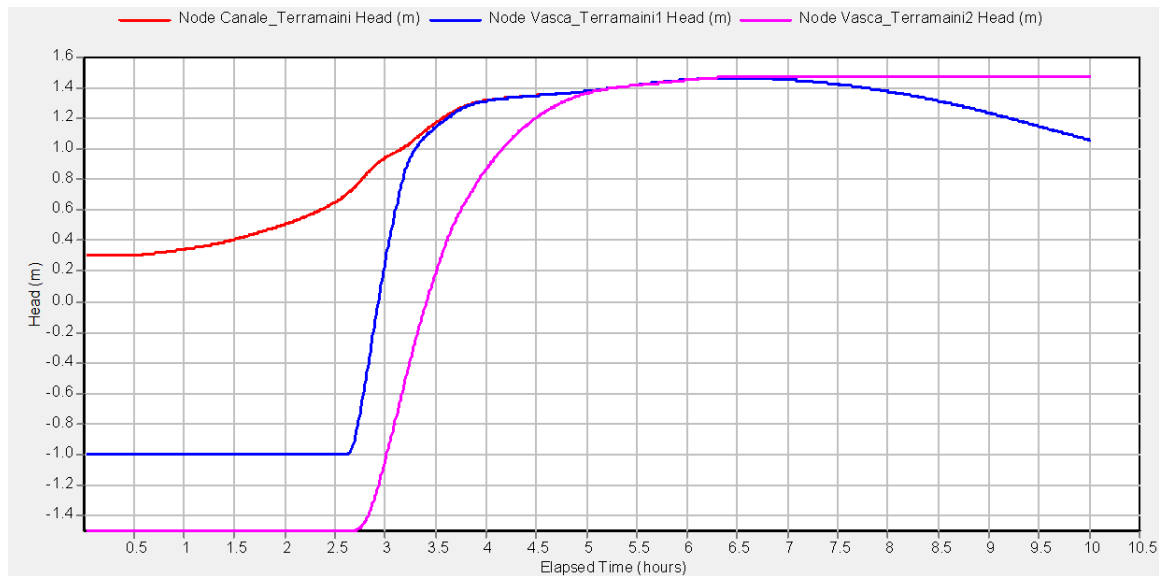
Figura 8.7 - Scenario 1: Afflusso al canale Terramaini e quote del pelo libero nella ricostruzione modellistica dell'evento del 2008

## 8.2 SCENARIO 2

Riguardo allo scenario che riproduce tra l'altro il sistema Saliu-Terramaini con le aree di laminazione attive, nel grafico di Figura 8.8 viene riproposto ancora la situazione relativa all'evento del 2008 con l'andamento del pelo libero nel canale e nelle due capacità di laminazione come descritte nei capitoli precedenti.



I risultati conseguiti nello scenario evidenziano l'effetto raggiunto mediante le aree di espansione che hanno determinato una riduzione della quota idrica nel canale di circa 60 cm ottenuta adottando una soglia sfiorante con quota di petto a .70 m slm.



**Figura 8.8 - Scenario 2: quote idriche nel canale Terramaini e nelle aree di laminazione nella simulazione idrologica e idraulica dell'evento del 2008**

Nella successiva Figura 8.9 sono invece riportati, sempre relativamente all'evento del 2008, l'andamento della portata che defluisce attraverso lo sfioratore laterale confrontato con l'andamento della quota idrica a monte (nel canale) e a valle (nella vasca di laminazione n.1)

### 8.3 SCENARIO 3

La modellazione idraulica dei sifoni ha messo in luce la relativa capacità funzionale del sifone n.1 a servizio dei collettori 47, 47' e 70 il quale consegna i volumi affluiti alla all'area di laminazione n.1 della quale nella figura seguente è consegnato l'andamento dell'invaso nelle prime 10 ore di simulazione idraulica.

Relativamente a quanto ottenuto dai risultati della modellazione preliminare, il sifone n.2 ha invece evidenziato una sostanziale inefficacia, con velocità di efflusso minimali ed entità dei volumi affluiti alla vasca n.2 molto bassi, verosimilmente in relazione alla limitatezza del carico idraulico disponibile nella vasca di calma lungo il collettore 38 a monte del collettore di avvicinamento al sifone.

L'efflusso avviene pertanto ancora allo scarico nel canale Terramaini, seppur gravemente condizionato dal rigurgito determinato dalla condizione al contorno di piena che permane nel canale.

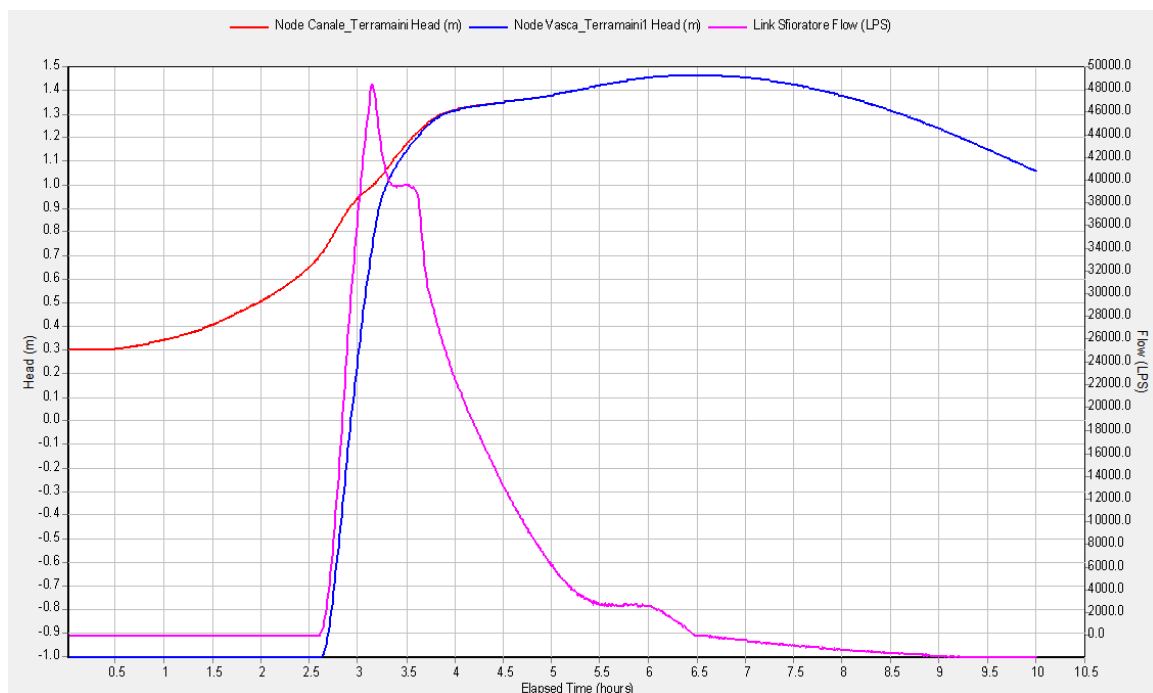


Figura 8.9 - Scenario 2: Quota idrica nel canale Terramaini e nell'area di laminazione 1 con andamento della portata defluente dallo sfiatore laterale durante l'evento pluviometrico del 2008

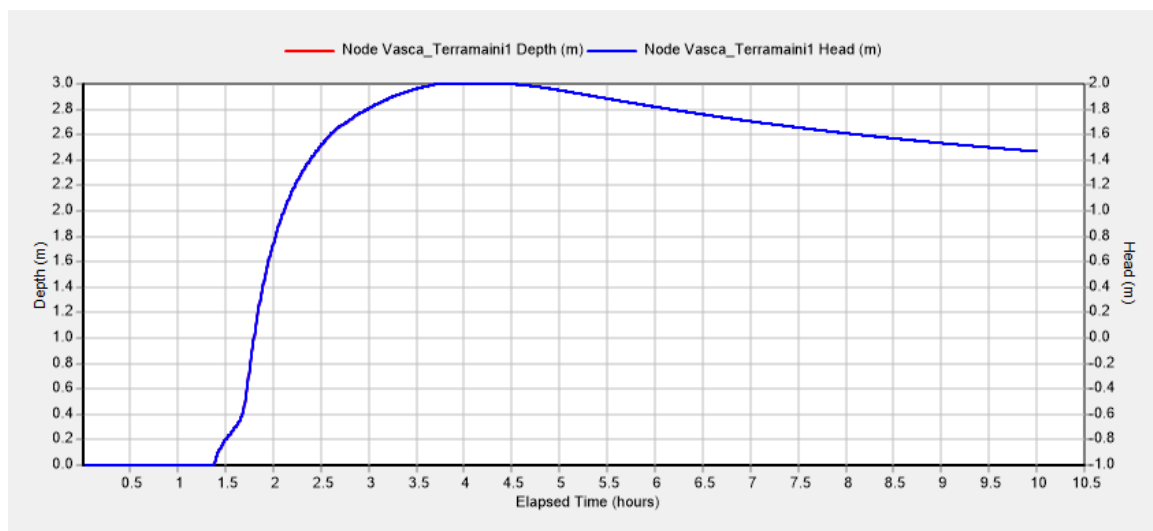


Figura 8.10-Scenario 3: andamento della quota del pelo libero nell'area di laminazione n.1 (Tr=20 anni)