

COMUNE DI SIMAXIS



LOTTIZZAZIONE COZZOLINO E PIU'



PROGETTISTA:

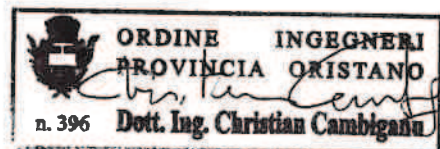
INGG. STUDIO 2
ING. USELLI FRANCESCO
VIA LIGURIA 22 - ORISTANO (OR)

PROFESSIONISTI:

ING. CAMBIGANU CHRISTIAN
GEOL. MACCIONI LUIGI

OGGETTO:

STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA E
DI INVARIANZA IDRAULICA



REVISIONE:

REV_00

DATA:

APRILE 2021

COMUNE DI SIMAXIS



LOTTIZZAZIONE COZZOLINO E PIU'



PROGETTISTA:

INGG. STUDIO 2
ING. USELLI FRANCESCO
VIA LIGURIA 22 - ORISTANO (OR)

PROFESSIONISTI:

ING. CAMBIGANU CHRISTIAN
GEOL. MACCIONI LUIGI

OGGETTO:

STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA E
DI INVARIANZA IDRAULICA

REVISIONE:

REV_00

DATA:

APRILE 2021

Sommario

Premessa.....	3
PARTE PRIMA	5
1. Inquadramento degli interventi previsti	5
1.1 Inquadramento geografico	5
1.2 Inquadramento cartografico	5
1.3 Inquadramento PAI	6
1.4 Inquadramento PSFF.....	8
1.5 Inquadramento adeguamento del PUC al PAI	9
1.6 Inquadramento PGRA.....	10
2. Proposta progettuale	12
3. Definizione dell'idrografia superficiale	14
4. Studio geologico	15
5. Studio idrologico	16
6. Studio idraulico	18
5.1 Definizione del modello.....	18
5.2 Risultanze dello studio	19
5.3 Aree inondabili	20
7. Compatibilità degli interventi	22
PARTE SECONDA.....	24
1. Classe di intervento.....	24
2. Studio idrologico	26
2.1 CN – Stato attuale.....	26
2.2 CN – Stato di progetto	27
2.3 Calcolo dello ietogramma di progetto	29
2.4 Stima dell'idrogramma di piena	33
3. Dimensionamento del sistema di accumulo.....	35
3.1 Capacità di smaltimento del recettore	35
3.2 Misure di compensazione	36

Premessa

Il presente studio è parte integrante del progetto relativo al piano di lottizzazione sito nel comune di Simaxis, in provincia di Oristano, denominato “ PIANO DI LOTTIZZAZIONE COZZOLINO E PIU’ “.

La relazione si compone di due parti.

La prima parte ha lo scopo di verificare la compatibilità idraulica degli interventi sulla base delle prescrizioni delle Norme di Attuazione del P.A.I. della Regione Sardegna (Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino unico della Sardegna) e in particolare ai sensi dell'articolo 8 comma 1, secondo cui:

Conformemente a quanto disposto nell'articolo 6, comma 2, nel quadro di una attività continua di verifica, già all'avvio degli studi o delle istruttorie preliminari devono essere resi compatibili con il PAI, con le sue varianti adottate e con le sue norme di attuazione tutti gli atti di pianificazione, di concessione, autorizzazione, nulla osta ed equivalenti di competenza di Province, Comuni, Comunità montane ed altre pubbliche amministrazioni dell'ordinamento regionale della Sardegna relativi ad aree perimetrare con pericolosità idrogeologica.

Nella seconda parte della presente relazione vengono esposte le indagini, gli studi condotti e i risultati della verifica di “invarianza idraulica”.

Un piano di lottizzazione comporta, infatti, l'impermeabilizzazione di una parte della superficie del terreno in seguito alla realizzazione di nuove opere, con conseguente diminuzione del tempo di risposta del bacino interessato ed aumento della portata defluente nella rete d'evacuazione, con il rischio di aumentare la frequenza degli eventi critici su tutta l'area, a meno di interventi compensativi di tipo idraulico. L'articolo 47 delle Norme di Attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Sardegna recita testualmente:

- 1. Per invarianza idraulica si intende il principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei recettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione.*
- 2. I comuni in sede di redazione degli strumenti urbanistici generali o di loro varianti generali e in sede di redazione degli strumenti urbanistici attuativi, stabiliscono che le trasformazioni dell'uso del suolo rispettino il principio dell'invarianza idraulica.*
- 3. Gli strumenti urbanistici generali ed attuativi individuano e definiscono le infrastrutture necessarie per soddisfare il principio dell'invarianza idraulica per gli ambiti di nuova trasformazione e disciplinano le modalità per il suo conseguimento, anche mediante la realizzazione di vasche di laminazione.*

- 4. Sono fatte salve eventuali normative già adottate dai comuni per l'applicazione del principio dell'invarianza idraulica.*
- 5. La Regione approva normative specifiche con l'obiettivo di incentivare il perseguimento del principio della invarianza idraulica anche per i contesti edificati esistenti.*
- 6. Gli studi redatti in attuazione dei precedenti commi sono approvati dal Comune competente per territorio che è tenuto, inoltre, a vigilare sull'effettiva attuazione degli interventi atti a garantire il rispetto del principio dell'invarianza idraulica a seguito della trasformazione dei luoghi.*

Data l'importanza dell'argomento, l'Agenzia del Distretto Idrografico della Regione Sardegna (ADIS) ha pubblicato le "Linee Guida e indirizzi operativi per l'attuazione del principio della invarianza idraulica di cui all'articolo 47 delle NTA del PAI" con deliberazione n.2 del 17.05.2017 del Comitato Istituzionale della suddetta Agenzia.

Il presente studio si basa, quindi, sulle indicazioni date dalla normativa in vigore e dalle relative linee guida appena citate.

PARTE PRIMA

1. Inquadramento degli interventi previsti

1.1 Inquadramento geografico

Gli interventi previsti consistono nella realizzazione di un Piano di Lottizzazione ricadente in Zona C2 del Comune di Simaxis, compreso tra via Mameli e via Tuveri, a sud della SS 338 che corre all'interno dell'abitato.

Nella figura seguente si riporta uno stralcio dell'ortofoto con sovrapposti i confini del lotto sul quale si intende operare:



Figura 1 – Ortofoto con il confine dell'area di intervento in rosso

1.2 Inquadramento cartografico

L'intero territorio nazionale è stato cartografato sotto forma di Carta Tecnica Regionale a scala 1:10.000.

L'area di interesse ricade all'interno del foglio n°529 sezione 050.

Da un punto di vista catastale la lottizzazione ricade nei mappali 4773, 4768 e 4771 del foglio 5 di Simaxis.

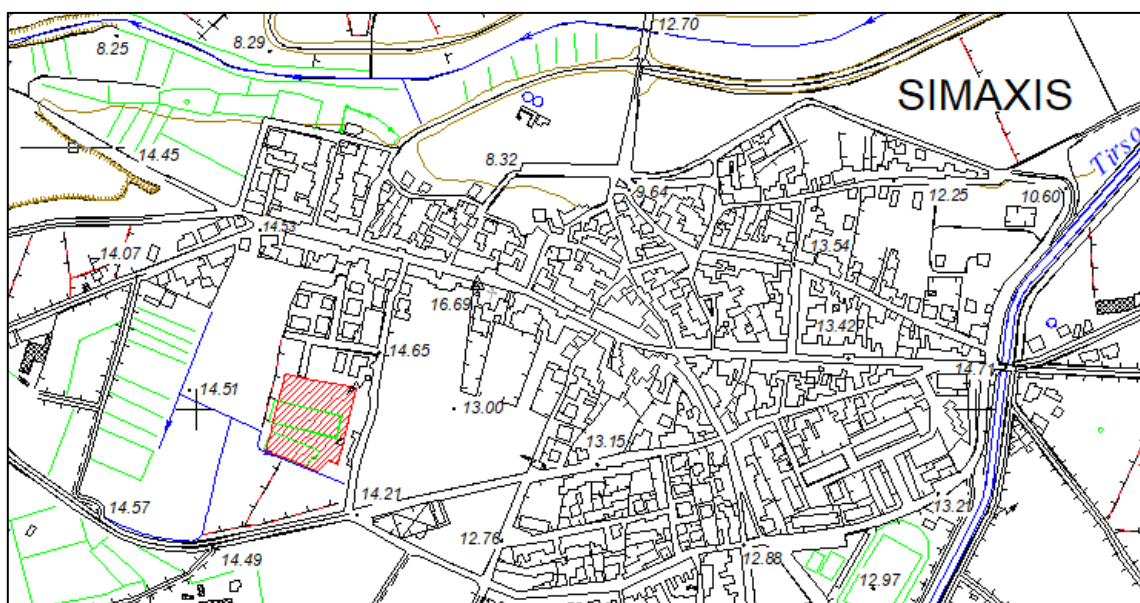


Figura 2 - Stralcio CTR sezione 529050 - in rosso la lottizzazione

1.3 Inquadramento PAI

Ai fini della difesa, della salvaguardia e del corretto sfruttamento del territorio, il PAI costituisce il documento di sintesi delle azioni promulgate dalla Pubblica Amministrazione (ai diversi livelli) e dagli Enti competenti nell'ambito della prevenzione del rischio idrogeologico. A tal proposito, si riporta brevemente il contesto normativo alla base della redazione dello stesso:

- Legge 18.5.1989, n. 183, "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo";
- Decreto Legge 11.6.1998, n. 180, "Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania", convertito con modificazioni dalla Legge 3.8.1998, n. 267;
- Decreto Legge 12.10.2000, n. 279, "Interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato e in materia di protezione civile, nonché a favore di zone colpite da calamità naturali", convertito con modificazioni dalla legge 11.12.2000, n. 365;
- D.P.C.M. 29 settembre 1998, "Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180";
- Legge della Regione Sardegna 22.12.1989, n. 45, "Norme per l'uso e la tutela del territorio regionale", e successive modifiche e integrazioni, tra cui quelle della legge regionale 15.2.1996, n.9;
- altre disposizioni normative.

Nelle aree di pericolosità idraulica e di pericolosità da frana il PAI ha le finalità di garantire adeguati livelli di sicurezza di fronte al verificarsi di eventi idrogeologici e tutelare quindi le attività umane, i beni economici ed il patrimonio ambientale e culturale esposti a potenziali danni.

Inoltre, il PAI è lo strumento attraverso il quale si deve:

- inibire le attività ed interventi capaci di ostacolare il processo verso un adeguato assetto idrogeologico e contrastare l'aumento delle situazioni di pericolo e delle condizioni di rischio idrogeologico esistenti;
- costituire le condizioni di base per avviare azioni di riqualificazione degli ambienti fluviali e di riqualificazione naturalistica o strutturale dei versanti in dissesto;
- evitare la creazione di nuove situazioni di rischio, rendendo compatibili gli usi attuali o programmati del territorio e delle risorse con le situazioni di pericolosità idraulica e da frana individuate.

Sulla scorta di quanto sopra, nel PAI sono riportati gli elementi per l'individuazione e la delimitazione delle aree con pericolosità idraulica e con pericolosità da frana ai diversi livelli, gli elementi per la rilevazione degli insediamenti, dei beni, degli interessi e delle attività vulnerabili nelle aree pericolose, e gli elementi per l'individuazione e la delimitazione delle aree a rischio idraulico e a rischio da frana ai diversi livelli.

Le Norme di Attuazione del PAI sono orientate sia verso la disciplina di politiche di prevenzione nelle aree di pericolosità idrogeologica allo scopo di bloccare la nascita di nuove situazioni di rischio, sia verso la disciplina del controllo delle situazioni di rischio esistenti nelle stesse aree pericolose allo scopo di non consentire l'incremento del rischio specifico, fino all'eliminazione o alla riduzione delle condizioni di rischio attuali.

L'area di intervento ricade all'interno del bacino 02_Tirso.

Sulla base dello shapefile fornito dalla Regione Sardegna delle aree di pericolosità vigenti ai sensi del PGRA, si sono sovrapposte quelle definite in ambito PAI con l'ortofoto e con gli interventi previsti.

Come si può osservare in figura 3, la lottizzazione ricade all'esterno delle fasce di perimetrazione del P.A.I.



Figura 3 - Sovrapposizione aree di pericolosità PAI su ortofoto

1.4 Inquadramento PSFF

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) è stato redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 della legge 19 maggio 1989 n. 183, quale Piano Stralcio del Piano di Bacino Regionale. Il PSFF trova specificazione nella direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni e nel Decreto Legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 che recepisce tale direttiva.

Il P.S.F.F. ha valore di Piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale vengono pianificate le azioni e le norme d'uso riguardanti le fasce fluviali. Inoltre, costituisce un approfondimento ed una integrazione necessaria al Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) in quanto è lo strumento per la delimitazione delle regioni fluviali funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (ai fini insediativi, agricoli ed industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali. Per quanto riguarda le procedure di approvazione, si fa riferimento alla delibera n. 2 del 17.12.2015, che ha adottato in via definitiva il Progetto di Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, per tutto il territorio regionale con l'individuazione di nuove aree di pericolosità idraulica e la modifica di altre precedentemente identificate dal PAI.

Per quanto concerne gli elementi areali il Piano individua le cosiddette fasce fluviali, dette anche aree di pertinenza fluviale, che identificano quelle aree limitrofe all'alveo inciso occupate nel tempo dalla naturale espansione delle piene, dallo sviluppo morfologico del corso d'acqua, dalla presenza di ecosistemi caratteristici degli ambienti fluviali.

L'area di interesse è ricompresa all'interno del sub-bacino 02_Tirso e più in particolare, come si evince dall'elaborato 2_1_3_3-CartaFasce, si trova a cavallo del sottobacino 01-Tirso e 23-Minori tra il Flumini Mannu di Pabillonis ed il Tirso.

Sulla base dello shapefile fornito dalla Regione Sardegna delle aree di pericolosità vigenti ai sensi del PGRA, si sono sovrapposte le aree di pericolosità idraulica definite in ambito PSFF (utilizzando per uniformità gli standard di RGB del PAI) con l'ortofoto e con gli interventi previsti.

Come si può osservare, l'area ricade all'esterno delle fasce di pericolosità P.S.F.F.



Figura 4 - Sovrapposizione aree di pericolosità PSFF su ortofoto

1.5 Inquadramento adeguamento del PUC al PAI

L'articolo 8 comma 2, 2bis e 2 ter delle Norme Tecniche d'Attuazione del PAI (aggiornate al 06.2020) stabilisce che, indipendentemente dall'esistenza di aree perimetrate dal PAI, in sede di adozione di nuovi strumenti urbanistici anche di livello attuativo e di varianti generali agli strumenti urbanistici vigenti i Comuni - tenuto conto delle prescrizioni contenute nei piani urbanistici provinciali e nel piano paesistico

regionale relativamente a difesa del suolo, assetto idrogeologico, riduzione della pericolosità e del rischio idrogeologico - assumono e valutano le indicazioni di appositi studi di compatibilità idraulica e geologica e geotecnica, predisposti in osservanza dei successivi articoli 24 e 25, riferiti a tutto il territorio comunale o alle sole aree interessate dagli atti proposti all'adozione. Le conseguenti valutazioni comunali, poste a corredo degli atti di piano costituiscono oggetto delle verifiche di coerenza di cui all'articolo 32 commi 3, 5, della legge regionale 22.4.2002, n. 7 (legge finanziaria 2002).

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

Il Comune di Simaxis ha provveduto a redigere lo studio di compatibilità idraulica, geologica e geotecnica per l'adeguamento del proprio PUC al PAI ai sensi dell'articolo 8 comma 2 delle NA del PAI medesimo. Tale studio è stato adottato con deliberazione del Consiglio Comunale n.22 del 11.07.2019 e approvato in via preliminare dall'Agenzia del Distretto Idrografico della Regione Sardegna con delibera del Comitato Istituzionale n.5 del 23/10/2020.

L'area oggetto di indagine ricade nella fascia di pericolosità Hi1.



Figura 5 - Sovrapposizione aree di pericolosità ex art.8 c.2 su ortofoto

1.6 Inquadramento PGRA

In attuazione delle previsioni dell'art. 7 del D.Lgs. 49/2010 e dell'art. 13 del D.Lgs. 152/2006, con la Deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna n. 1 del

30.07.2015 è stata adottata la “Proposta di Piano di gestione del rischio di alluvioni” (di qui in poi PGRA) e la relativa documentazione per la Valutazione Ambientale Strategica, comprendente il Rapporto Ambientale, la Sintesi non tecnica e la Valutazione di incidenza ambientale.

Con successiva Deliberazione del Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino della Regione Sardegna n. 2 del 30.07.2015 è stata approvata la proposta di variante al PAI costituita dall’integrazione del Titolo V alle N.A del PAI recante “Norme in materia di coordinamento tra il PAI e il Piano di Gestione del rischio di alluvioni (PGRA)” così come riportato nell’allegato A della suddetta deliberazione.

Le quattro classi di legenda utilizzate negli strumenti di pianificazione succitati (PAI, PSFF, studi ex art. 8 c.2 PAI e aree Cleopatra) sono state ricondotte alle tre classi individuate dal D.Lgs. 49/2010:

P3 – Classe di pericolosità elevata, per eventi con tempo di ritorno minori o uguali a 50 anni;

P2 – Classe di pericolosità media, per eventi con tempo di ritorno compresi tra 50 e 200 anni;

P1 – Classe di pericolosità bassa, per eventi con tempo di ritorno compresi tra 200 e 500 anni.

In figura 6 viene riportata la perimetrazione del PGRA su ortofoto. Si può osservare che, in accordo con il PAI e il PSFF, la lottizzazione ricade al di fuori delle fasce di pericolosità.



Figura 6 - Sovrapposizione aree di pericolosità PGRA su ortofoto

2. Proposta progettuale

L'area di intervento, della superficie di 9'979 m², presenta condizioni piano altimetriche del terreno omogenee.

L'impostazione data dal progettista tende a formare un insieme omogeneo di spazi e percorsi, avendo come fine la riqualificazione dell'intera area, che conterrà al suo interno un mix di residenze e servizi, tale da garantirne la vitalità nonostante la posizione esterna rispetto al centro del paese.

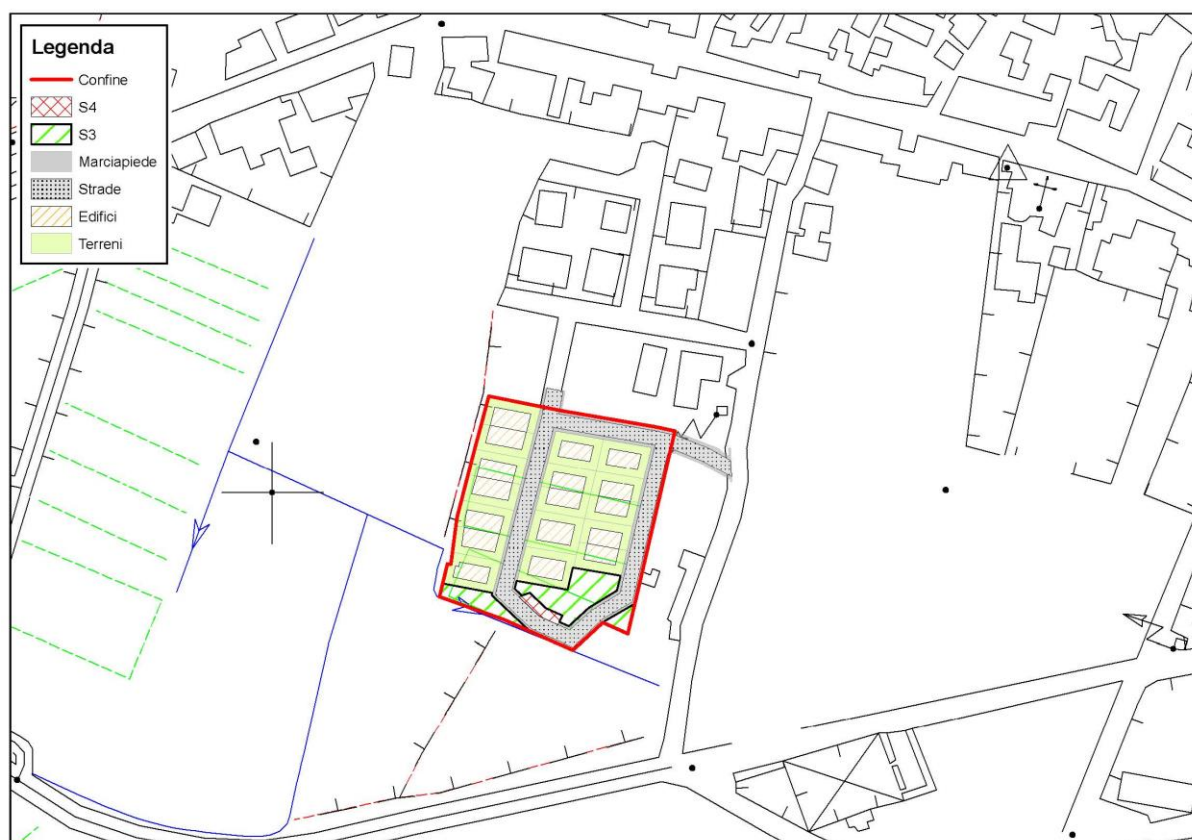


Figura 7 – Planimetria del progetto

Come si evince dalla relazione generale, il Piano di Lottizzazione proposto, tenendo conto anche delle volumetrie esistenti, prevede una suddivisione dei volumi realizzabili secondo le seguenti percentuali:

- A. 70% per volumetria residenziale
- B. 20% per volumetria non residenziale
- C. 10% per volumetria per urbanizzazione secondaria

Si riportano i calcoli planovolumetrici esposti nella suddetta relazione.

SUPERFICIE TERRITORIALE REALE

St = 9'979 mq

INDICE TERRITORIALE

It = 1 mc/mq

VMAX REALIZZABILE $9'979,00 \times 1,0 = 9'979$ mc di cui:

A) 70% per volumi residenziali = 6'985,30 mc

B) 20% per volumetrie non residenziali = 1'995,80 mc

C) 10% per volumetria riservata al Comune (servizi) = 997'90 mc

Nell'elaborato grafico "PLANIVOLUMETRICO" vengono riportati i parametri costitutivi del presente

Piano di Lottizzazione

VMAX CONSENTITO 8'722,36 mc

VMAX DEL PIANO 8'722,03 mc

VOL. RESIDENZIALE 6'783,82 mc < (A)

VOL. NON RESIDENZIALE 1'938,21 mc < (B)

Nell'elaborato Planivolumetrico vengono indicati i vari lotti con la rispettiva potenzialità volumetrica di realizzazione.

Nell'elaborato sopracitato, vengono riportate retinate le future volumetrie interne ai lotti, al solo scopo di individuare la futura dislocazione delle nuove volumetrie che dovranno essere posizionate internamente a tali zone retinate, lasciando libero ciascun progettista di posizionare le costruzioni in tale zona retinata, e ponendo come vincolo la distanza dai confini reali e le altezze.

Di seguito si riporta uno schema riepilogativo relativo all'utilizzo delle superfici:

Tipologia	Area [mq]
Nuovo edificato residenziale	2'454,38
Verde privato	3'360,53
Viabilità interna (strade e marciapiedi)	2'971,59
S3	1'086,61
S4	105,89

Tabella 1 - Utilizzo del suolo all'interno della lottizzazione

3. Definizione dell'idrografia superficiale

Sulla base di quanto esposto nella Deliberazione del C.I. dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna n.3 del 30/07/2015, all'art 1 si dice che *"per le finalità di applicazione delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI e delle relative Direttive, di identificare quale reticolo idrografico di riferimento per l'intero territorio regionale l'insieme degli elementi idrici contenuti nell'ultimo aggiornamento dello strato informativo 04_ELEMENTO_IDRICO.shp del DGBT_10k_Versione 0.1 (Data Base Geo Topografico 1:10.000), da integrare con gli ulteriori elementi idrici eventualmente rappresentati nella cartografia dell'Istituto Geografico Militare (IGM), Carta topografica d'Italia-serie 25V edita per la Sardegna dal 1958 al 1965"*.

Sulla scorta di tale deliberazione, è stata quindi definita l'idrografia dell'area in esame la quale risulta ricompresa all'interno del bacino del fiume Tirso, e più in particolare al di là dell'argine in sinistra idraulica del fiume Tirso medesimo.

In quest'area è presente una rete di canali di bonifica di scarsa importanza ai fini della valutazione della pericolosità idraulica e comunque distanti dai confini della lottizzazione.

In figura 8 si riporta uno stralcio dell'ortofoto con segnalati i dreni minori individuati in ambito dello studio di adeguamento del PUC al PAI e i corsi d'acqua più rilevanti, quali il Tirso e il suo affluente in sinistra, il Rio Sant'Elena.



Figura 8 - Idrografia superficiale nell'area di interesse

4. Studio geologico

L'area interessata dall'intervento progettuale ricade nella fossa tettonica del Campidano colmata da una potente coltre alluvionale caratterizzata da una sequenza depositi alluvionali ciottolosi del Pleistocene a matrice variabile da argillosa ad argillo-sabbiosa o sabbiosa. Possono essere altresì presenti livelli sabbiosi con debole percentuale di ghiaie.

Il contesto geologico nel quale ricade la lottizzazione è caratterizzato da depositi alluvionali subrecenti olocenici lungo le valli percorse dai corsi d'acqua attivi e da depositi alluvionali terrazzati pleistocenici giacente a quote più elevate.

L'area di intervento ricade su questi ultimi depositi costituiti da ghiaie medio fini a matrice sabbio-limosa. La coltre più superficiale è occupata da suolo agrario dal drenaggio da moderato a lento.

Indagini geognostiche eseguite in fase di progettazione hanno permesso di rilevare la presenza di sedimenti sottili costituiti da sabbie limo argillose debolmente ghiaiose in percentuali variabili mediante comprimibili sino ad una profondità variabile da -0,60 m a -1,00 m dal piano campagna. Oltre tale profondità il terreno mostra un progressivo incremento della frazione granulometrica sabbiosa e ghiaiosa, con una matrice limo argillosa di elevata plasticità.

Nel corso delle indagini geognostiche non è stata individuata la presenza di circolazione idrica subsuperficiale.

La morfologia dell'area è pianeggiante con pendenze inferiori all'1%, si presenta e non presenta alcun livello di pericolosità geologico e geomorfologico.

Pertanto, dal punto di vista geologico l'intervento in progetto è pienamente compatibile.

5. Studio idrologico

Le fasce di pericolosità idraulica più elevate, viste al paragrafo 1, sono quelle relative alla piena del rio Sant'Elena, affluente in sinistra idraulica del fiume Tirso che scorre appena a nord del centro abitato di Simaxis, per cui ci si limiterà a descrivere lo studio idrologico e idraulico condotto nello studio di adeguamento del PUC al PAI del citato comune di Simaxis.

Il bacino del Rio Sant'Elena si estende per una superficie di poco inferiore ai 120 km², andando ad interessare oltre che il territorio comunale di Simaxis anche i comuni di Usellus, Mogorella, Villaurbana, Sciamanna, Siapiccia e Ollastra.

Il bacino è orientato in direzione sud-nord, con quote che variano tra i 650 m nel versante che confina con i monti di Allai, sino ai 450 m s.l.m. nel versante sud nelle aree all'interno del comune di Usellus e Villaverde. All'interno del territorio comunale di Simaxis, il bacino tende progressivamente ad assumere una conformazione pianeggiante, con pendenze estremamente basse.

Analoga condizione caratterizza anche il reticolo idrografico e l'asta principale del bacino, a valle del limite amministrativo il campo delle pendenze tende ad assumere valori decisamente più bassi. Progressivamente, mentre ci si avvicina al punto di immissione con il Tirso, il reticolo idrografico si incrocia con il sistema drenante di bonifica.

Di seguito si riportano le principali caratteristiche geomorfologiche del bacino del rio Sant'Elena in prossimità dell'immissione nel fiume Tirso.

Area bacino	Quota massima	Quota media	Quota minima	Pendenza media del bacino	Lunghezza asta	Pendenza asta
km ²	m s.l.m.	m s.l.m.	m s.l.m.	m/m	km	m/m
118,9	670,1	191,0	7,8	0,17	27,16	0,01

Tabella 2 - Parametri geomorfologici Rio Sant'Elena

Al fine di definire le portate di progetto è necessario utilizzare un modello afflussi-deflussi a partire dai dati storici delle precipitazioni, ovvero usare un metodo indiretto.

Nello studio di compatibilità idraulica del Comune di Simaxis è stato utilizzato, conformemente a quanto previsto dalle Linee Guida del P.A.I., il modello TCEV (Two Component Extreme Value) per la stima delle precipitazioni di progetto. .

Gli apporti meteorici così definiti non contribuiscono totalmente alla formazione delle piene per via della naturale capacità del terreno di immagazzinare acqua per infiltrazione nonché dell'intercezione operata dalla vegetazione presente. Tale aspetto, rappresentato dal coefficiente di deflusso, può essere quantificato attraverso il metodo CN del Soil Conservation Service.

Tutto ciò premesso, di seguito si riportano i valori riportati nel citato studio di riferimento utili per il calcolo delle precipitazioni di progetto:

Tempo di corrivazione	CN (III)	SZO	Pioggia indice hg	Ragguaglio areale
ore			mm	
4,9	90	1	46,3	0,89

Tabella 3 - Elementi per il modello afflussi-deflussi

Sulla scorta di quanto sopra è possibile quindi definire le precipitazioni di progetto per i 4 tempi di ritorno di riferimento (50, 100, 200 e 500 anni) e calcolare le relative portate di progetto mediante la formula razionale secondo cui

$$Q = r \frac{h_{netta} \cdot A}{t_c}$$

In tabella 4 si riportano i risultati.

Tempo di ritorno	Altezza di precipitazione	Pioggia netta ragguagliata	Portata al colmo
anni	mm	mm	m ³ /s
50	69,48	45,06	305,66
100	78,92	53,06	359,97
200	88,30	61,06	414,24
500	100,59	71,62	485,88

Tabella 4 – Valori tratti dallo studio di compatibilità idraulica del comune di Simaxis

6. Studio idraulico

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

Lo scenario degli allagamenti all'interno del Rio Sant'Elena è stato individuato attraverso la modellazione idraulica di 5 elementi idrografici: il Rio Sant'Elena stesso, i suoi due affluenti in sponda destra (individuato sul Geodatabase come Canale Collettore di Bonifica Zona 1 e Riu Corrias) e i due affluenti in sponda sinistra (Compl_Cea_Arranas e Compluvio Stazione Simaxis).

5.1 Definizione del modello

L'analisi idraulica è stata condotta utilizzando il modello numerico di HEC-RAS che consente il calcolo dell'andamento dei profili della corrente in moto permanente gradualmente variato o in moto vario in alveo naturali o canali artificiali includendo anche la valutazione degli effetti sulla corrente dovuti all'interazione con ponti, tombinature, briglie, stramazzi, aree golenali etc.

La modellazione idraulica è stata condotta in condizioni di moto permanente imponendo come condizioni da monte le portate definite al punto 4 ai vari tempi di ritorno.

Aspetto fondamentale nella modellazione è la generazione della geometria del tracciato sia in termini di andamento planialtimetrico sia relativamente alle strutture presenti. Per far ciò, la geometria del tratto è stata definita sulla base del rilievo topografico appositamente realizzato per la redazione del Piano Stralcio Fasce Fluviali e del rilievo LIDAR 2008 con passo 1m laddove disponibile, ovvero con passo 10m altrove.

Quindi, una volta definita la base planialtimetrica, sono state inserite le infrastrutture presenti lungo il tracciato quali attraversamenti ferroviari, ponti stradali e ponti tubo. Inoltre, sono stati individuati lungo lo sviluppo trasversale delle sezioni le arginature mediante il comando levees.

Per la definizione del profilo idraulico, è necessario calibrare adeguatamente anche il parametro di scabrezza (coefficiente di Manning n), il quale è stato calcolato utilizzando una metodologia di dettaglio in modo da differenziare le caratteristiche delle singole porzioni di ogni sezione trasversale sulla base dei risultati delle attività di campo.

Una volta definita la geometria si devono definire le condizioni al contorno del moto. HEC-RAS prevede tre diversi tipi di corrente (lenta, veloce, mista) a seconda della quale cambiano le condizioni da imporre.

5.2 Risultanze dello studio

Dalla modellazione idraulica emerge una diffusa insufficienza delle sezioni idrauliche; nel dettaglio, si può evidenziare quanto segue.

Si osserva un'insufficienza che determina larghezze del fronte di allagamento comprese tra i 350 m e i 400 m; tale fronte tende ad incrementarsi già dopo oltre un chilometro dal limite comunale andando ad interessare alcune aree in località Bau e Carru poco a monte con l'intersezione con il canale adduttore. In corrispondenza dell'area di cui sopra l'area di esondazione si allarga sino a raggiungere una dimensione tra i 550 e i 650m.

Superato il sifone del canale partitore, il deflusso è confinato in destra idraulica dalla strada in rilevato, e in sinistra idraulica dal partitore stesso. Il partitore contribuisce in sinistra idraulica del Rio Sant'Elena per la presenza di un'arginatura che risulta inadeguata per portate superiori alle centenarie. Il canale stesso diventa inoltre sede di scorrimento per le portate duecentenaria.

Un chilometro a valle del sifone, l'argine si allontana dal partitore e corre in affiancamento al rio Sant'Elena, il che determina un incremento del livello della corrente e una conseguente insufficienza dell'argine destro del Rio che a questo punto tende ad interessare anche per le portate minori la sede stradale che precedentemente fungeva da argine.

In prossimità dell'abitato, il fiume si avvicina e raggiunge in corrispondenza della via Sant'Elena la massima vicinanza. L'argine risulta adeguato per la portata cinquantenaria mentre per la portata centenaria risulta sormontato andando ad interessare l'ampio spazio davanti all'abitato sino ad infiltrarsi nella via Amsicora, la pericolosità H_{i4} si attesta all'altezza del civico 34 circa, mentre la pericolosità h_{i2} prosegue sino a risalire al crocevia con la via Brancaleone.

Il ponte in uscita del paese risulta un ostacolo per il deflusso il quale tende ad interessare per la cinquantenaria le aree in destra idraulica, mentre in sinistra idraulica, la portata centenaria supera l'arginatura e continua ad interessare parte dell'abitato sin quasi la via Garibaldi.

La via Temo tende a confinare il limite delle aree allagabili, in sponda sinistra; parte dell'edificato è interessato dalle aree di pericolosità idraulica cinquantenaria e centenaria, l'area tende ad estendersi in sinistra idraulica a valle dell'edificato per la presenza di aree a quota inferiore. In questa sede l'area di esondazione legata ai deflussi del Rio Sant'Elena ricalca quasi esattamente le aree individuate dalla stesura del PSFF, il livello di consegna del Sant'Elena sul Tirso è dato dai livelli idrici desunti sul tabulato del medesimo riportato sulle monografie e conseguentemente ed evidentemente i livelli di allagamento nel punto di unione tra i due fiumi si attestano sugli stessi valori

5.3 Aree inondabili

Lo scenario descritto in precedenza mette in evidenza diffuse criticità idrauliche sebbene il centro abitato ne sia interessato solo marginalmente.

Osservando la figura seguente, si può notare come la gran parte del comune di Simaxis, tra cui l'area oggetto di intervento (in rosso), ricada in area Hi1.



Figura 9 - Ricostruzione delle aree allagabili su base ortofoto

Sulla base della planimetria delle sezioni, si può notare come la lottizzazione si trovi nelle immediate vicinanze della sezione RS=286

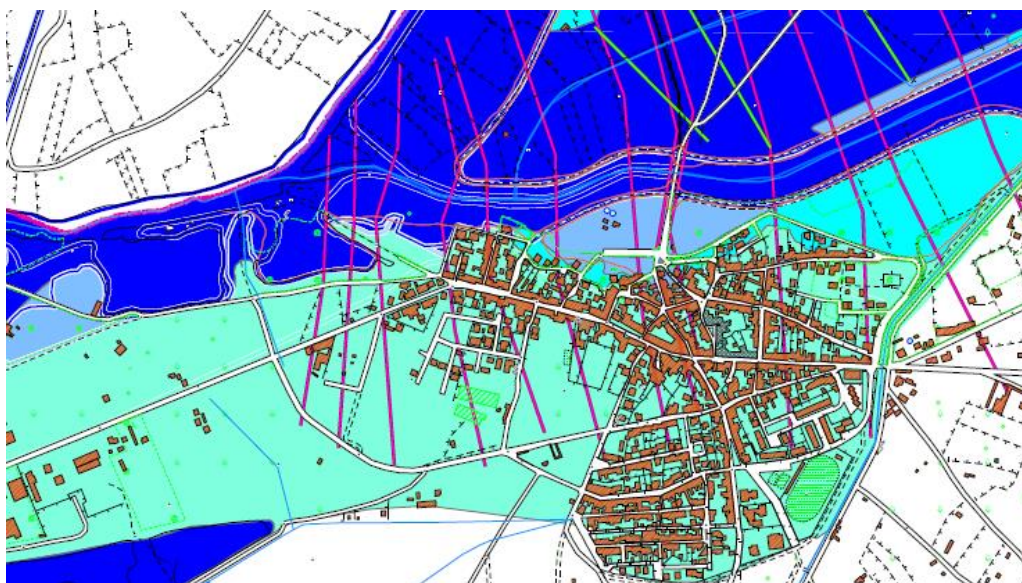


Figura 10 - Sezioni di calcolo sul rio Sant'Elena

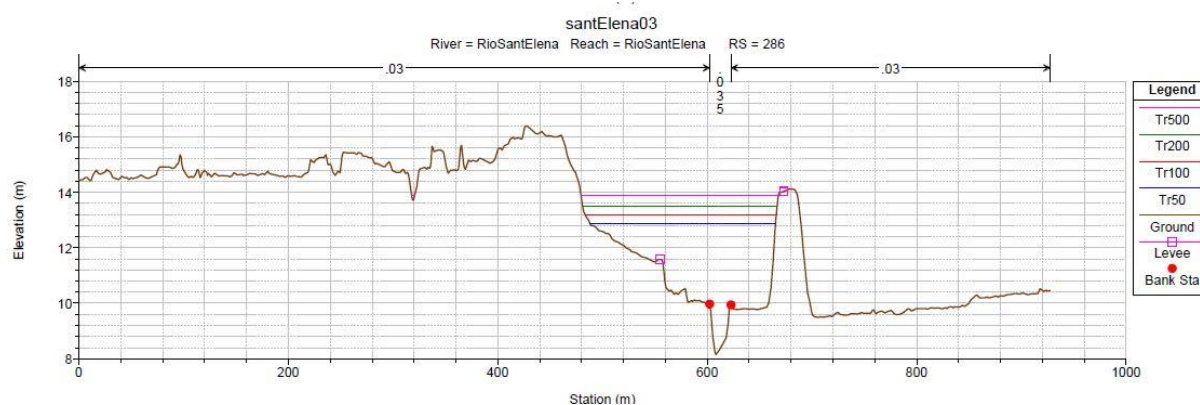


Figura 11 - Modellazione idraulica Sezione RS 286

Come ben evidente in figura 11 e nei tabulati di HEC-RAS allegati allo studio di compatibilità idraulica comunale, le quote dei peli liberi per i tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni sono rispettivamente pari a 12.89, 13.19, 13.49 e 13.89.

Sulla base del dtm con passo a 1 m, mappa 52905007, è stato possibile valutare la quota minima del piano su cui insiste l'area di lottizzazione che risulta pari a circa 14,40 m slm, valore superiore rispetto a quelli sopra menzionati.

In realtà, la pericolosità idraulica Hi1 del centro abitato può essere frutto dell'esondazione di una piena con tempo di ritorno di 500 anni in un tratto più a monte il cui pelo libero si attesta comunque intorno ai 14 m slm.

7. Compatibilità degli interventi

Come si è mostrato nei capitoli precedenti, l'elemento idrico più interessante ai fini del presente studio risulta essere il rio Sant'Elena, il quale è caratterizzato dalla presenza di un'arginatura sia in sinistra che in destra idraulica.

L'argine in destra appare decisamente sottodimensionato, mentre quello in sinistra protegge il centro abitato da eventi fino a tempi di ritorno di circa 200 anni. Infatti, il Piano di Lottizzazione "Cozzolino e più" è sito totalmente nella fascia di pericolosità Hi1 (tempo di ritorno di 500 anni).



Figura 12 - Confine del Piano Attuativo della Lottizzazione Cozzolino e più

L'articolo 30 delle Norme di Attuazione del PAI (Disciplina delle aree di pericolosità idraulica media Hi1) prevede:

1. *Fermo restando quanto stabilito negli articoli 23 e 24, nelle aree di pericolosità idraulica moderata compete agli strumenti urbanistici, ai regolamenti edilizi ed ai piani di settore vigenti disciplinare l'uso del territorio e delle risorse naturali, ed in particolare le opere sul patrimonio edilizio esistente, i mutamenti di destinazione, le nuove costruzioni, la realizzazione di nuovi impianti, opere ed infrastrutture a rete e puntuali pubbliche o di interesse pubblico, i nuovi insediamenti produttivi commerciali e di servizi, le ristrutturazioni urbanistiche e tutti gli altri interventi di trasformazione urbanistica ed edilizia, salvo in ogni caso l'impiego di tipologie e tecniche costruttive capaci di ridurre la pericolosità ed i rischi.*
2. *Per i corsi d'acqua o per i tratti degli stessi studiati mediante analisi idrologico-idraulica, nelle aree individuate mediante analisi di tipo geomorfologico che si estendono oltre le*

fasce di pericolosità moderata individuata col criterio idrologico idraulico si applica la disciplina di cui al comma 1.

Gli interventi previsti ricadono nella fattispecie prevista dall'articolo 30 per cui risultano essere compatibili con le norme di attuazione del P.A.I. vigente.

Inoltre, considerato che l'area di intervento non presenta alcun livello di pericolosità geologico e geomorfologico, si ritiene che le opere previste in progetto, da questo punto di vista, siano pienamente compatibili.

PARTE SECONDA

1. Classe di intervento

Una prima suddivisione della classe degli interventi di trasformazione territoriale da attribuire riguarda le superfici territoriali interessate dagli strumenti attuativi di pianificazione locale o altri strumenti di analoga valenza. In particolare bisogna far riferimento alla superficie totale territoriale interessata dall'intero comparto in trasformazione e non solamente al singolo lotto.

La definizione delle classi di intervento consente di diversificare, sulla base dell'entità territoriale in esame, l'approccio metodologico per il calcolo idrologico e idraulico che consenta la valutazione della modifica delle portate e dei volumi nell'area interessata dall'intervento di trasformazione.

Sulla scorta di quanto appena esposto, è possibile definire la classe di intervento come previsto dalle Linee guida e indirizzi operativi per l'attuazione del principio della invarianza idraulica ai sensi dell'articolo 47 delle NTA del PAI.

La classificazione degli interventi di trasformazione territoriale riguarda le superfici interessate dagli strumenti attuativi di pianificazione locale. Di seguito si riporta tale suddivisione:

Classe	Livello di impermeabilizzazione potenziale	Superficie territoriale
a	trascurabile	inferiore a 0.1 ha
b	modesta	compresa tra 0.1 e 0.5 ha
c	significativa	compresa tra 0.5 e 10 ha
d	sostanziale	superiore a 10 ha

Tabella 5 – Classi degli interventi di trasformazione territoriale

L'area interessata dal presente studio ha un'estensione di poco inferiore a 1 ha, per cui ricade nella classe c di significativa impermeabilizzazione potenziale, per la quale la relazione generale delle Linee Guida prevede che

“Nel caso di interventi di superficie compresa tra 0.5 e 10 ha, andranno dimensionati i tiranti idrici ammessi nelle luci di scarico, negli invasi e nel sistema drenante in modo da garantire che la portata massima defluente dall'area in trasformazione sia non superiore ai valori precedenti l'intervento di trasformazione territoriale. Se è presente una situazione di particolare criticità nella capacità di deflusso del recettore, si possono imporre ulteriori limitazioni nelle portate scaricate prevedendo processi di laminazione che consentano di trasferire nel tempo la consegna dei deflussi.

È di fondamentale importanza la ricognizione e caratterizzazione del recapito nel quale la portata dovrà essere scaricata. È, pertanto, richiesta la verifica del recettore. È necessario che l'intervento preveda la realizzazione di misure e opere compensative per garantire l'invarianza idraulica. In termini generali, si stabilisce che dovranno quindi essere esaminate le varie tipologie per la realizzazione di opere compensative (vasche di laminazione, bacini di infiltrazione, pavimentazioni filtranti, tetti verdi etc.). La definizione delle opere compensative e l'inserimento paesaggistico e architettonico degli spazi e strutture utilizzati per la compensazione dei deflussi dovrà essere costituito da elaborati grafici e da una relazione tecnica descrittiva atta a dimostrare la loro rispondenza a quanto richiamato in premessa.”

2. Studio idrologico

Per poter determinare le portate di progetto relative alla zona di intervento è necessario preliminarmente definire il valore del Curve Number (CN), e quindi calcolare lo ietogramma di progetto con le curve di possibilità pluviometria di Deidda et al del 2000.

2.1 CN – Stato attuale

Per individuare il valore del CN è necessario caratterizzare il suolo da un punto di vista geo-pedologico, ovvero valutare il tipo di suolo sul quale si intende intervenire e l'uso che ne viene fatto. A tal fine si possono utilizzare la Carta geologica della Sardegna, gli studi eseguiti per la definizione dello Strumento urbanistico comunale e, ancora, studi di dettaglio di geopedologia.

Sulla base della Carta Geologica pubblicata sul Geoportale della Regione Sardegna si può osservare come l'area ricada in una zona con sedimenti alluvionali.

In seguito a indagini geognostiche condotte in sito si è evidenziata sino ad una profondità variabile da -0,60 m a -1,00 m dal piano campagna la presenza di sedimenti sottili costituiti da sabbie limo argillose debolmente ghiaiose in percentuali variabili mediante comprimibili. Oltre tale profondità il terreno mostra un progressivo incremento della frazione granulometrica sabbiosa e ghiaiosa, con una matrice limo argillosa di elevata plasticità.

Sulla scorta di quanto sopra si è scelto di attribuire al suolo la tipologia C, ovvero quella dei suoli che, quando completamente saturi, hanno un deflusso superficiale potenziale (runoff) moderatamente alto e l'acqua attraversa il suolo con qualche limitazione.

Il passo successivo consiste nell'individuare le classi di uso del suolo sulla base della classificazione Corine Land Cover RAS – 2008 e tramite studi specificatamente condotti sull'area in esame. Infatti, ad ogni classe viene associato un valore del CN nella condizione AMC II (Antecedent Moisture Condition, ovvero la condizione di umidità del suolo in funzione della precipitazione antecedente di 5 giorni) che verrà pesato sulle superfici così da ottenere un valore caratteristico per l'intera area di intervento.

Nel caso specifico l'area ricade interamente nella categoria 2112 – Prati artificiali.

UDS Descrizione	UDS COD	Area m2	CN-II
Prati artificiali	2112	9979,00	81

Tabella 6 – Calcolo del CN-IIa



Figura 13 - Uso del suolo all'interno dell'area di intervento

Tale valore deve essere poi convertito in CN-IIIa (AMC III), più cautelativo rispetto alla condizione II, secondo quanto previsto dalla metodologia proposta dal Soil Conservation Service (SCS):

$$CN - IIIa = \frac{23 CN (IIa)}{10 + 0.13 CN (IIa)} = 90.75$$

2.2 CN – Stato di progetto

Con la medesima procedura descritta al paragrafo precedente, si deve determinare il valore del CN nella configurazione di progetto in quanto gli interventi previsti modificano inevitabilmente l'utilizzo del suolo.

Come già detto al paragrafo 2 della Parte Prima, la pianificazione in esame prevede la realizzazione di edifici adibiti a residenze e della viabilità ad uso pubblico.

L'allegato 1 delle Linee Guida per l'Invarianza Idraulica prevede una corrispondenza tra le varie tipologie di copertura e il parametro CN, per cui è possibile ottenere anche nello scenario post-operam un valore identificativo del CN per l'intera lottizzazione mediante media pesata sulle aree.



Figura 14 - Coperture di progetto

Sulla base della proposta progettuale, riportata in figura 14, si ottengono i seguenti valori.

Tipologia	Superficie [m ²]	Categoria di superficie	Codice Tabella	Area [m ²]	CN-II	CN * Ai/Atot
Aree residenziali private	5814.91	Residenze con copertura in tegole	C7	2454.38	99.0	24.35
		Verde	S1	3360.53	78.0	26.27
Viabilità	2971.59	Strada in conglomerato bituminoso	P10	2971.59	99.0	29.48
S3	1086.61	Verde	S1	1086.61	78.0	8.49
S4	105.89	Pavimentazione con autobloccanti	P4	105.89	85.0	0.90
Totale	9979.00			CN-IIp		89.49

Tabella 7 – Calcolo del CN nello stato di progetto

Tale valore deve essere poi convertito in CN-IIIp (AMC III), più cautelativo rispetto alla condizione II, secondo quanto previsto dalla metodologia proposta dal Soil Conservation Service (SCS):

$$CN - IIIp = \frac{23 \text{ CN } (IIp)}{10 + 0.13 \text{ CN } (IIp)} = 95.14$$

2.3 Calcolo dello ietogramma di progetto

A questo punto è necessario calcolare la pioggia di progetto. Questo calcolo è stato eseguito mediante le Curve di Possibilità Pluviometria estratte dalla distribuzione TCEV regionalizzata di Deidda e Piga. Tale metodo prevede la suddivisione della Sardegna in 3 sottozone omogenee (SZO), come in figura:

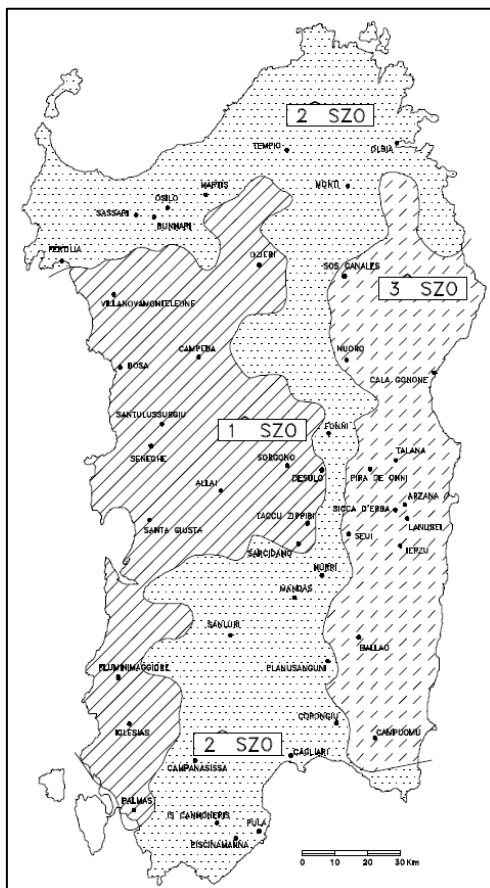


Figura 15 - Suddivisione della Sardegna in SottoZone Omogenee

Inoltre, deve essere individuata la cosiddetta pioggia indice giornaliera H_g , ovvero la media dei massimi annui di precipitazione giornaliera, sulla seguente figura in funzione della posizione del sito in esame.

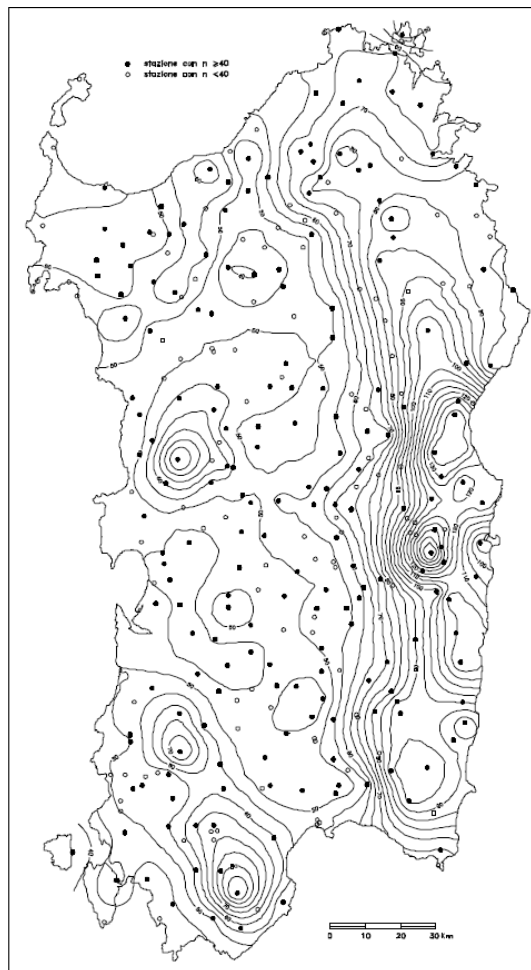


Figura 16 – Carta della pioggia indice giornaliera

Nel caso oggetto di studio, ci si trova nella condizione di SZO 1 e $H_g = 45$ mm.

A partire da questi parametri, dal tempo di corrivazione del bacino o di pioggia e dai tempi di ritorno di interesse previsti, si possono calcolare le altezze di precipitazione lorde di progetto attraverso la curva di possibilità pluviometrica Deidda et al. (2000)

$$h_{Tr}(t_c) = Hm(t_c)at_c^n$$

nella quale:

$$Hm(t_c) = 1.1287H_g \left(\frac{t_c}{24} \right)^{-0.493+0.476 \log(H_g)}$$

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

per la sottozona I:

$$a = 0.4642 + 1.0376 \cdot \text{Log}(Tr)$$

$$n = -0.18488 + 0.22960 \cdot \text{Log}(Tr) - 0.033216 \cdot (\text{Log}(Tr))^2 \quad (\text{per } t_c < 1 \text{ ora})$$

$$n = -0.01469 - 0.0078505 \cdot \text{Log}(Tr) \quad (\text{per } t_c > 1 \text{ ora})$$

per la sottozona II:

$$a = 0.43797 + 1.089 \cdot \text{Log}(Tr)$$

$$n = -0.18722 + 0.24862 \cdot \text{Log}(Tr) - 0.0336305 \cdot (\text{Log}(Tr))^2 \quad (\text{per } t_c < 1 \text{ ora})$$

$$n = -0.0063887 - 0.004542 \cdot \text{Log}(Tr) \quad (\text{per } t_c > 1 \text{ ora})$$

per la sottozona III:

$$a = 0.40926 + 1.1441 \cdot \text{Log}(Tr)$$

$$n = -0.1906 + 0.264438 \cdot \text{Log}(Tr) - 0.038969 \cdot (\text{Log}(Tr))^2 \quad (\text{per } t_c < 1 \text{ ora})$$

$$n = 0.014929 + 0.0071973 \cdot \text{Log}(Tr) \quad (\text{per } t_c > 1 \text{ ora})$$

Le Linee Guida prevedono la definizione di uno ietogramma Chicago con durata della pioggia di 30 minuti, posizione del picco posto in $r = 0.4$ e con passo temporale Δt di 1 minuto.

Nel caso di lottizzazioni appartenenti alla classe di intervento c), inoltre, devono essere considerati i seguenti tempi di ritorno:

- $Tr=20$ anni per il dimensionamento delle rete di drenaggio interno alla lottizzazione;
- $Tr=50$ anni per il dimensionamento della vasca di accumulo e della portata massima scaricabile nel recettore finale.

Da quanto appena descritto si ottiene quanto segue:

t_p	0.5	
SZO	1	
Hg	45	
$Hm(t_p)$	16.28	
Tr	20	50
a	1.81	2.23
n	0.06	0.11
$h_{Tr}(t_p)$	28.38	33.61

Tabella 8 - Determinazione delle altezze di precipitazione lorde

Come detto in precedenza, le linee guida fissano un valore per il parametro r , il quale rappresenta la posizione relativa del picco. Pertanto, il picco d'intensità sarà posto ad un tempo $t = 12$ minuti dopo l'inizio della pioggia.

I valori delle intensità di precipitazione necessarie per la definizione dello ietogramma Chicago si ottengono mediante le seguenti relazioni:

$$i(t) = na \left(\frac{rt_p - t}{r} \right)^{n-1} \quad t < rt_p$$

$$i(t) = na \left(\frac{t - rt_p}{1 - r} \right)^{n-1} \quad t > rt_p$$

Di seguito si riportano gli ietogrammi ottenuti per i due tempi di ritorno previsti.

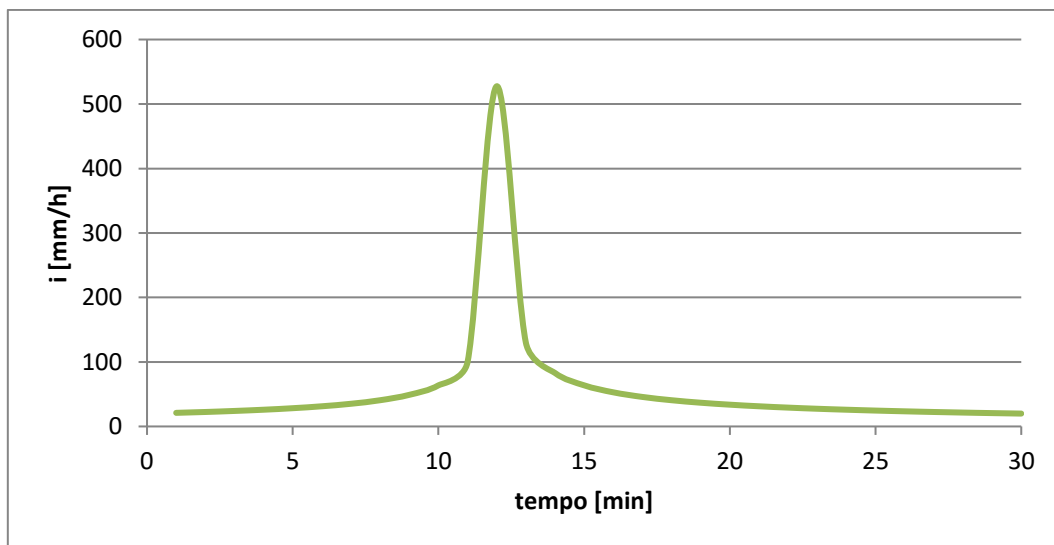


Figura 17 - Ietogramma per $Tr=20$ anni

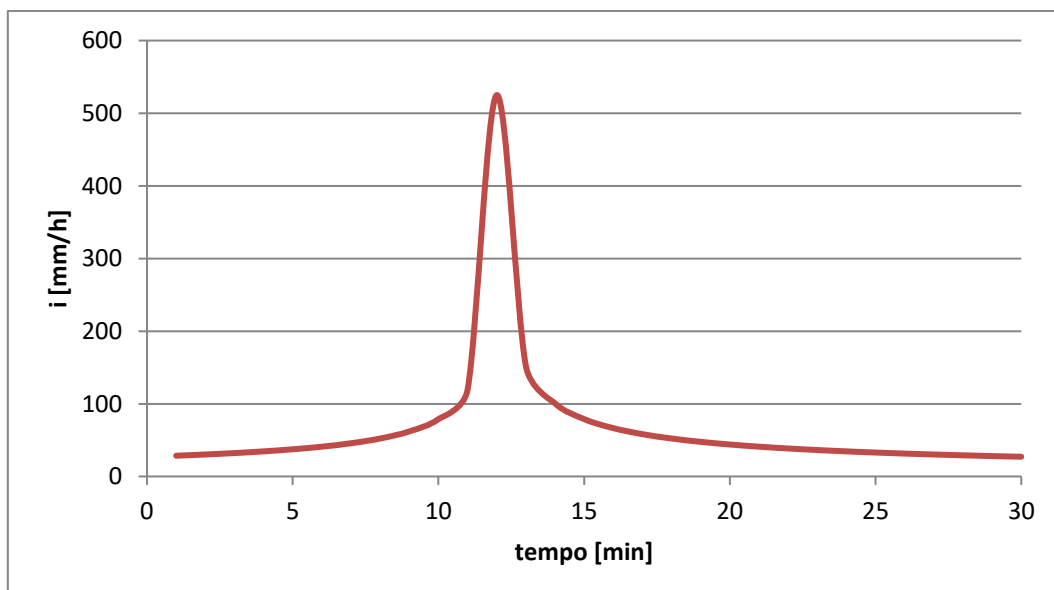


Figura 18 - Ietogramma per $Tr=50$ anni

2.4 Stima dell'idrogramma di piena

Per la generazione degli idrogrammi di piena si è utilizzato, come previsto nell'allegato 3 delle linee guida, l'approccio modellistico e il software Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) della U.S. Army Corps of Engineers. Questo si basa sul metodo CN-SCS, ovvero sull'utilizzo del parametro CN calcolato in precedenza e di alcuni parametri direttamente correlabili ad esso quali:

- S: Storage, ossia il volume specifico infiltrabile nel terreno

$$S = \frac{25400 - 254 \text{ CN}}{\text{CN}}$$

- I_a: Initial Abstraction, ossia le perdite dovute alla presenza di vegetazione, all'evaporazione e altri fattori

$$I_a = 0.2 S$$

	CN-II	CN-III	S	I _a
Stato attuale	81.00	90.75	23.51	4.70
Post Intervento	89.49	95.14	12.34	2.47

Tabella 9 - Parametri utili per il calcolo della portata

Il tempo di ritardo (Lag Time) richiesto dal programma HEC-HMS è stato posto pari al 60% del tempo di pioggia e rappresenta la distanza temporale tra il baricentro dello ietogramma e il picco dell'idrogramma risultante.

Si riportano di seguito i risultati dell'elaborazione condotta:

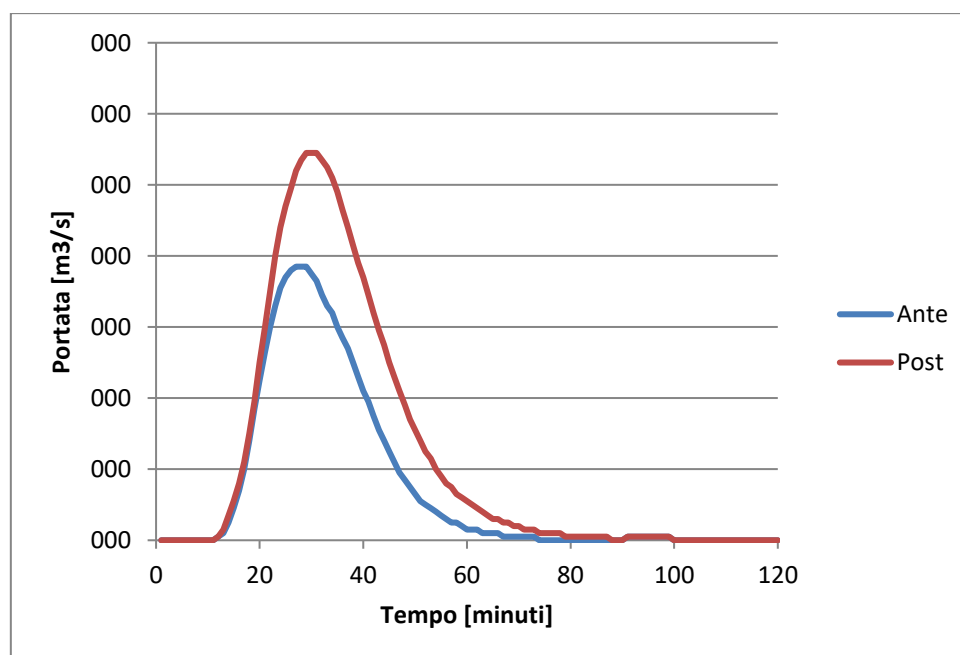


Figura 19 - Idrogrammi per Tr20

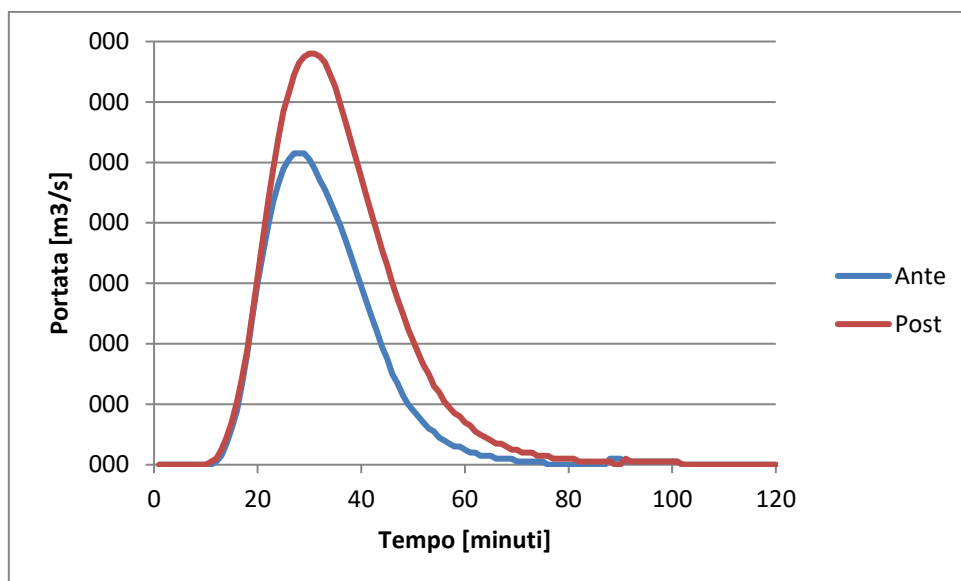


Figura 20 - Idrogrammi per Tr50

I risultati più significativi vengono riproposti nella seguente tabella:

		Tr20	Tr50
Portata di picco [m³/s]	Conf. Attuale	0.077	0.103
	Conf. Progetto	0.109	0.136
	Differenza	0.032	0.033
Volume di piena [m³]	Conf. Attuale	107	145
	Conf. Progetto	168	214
	Differenza	61	69

Tabella 10 - Sintesi dell'analisi svolta

3. Dimensionamento del sistema di accumulo

Come si è potuto osservare chiaramente al punto 2.4 della presente relazione, le portate generate dal bacino definito dall'area di pianificazione aumentano in seguito agli interventi proposti.

L'articolo 47 delle Norme di Attuazione del PAI definisce l'invarianza idraulica come quel "principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei recettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione". Sulla scorta di quanto detto, quindi, appare chiara la necessità di prevedere delle opere di compensazione per ridurre le portate effluenti, in modo che il corpo recettore non sia sovraccaricato dagli incrementi di volumi idrici dovuti alla lottizzazione.

Questa considerazione rende necessaria una valutazione delle portate effettivamente smaltibili dal recettore designato e un confronto di quest'ultima con le portate di progetto.

3.1 Capacità di smaltimento del recettore

Il recettore verso il quale dovrà essere convogliata la portata calcolata al punto 2.4 è dato dalle condotte della rete di drenaggio cittadina presenti in via Mameli e via Tuveri, che trasportano le acque verso via Galilei.

La rete fognaria delle acque pluviali sarà realizzata in tubo rotocompresso da mm 200 e sarà connessa alla condotta esistente di diametro pari a mm 400.

Una buona norma nella progettazione e nella verifica dei sistemi di fognatura è quello di garantire un adeguato franco di sicurezza, ovvero di limitare il massimo tirante idrico h_{max} . Generalmente, per le condotte circolari, viene definito $h_{max}=0.5 D$ per diametri inferiori a 400 mm, mentre per diametri superiori ai 400 mm $h_{max}=0.7 D$.

Nel caso specifico ci si trova a cavallo delle due fattispecie, per cui, imponendo il rispetto di un franco di almeno 20 cm nella formula di Chezy, si è in grado di determinare la massima capacità di smaltimento del recettore.

$$Q = S\chi\sqrt{Rj}$$

dove S è l'area bagnata del recettore in m^2 , χ è un coefficiente di scabrezza in $m^{0.5}/s$ dato da $R^{1/6}k_s$, R è il raggio idraulico in m, k_s è il coefficiente di Gauckler-Strickler, e j è la cadente piezometrica che in condizioni di moto uniforme viene posta pari alla pendenza della cunetta.

Diametro	D	m	0.40
Altezza	H	m	0.20
Pendenza	j	m/m	0.007
Area bagnata	S	m ²	0.063
Raggio idraulico	R	m	0.100
Coef. Manning	m		0.013
Portata Chezy	Q	m ³ /s	0.088
Parametro correttivo	k	-	1.0
Portata ammissibile	Qa	m ³ /s	0.088

Tabella 11 - Calcolo della portata smaltibile dal recettore

3.2 Misure di compensazione

Un buon sistema per ridurre i volumi da smaltire, e quindi le opere idrauliche da realizzare per adempiere a ciò, è quello di introdurre per ogni edificio un serbatoio in grado di invasare le acque precipitate sulla copertura. Tale principio risulta molto importante sia ai fini dell'invarianza idraulica, sia per un'economia nell'utilizzo delle acque. Infatti, i volumi accumulati all'interno dei serbatoi privati possono essere riutilizzati per irrigare il verde privato e/pubblico.

Per il dimensionamento dei serbatoi si è valutato un volume idrico dato dal prodotto della superficie di copertura per l'altezza di precipitazione relativa al tempo di ritorno di 50 anni (pari a 33.61 mm).

Si noti che ad ogni edificio è stato associato un codice numerico (si veda figura 21), corrispondente a quello del lotto, come da relazione tecnica.



Figura 21 - Attribuzione dei codici agli edifici coperti

Per la valutazione del serbatoio da inserire si è scelto di attribuire una determinata capacità del serbatoio tra quelli presenti in commercio in relazione alla dimensione della copertura, e più precisamente:

- 1020 litri per superfici coperte minori di 130 m²;
- 2200 litri per superfici coperte comprese tra 130 m² e 150 m²;
- 3260 litri per superfici coperte maggiori di 150 m².

Una volta definiti i serbatoi idrici per ogni utenza, si può determinare la quota parte di copertura che idealmente non interferisce con la rete di smaltimento delle acque piovane:

$$Area\ contribuyente = \left(1 - \frac{Volume\ serbatoio}{Volume\ acqua\ precipitata}\right) \cdot Area\ copertura$$

Lotto n°	Area copertura m ²	Volume acqua precipitata m ³	Volume serbatoio m ³	Area contribuyente m ²
1	162.05	5.45	3.26	65.05
2	162.00	5.44	3.26	65.00
3	162.34	5.46	3.26	65.34
4	162.94	5.48	3.26	65.94
5	162.18	5.45	3.26	65.18
6	153.06	5.14	3.26	56.06
7	131.59	4.42	2.20	66.13
8	127.76	4.29	1.02	97.41
9	125.73	4.23	1.02	95.38
10	130.36	4.38	2.20	64.90
11	125.17	4.21	1.02	94.82
12	131.57	4.42	2.20	66.11
13	126.50	4.25	1.02	96.15
14	174.68	5.87	3.26	77.68
15	125.93	4.23	1.02	95.58
16	164.91	5.54	3.26	67.91
17	125.60	4.22	1.02	95.25
Totale	2454.38	82.49	38.80	1299.89

Tabella 12 - Volumi dei serbatoi domestici

Il volume complessivo che può essere invaso dai serbatoi domestici è pari a 38,80 m³, pari al 47% circa di quello di competenza delle coperture.

Noto quanto sopra, si può ridefinire un nuovo idrogramma con la procedura utilizzata al paragrafo 2.4, utilizzando però quale superficie coperta quella calcolata in tabella 12. Di seguito si riportano i risultati della procedura utilizzata in precedenza eliminando gli apporti meteorici invasi dai serbatoi domestici.

Tipologia	Superficie [m ²]	Categoria di superficie	Codice Tabella	Area [m ²]	CN-II	CN * Ai/Atot
-----------	---------------------------------	-------------------------	-------------------	---------------------------	-------	-----------------

Aree residenziali private	4660.42	Residenze con copertura in tegole	C7	1299.89	99.0	12.90
		Verde	S1	3360.53	78.0	26.27
Viabilità	2971.59	Strada in conglomerato bituminoso	P10	2971.59	99.0	29.48
S3	1086.61	Verde	S1	1086.61	78.0	8.49
S4	105.89	Pavimentazione con autobloccanti	P4	105.89	85.0	0.90
Totale	8824.51		CN-IIp			78.04

Tabella 13 – Calcolo del CN nello stato di progetto

Tale valore deve essere poi convertito in CN-IIIp (AMC III), più cautelativo rispetto alla condizione II, secondo quanto previsto dalla metodologia proposta dal Soil Conservation Service (SCS):

$$CN - IIIp^* = \frac{23 CN (IIp)}{10 + 0.13 CN (IIp)} = 89.10$$

Sulla base del CN-IIIp* e dello ietogramma Chicago calcolato al punto 2.3 è possibile definire mediante HEC-HMS l'idrogramma di piena, che si riporta di seguito (in verde).

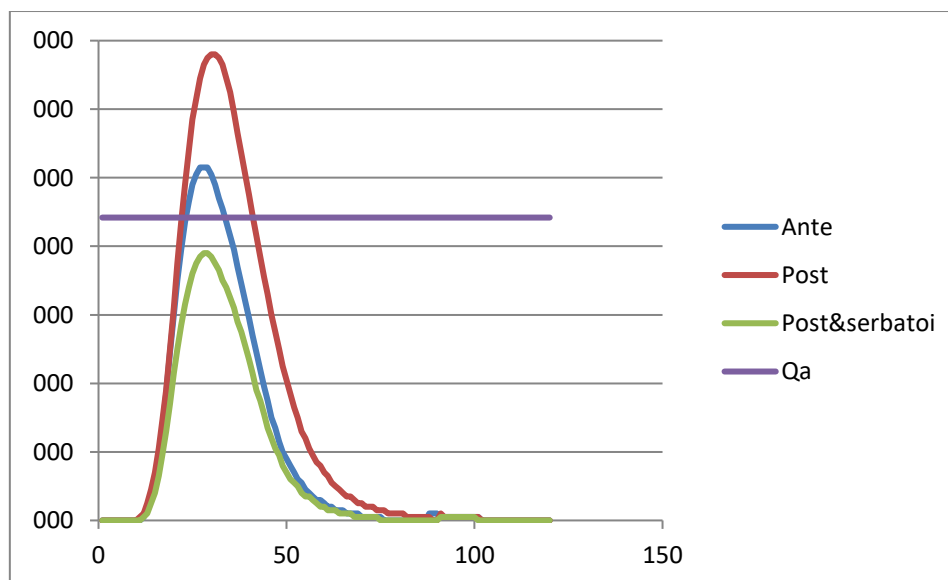


Figura 22 - Confronto idrogrammi ante e post per Tr50 con l'introduzione dei serbatoi domestici

Si osserva chiaramente in figura 22 come, grazie all'introduzione dei serbatoi domestici, il picco di piena si abbassa notevolmente, diventando compatibile con la capacità di smaltimento del recettore finale.

COMUNE DI SIMAXIS



LOTTIZZAZIONE COZZOLINO E PIU'



PROGETTISTA:

INGG. STUDIO 2
ING. USELLI FRANCESCO
VIA LIGURIA 22 - ORISTANO (OR)

PROFESSIONISTI:

ING. CAMBIGANU CHRISTIAN
GEOL. MACCIONI LUIGI

OGGETTO:

STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA E
DI INVARIANZA IDRAULICA

REVISIONE:

REV_00

DATA:

APRILE 2021

Sommario

Premessa.....	3
PARTE PRIMA	5
1. Inquadramento degli interventi previsti	5
1.1 Inquadramento geografico	5
1.2 Inquadramento cartografico	5
1.3 Inquadramento PAI	6
1.4 Inquadramento PSFF.....	8
1.5 Inquadramento adeguamento del PUC al PAI	9
1.6 Inquadramento PGRA.....	10
2. Proposta progettuale	12
3. Definizione dell'idrografia superficiale	14
4. Studio geologico.....	15
5. Studio idrologico.....	16
6. Studio idraulico	18
5.1 Definizione del modello.....	18
5.2 Risultanze dello studio	19
5.3 Aree inondabili	20
7. Compatibilità degli interventi	22
PARTE SECONDA.....	24
1. Classe di intervento.....	24
2. Studio idrologico.....	26
2.1 CN – Stato attuale.....	26
2.2 CN – Stato di progetto	27
2.3 Calcolo dello ietogramma di progetto	29
2.4 Stima dell'idrogramma di piena	33
3. Dimensionamento del sistema di accumulo.....	35
3.1 Capacità di smaltimento del recettore	35
3.2 Misure di compensazione	36

Premessa

Il presente studio è parte integrante del progetto relativo al piano di lottizzazione sito nel comune di Simaxis, in provincia di Oristano, denominato “ PIANO DI LOTTIZZAZIONE COZZOLINO E PIU’ “.

La relazione si compone di due parti.

La prima parte ha lo scopo di verificare la compatibilità idraulica degli interventi sulla base delle prescrizioni delle Norme di Attuazione del P.A.I. della Regione Sardegna (Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino unico della Sardegna) e in particolare ai sensi dell'articolo 8 comma 1, secondo cui:

Conformemente a quanto disposto nell'articolo 6, comma 2, nel quadro di una attività continua di verifica, già all'avvio degli studi o delle istruttorie preliminari devono essere resi compatibili con il PAI, con le sue varianti adottate e con le sue norme di attuazione tutti gli atti di pianificazione, di concessione, autorizzazione, nulla osta ed equivalenti di competenza di Province, Comuni, Comunità montane ed altre pubbliche amministrazioni dell'ordinamento regionale della Sardegna relativi ad aree perimetrare con pericolosità idrogeologica.

Nella seconda parte della presente relazione vengono esposte le indagini, gli studi condotti e i risultati della verifica di “invarianza idraulica”.

Un piano di lottizzazione comporta, infatti, l'impermeabilizzazione di una parte della superficie del terreno in seguito alla realizzazione di nuove opere, con conseguente diminuzione del tempo di risposta del bacino interessato ed aumento della portata defluente nella rete d'evacuazione, con il rischio di aumentare la frequenza degli eventi critici su tutta l'area, a meno di interventi compensativi di tipo idraulico. L'articolo 47 delle Norme di Attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Sardegna recita testualmente:

- 1. Per invarianza idraulica si intende il principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei recettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione.*
- 2. I comuni in sede di redazione degli strumenti urbanistici generali o di loro varianti generali e in sede di redazione degli strumenti urbanistici attuativi, stabiliscono che le trasformazioni dell'uso del suolo rispettino il principio dell'invarianza idraulica.*
- 3. Gli strumenti urbanistici generali ed attuativi individuano e definiscono le infrastrutture necessarie per soddisfare il principio dell'invarianza idraulica per gli ambiti di nuova trasformazione e disciplinano le modalità per il suo conseguimento, anche mediante la realizzazione di vasche di laminazione.*

- 4. Sono fatte salve eventuali normative già adottate dai comuni per l'applicazione del principio dell'invarianza idraulica.*
- 5. La Regione approva normative specifiche con l'obiettivo di incentivare il perseguimento del principio della invarianza idraulica anche per i contesti edificati esistenti.*
- 6. Gli studi redatti in attuazione dei precedenti commi sono approvati dal Comune competente per territorio che è tenuto, inoltre, a vigilare sull'effettiva attuazione degli interventi atti a garantire il rispetto del principio dell'invarianza idraulica a seguito della trasformazione dei luoghi.*

Data l'importanza dell'argomento, l'Agenzia del Distretto Idrografico della Regione Sardegna (ADIS) ha pubblicato le "Linee Guida e indirizzi operativi per l'attuazione del principio della invarianza idraulica di cui all'articolo 47 delle NTA del PAI" con deliberazione n.2 del 17.05.2017 del Comitato Istituzionale della suddetta Agenzia.

Il presente studio si basa, quindi, sulle indicazioni date dalla normativa in vigore e dalle relative linee guida appena citate.

PARTE PRIMA

1. Inquadramento degli interventi previsti

1.1 Inquadramento geografico

Gli interventi previsti consistono nella realizzazione di un Piano di Lottizzazione ricadente in Zona C2 del Comune di Simaxis, compreso tra via Mameli e via Tuveri, a sud della SS 338 che corre all'interno dell'abitato.

Nella figura seguente si riporta uno stralcio dell'ortofoto con sovrapposti i confini del lotto sul quale si intende operare:



Figura 1 – Ortofoto con il confine dell'area di intervento in rosso

1.2 Inquadramento cartografico

L'intero territorio nazionale è stato cartografato sotto forma di Carta Tecnica Regionale a scala 1:10.000.

L'area di interesse ricade all'interno del foglio n°529 sezione 050.

Da un punto di vista catastale la lottizzazione ricade nei mappali 4773, 4768 e 4771 del foglio 5 di Simaxis.

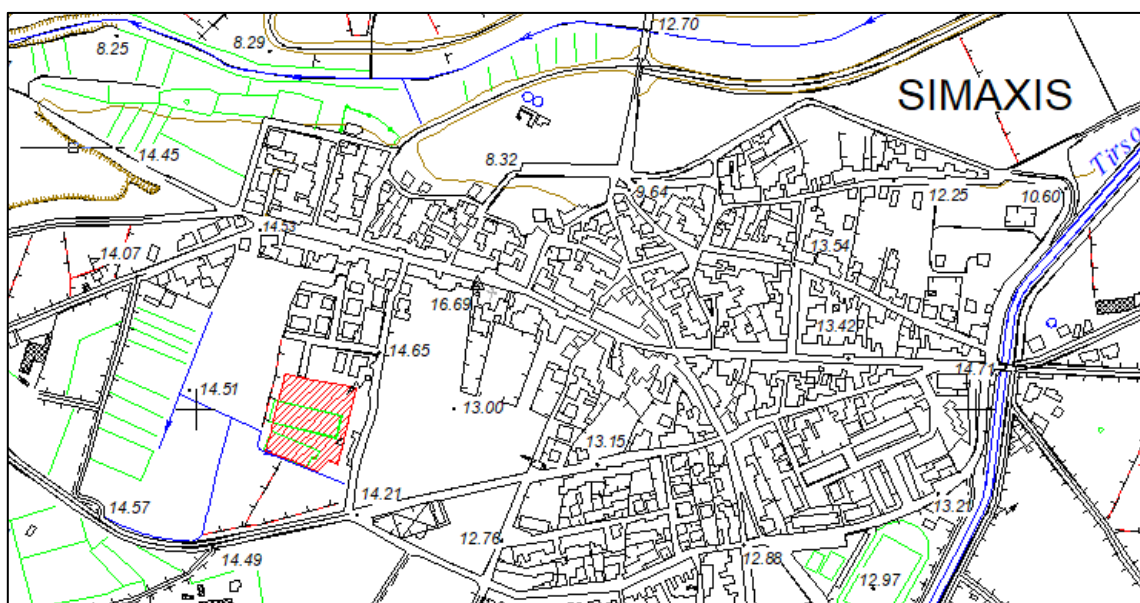


Figura 2 - Stralcio CTR sezione 529050 - in rosso la lottizzazione

1.3 Inquadramento PAI

Ai fini della difesa, della salvaguardia e del corretto sfruttamento del territorio, il PAI costituisce il documento di sintesi delle azioni promulgate dalla Pubblica Amministrazione (ai diversi livelli) e dagli Enti competenti nell'ambito della prevenzione del rischio idrogeologico. A tal proposito, si riporta brevemente il contesto normativo alla base della redazione dello stesso:

- Legge 18.5.1989, n. 183, "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo";
- Decreto Legge 11.6.1998, n. 180, "Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania", convertito con modificazioni dalla Legge 3.8.1998, n. 267;
- Decreto Legge 12.10.2000, n. 279, "Interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato e in materia di protezione civile, nonché a favore di zone colpite da calamità naturali", convertito con modificazioni dalla legge 11.12.2000, n. 365;
- D.P.C.M. 29 settembre 1998, "Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180";
- Legge della Regione Sardegna 22.12.1989, n. 45, "Norme per l'uso e la tutela del territorio regionale", e successive modifiche e integrazioni, tra cui quelle della legge regionale 15.2.1996, n.9;
- altre disposizioni normative.

Nelle aree di pericolosità idraulica e di pericolosità da frana il PAI ha le finalità di garantire adeguati livelli di sicurezza di fronte al verificarsi di eventi idrogeologici e tutelare quindi le attività umane, i beni economici ed il patrimonio ambientale e culturale esposti a potenziali danni.

Inoltre, il PAI è lo strumento attraverso il quale si deve:

- inibire le attività ed interventi capaci di ostacolare il processo verso un adeguato assetto idrogeologico e contrastare l'aumento delle situazioni di pericolo e delle condizioni di rischio idrogeologico esistenti;
- costituire le condizioni di base per avviare azioni di riqualificazione degli ambienti fluviali e di riqualificazione naturalistica o strutturale dei versanti in dissesto;
- evitare la creazione di nuove situazioni di rischio, rendendo compatibili gli usi attuali o programmati del territorio e delle risorse con le situazioni di pericolosità idraulica e da frana individuate.

Sulla scorta di quanto sopra, nel PAI sono riportati gli elementi per l'individuazione e la delimitazione delle aree con pericolosità idraulica e con pericolosità da frana ai diversi livelli, gli elementi per la rilevazione degli insediamenti, dei beni, degli interessi e delle attività vulnerabili nelle aree pericolose, e gli elementi per l'individuazione e la delimitazione delle aree a rischio idraulico e a rischio da frana ai diversi livelli.

Le Norme di Attuazione del PAI sono orientate sia verso la disciplina di politiche di prevenzione nelle aree di pericolosità idrogeologica allo scopo di bloccare la nascita di nuove situazioni di rischio, sia verso la disciplina del controllo delle situazioni di rischio esistenti nelle stesse aree pericolose allo scopo di non consentire l'incremento del rischio specifico, fino all'eliminazione o alla riduzione delle condizioni di rischio attuali.

L'area di intervento ricade all'interno del bacino 02_Tirso.

Sulla base dello shapefile fornito dalla Regione Sardegna delle aree di pericolosità vigenti ai sensi del PGRA, si sono sovrapposte quelle definite in ambito PAI con l'ortofoto e con gli interventi previsti.

Come si può osservare in figura 3, la lottizzazione ricade all'esterno delle fasce di perimetrazione del P.A.I.



Figura 3 - Sovrapposizione aree di pericolosità PAI su ortofoto

1.4 Inquadramento PSFF

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) è stato redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 della legge 19 maggio 1989 n. 183, quale Piano Stralcio del Piano di Bacino Regionale. Il PSFF trova specificazione nella direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni e nel Decreto Legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 che recepisce tale direttiva.

Il P.S.F.F. ha valore di Piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale vengono pianificate le azioni e le norme d'uso riguardanti le fasce fluviali. Inoltre, costituisce un approfondimento ed una integrazione necessaria al Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) in quanto è lo strumento per la delimitazione delle regioni fluviali funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (ai fini insediativi, agricoli ed industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali. Per quanto riguarda le procedure di approvazione, si fa riferimento alla delibera n. 2 del 17.12.2015, che ha adottato in via definitiva il Progetto di Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, per tutto il territorio regionale con l'individuazione di nuove aree di pericolosità idraulica e la modifica di altre precedentemente identificate dal PAI.

Per quanto concerne gli elementi areali il Piano individua le cosiddette fasce fluviali, dette anche aree di pertinenza fluviale, che identificano quelle aree limitrofe all'alveo inciso occupate nel tempo dalla naturale espansione delle piene, dallo sviluppo morfologico del corso d'acqua, dalla presenza di ecosistemi caratteristici degli ambienti fluviali.

L'area di interesse è ricompresa all'interno del sub-bacino 02_Tirso e più in particolare, come si evince dall'elaborato 2_1_3_3-CartaFasce, si trova a cavallo del sottobacino 01-Tirso e 23-Minori tra il Flumini Mannu di Pabillonis ed il Tirso.

Sulla base dello shapefile fornito dalla Regione Sardegna delle aree di pericolosità vigenti ai sensi del PGRA, si sono sovrapposte le aree di pericolosità idraulica definite in ambito PSFF (utilizzando per uniformità gli standard di RGB del PAI) con l'ortofoto e con gli interventi previsti.

Come si può osservare, l'area ricade all'esterno delle fasce di pericolosità P.S.F.F.



Figura 4 - Sovrapposizione aree di pericolosità PSFF su ortofoto

1.5 Inquadramento adeguamento del PUC al PAI

L'articolo 8 comma 2, 2bis e 2 ter delle Norme Tecniche d'Attuazione del PAI (aggiornate al 06.2020) stabilisce che, indipendentemente dall'esistenza di aree perimetrate dal PAI, in sede di adozione di nuovi strumenti urbanistici anche di livello attuativo e di varianti generali agli strumenti urbanistici vigenti i Comuni - tenuto conto delle prescrizioni contenute nei piani urbanistici provinciali e nel piano paesistico

regionale relativamente a difesa del suolo, assetto idrogeologico, riduzione della pericolosità e del rischio idrogeologico - assumono e valutano le indicazioni di appositi studi di compatibilità idraulica e geologica e geotecnica, predisposti in osservanza dei successivi articoli 24 e 25, riferiti a tutto il territorio comunale o alle sole aree interessate dagli atti proposti all'adozione. Le conseguenti valutazioni comunali, poste a corredo degli atti di piano costituiscono oggetto delle verifiche di coerenza di cui all'articolo 32 commi 3, 5, della legge regionale 22.4.2002, n. 7 (legge finanziaria 2002).

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

Il Comune di Simaxis ha provveduto a redigere lo studio di compatibilità idraulica, geologica e geotecnica per l'adeguamento del proprio PUC al PAI ai sensi dell'articolo 8 comma 2 delle NA del PAI medesimo. Tale studio è stato adottato con deliberazione del Consiglio Comunale n.22 del 11.07.2019 e approvato in via preliminare dall'Agenzia del Distretto Idrografico della Regione Sardegna con delibera del Comitato Istituzionale n.5 del 23/10/2020.

L'area oggetto di indagine ricade nella fascia di pericolosità Hi1.



Figura 5 - Sovrapposizione aree di pericolosità ex art.8 c.2 su ortofoto

1.6 Inquadramento PGRA

In attuazione delle previsioni dell'art. 7 del D.Lgs. 49/2010 e dell'art. 13 del D.Lgs. 152/2006, con la Deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna n. 1 del

30.07.2015 è stata adottata la “Proposta di Piano di gestione del rischio di alluvioni” (di qui in poi PGRA) e la relativa documentazione per la Valutazione Ambientale Strategica, comprendente il Rapporto Ambientale, la Sintesi non tecnica e la Valutazione di incidenza ambientale.

Con successiva Deliberazione del Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino della Regione Sardegna n. 2 del 30.07.2015 è stata approvata la proposta di variante al PAI costituita dall’integrazione del Titolo V alle N.A del PAI recante “Norme in materia di coordinamento tra il PAI e il Piano di Gestione del rischio di alluvioni (PGRA)” così come riportato nell’allegato A della suddetta deliberazione.

Le quattro classi di legenda utilizzate negli strumenti di pianificazione succitati (PAI, PSFF, studi ex art. 8 c.2 PAI e aree Cleopatra) sono state ricondotte alle tre classi individuate dal D.Lgs. 49/2010:

P3 – Classe di pericolosità elevata, per eventi con tempo di ritorno minori o uguali a 50 anni;

P2 – Classe di pericolosità media, per eventi con tempo di ritorno compresi tra 50 e 200 anni;

P1 – Classe di pericolosità bassa, per eventi con tempo di ritorno compresi tra 200 e 500 anni.

In figura 6 viene riportata la perimetrazione del PGRA su ortofoto. Si può osservare che, in accordo con il PAI e il PSFF, la lottizzazione ricade al di fuori delle fasce di pericolosità.



Figura 6 - Sovrapposizione aree di pericolosità PGRA su ortofoto

2. Proposta progettuale

L'area di intervento, della superficie di 9'979 m², presenta condizioni piano altimetriche del terreno omogenee.

L'impostazione data dal progettista tende a formare un insieme omogeneo di spazi e percorsi, avendo come fine la riqualificazione dell'intera area, che conterrà al suo interno un mix di residenze e servizi, tale da garantirne la vitalità nonostante la posizione esterna rispetto al centro del paese.

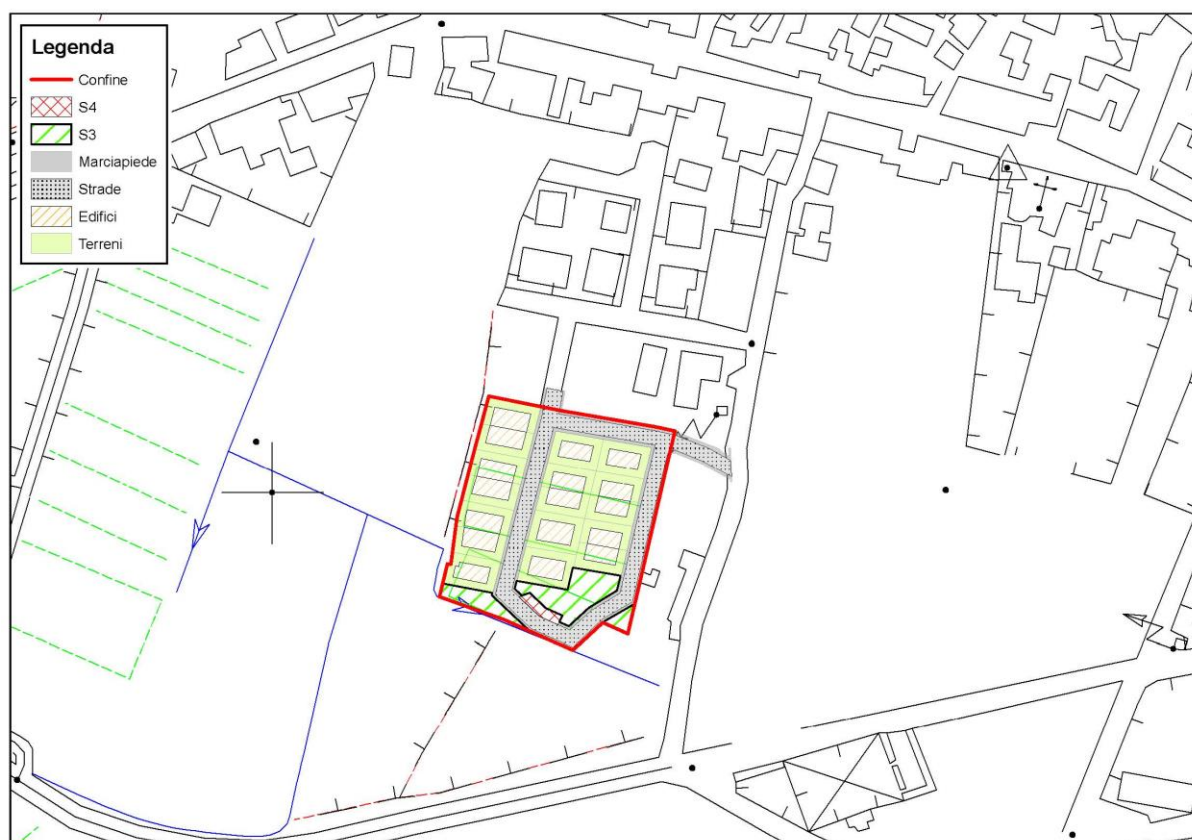


Figura 7 – Planimetria del progetto

Come si evince dalla relazione generale, il Piano di Lottizzazione proposto, tenendo conto anche delle volumetrie esistenti, prevede una suddivisione dei volumi realizzabili secondo le seguenti percentuali:

- A. 70% per volumetria residenziale
- B. 20% per volumetria non residenziale
- C. 10% per volumetria per urbanizzazione secondaria

Si riportano i calcoli planovolumetrici esposti nella suddetta relazione.

SUPERFICIE TERRITORIALE REALE

St = 9'979 mq

INDICE TERRITORIALE

It = 1 mc/mq

VMAX REALIZZABILE $9'979,00 \times 1,0 = 9'979$ mc di cui:

A) 70% per volumi residenziali = 6'985,30 mc

B) 20% per volumetrie non residenziali = 1'995,80 mc

C) 10% per volumetria riservata al Comune (servizi) = 997'90 mc

Nell'elaborato grafico "PLANIVOLUMETRICO" vengono riportati i parametri costitutivi del presente

Piano di Lottizzazione

VMAX CONSENTITO 8'722,36 mc

VMAX DEL PIANO 8'722,03 mc

VOL. RESIDENZIALE 6'783,82 mc < (A)

VOL. NON RESIDENZIALE 1'938,21 mc < (B)

Nell'elaborato Planivolumetrico vengono indicati i vari lotti con la rispettiva potenzialità volumetrica di realizzazione.

Nell'elaborato sopracitato, vengono riportate retinate le future volumetrie interne ai lotti, al solo scopo di individuare la futura dislocazione delle nuove volumetrie che dovranno essere posizionate internamente a tali zone retinate, lasciando libero ciascun progettista di posizionare le costruzioni in tale zona retinata, e ponendo come vincolo la distanza dai confini reali e le altezze.

Di seguito si riporta uno schema riepilogativo relativo all'utilizzo delle superfici:

Tipologia	Area [mq]
Nuovo edificato residenziale	2'454,38
Verde privato	3'360,53
Viabilità interna (strade e marciapiedi)	2'971,59
S3	1'086,61
S4	105,89

Tabella 1 - Utilizzo del suolo all'interno della lottizzazione

3. Definizione dell'idrografia superficiale

Sulla base di quanto esposto nella Deliberazione del C.I. dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna n.3 del 30/07/2015, all'art 1 si dice che *"per le finalità di applicazione delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI e delle relative Direttive, di identificare quale reticolo idrografico di riferimento per l'intero territorio regionale l'insieme degli elementi idrici contenuti nell'ultimo aggiornamento dello strato informativo 04_ELEMENTO_IDRICO.shp del DGBT_10k_Versione 0.1 (Data Base Geo Topografico 1:10.000), da integrare con gli ulteriori elementi idrici eventualmente rappresentati nella cartografia dell'Istituto Geografico Militare (IGM), Carta topografica d'Italia-serie 25V edita per la Sardegna dal 1958 al 1965"*.

Sulla scorta di tale deliberazione, è stata quindi definita l'idrografia dell'area in esame la quale risulta ricompresa all'interno del bacino del fiume Tirso, e più in particolare al di là dell'argine in sinistra idraulica del fiume Tirso medesimo.

In quest'area è presente una rete di canali di bonifica di scarsa importanza ai fini della valutazione della pericolosità idraulica e comunque distanti dai confini della lottizzazione.

In figura 8 si riporta uno stralcio dell'ortofoto con segnalati i dreni minori individuati in ambito dello studio di adeguamento del PUC al PAI e i corsi d'acqua più rilevanti, quali il Tirso e il suo affluente in sinistra, il Rio Sant'Elena.



Figura 8 - Idrografia superficiale nell'area di interesse

4. Studio geologico

L'area interessata dall'intervento progettuale ricade nella fossa tettonica del Campidano colmata da una potente coltre alluvionale caratterizzata da una sequenza depositi alluvionali ciottolosi del Pleistocene a matrice variabile da argillosa ad argillo-sabbiosa o sabbiosa. Possono essere altresì presenti livelli sabbiosi con debole percentuale di ghiaie.

Il contesto geologico nel quale ricade la lottizzazione è caratterizzato da depositi alluvionali subrecenti olocenici lungo le valli percorse dai corsi d'acqua attivi e da depositi alluvionali terrazzati pleistocenici giacente a quote più elevate.

L'area di intervento ricade su questi ultimi depositi costituiti da ghiaie medio fini a matrice sabbio-limosa. La coltre più superficiale è occupata da suolo agrario dal drenaggio da moderato a lento.

Indagini geognostiche eseguite in fase di progettazione hanno permesso di rilevare la presenza di sedimenti sottili costituiti da sabbie limo argillose debolmente ghiaiose in percentuali variabili mediante comprimibili sino ad una profondità variabile da -0,60 m a -1,00 m dal piano campagna. Oltre tale profondità il terreno mostra un progressivo incremento della frazione granulometrica sabbiosa e ghiaiosa, con una matrice limo argillosa di elevata plasticità.

Nel corso delle indagini geognostiche non è stata individuata la presenza di circolazione idrica subsuperficiale.

La morfologia dell'area è pianeggiante con pendenze inferiori all'1%, si presenta e non presenta alcun livello di pericolosità geologico e geomorfologico.

Pertanto, dal punto di vista geologico l'intervento in progetto è pienamente compatibile.

5. Studio idrologico

Le fasce di pericolosità idraulica più elevate, viste al paragrafo 1, sono quelle relative alla piena del rio Sant'Elena, affluente in sinistra idraulica del fiume Tirso che scorre appena a nord del centro abitato di Simaxis, per cui ci si limiterà a descrivere lo studio idrologico e idraulico condotto nello studio di adeguamento del PUC al PAI del citato comune di Simaxis.

Il bacino del Rio Sant'Elena si estende per una superficie di poco inferiore ai 120 km², andando ad interessare oltre che il territorio comunale di Simaxis anche i comuni di Usellus, Mogorella, Villaurbana, Sciamanna, Siapiccia e Ollastra.

Il bacino è orientato in direzione sud-nord, con quote che variano tra i 650 m nel versante che confina con i monti di Allai, sino ai 450 m s.l.m. nel versante sud nelle aree all'interno del comune di Usellus e Villaverde. All'interno del territorio comunale di Simaxis, il bacino tende progressivamente ad assumere una conformazione pianeggiante, con pendenze estremamente basse.

Analoga condizione caratterizza anche il reticolo idrografico e l'asta principale del bacino, a valle del limite amministrativo il campo delle pendenze tende ad assumere valori decisamente più bassi. Progressivamente, mentre ci si avvicina al punto di immissione con il Tirso, il reticolo idrografico si incrocia con il sistema drenante di bonifica.

Di seguito si riportano le principali caratteristiche geomorfologiche del bacino del rio Sant'Elena in prossimità dell'immissione nel fiume Tirso.

Area bacino	Quota massima	Quota media	Quota minima	Pendenza media del bacino	Lunghezza asta	Pendenza asta
km ²	m s.l.m.	m s.l.m.	m s.l.m.	m/m	km	m/m
118,9	670,1	191,0	7,8	0,17	27,16	0,01

Tabella 2 - Parametri geomorfologici Rio Sant'Elena

Al fine di definire le portate di progetto è necessario utilizzare un modello afflussi-deflussi a partire dai dati storici delle precipitazioni, ovvero usare un metodo indiretto.

Nello studio di compatibilità idraulica del Comune di Simaxis è stato utilizzato, conformemente a quanto previsto dalle Linee Guida del P.A.I., il modello TCEV (Two Component Extreme Value) per la stima delle precipitazioni di progetto. .

Gli apporti meteorici così definiti non contribuiscono totalmente alla formazione delle piene per via della naturale capacità del terreno di immagazzinare acqua per infiltrazione nonché dell'intercezione operata dalla vegetazione presente. Tale aspetto, rappresentato dal coefficiente di deflusso, può essere quantificato attraverso il metodo CN del Soil Conservation Service.

Tutto ciò premesso, di seguito si riportano i valori riportati nel citato studio di riferimento utili per il calcolo delle precipitazioni di progetto:

Tempo di corrivazione	CN (III)	SZO	Pioggia indice hg	Ragguaglio areale
ore			mm	
4,9	90	1	46,3	0,89

Tabella 3 - Elementi per il modello afflussi-deflussi

Sulla scorta di quanto sopra è possibile quindi definire le precipitazioni di progetto per i 4 tempi di ritorno di riferimento (50, 100, 200 e 500 anni) e calcolare le relative portate di progetto mediante la formula razionale secondo cui

$$Q = r \frac{h_{netta} \cdot A}{t_c}$$

In tabella 4 si riportano i risultati.

Tempo di ritorno	Altezza di precipitazione	Pioggia netta ragguagliata	Portata al colmo
anni	mm	mm	m ³ /s
50	69,48	45,06	305,66
100	78,92	53,06	359,97
200	88,30	61,06	414,24
500	100,59	71,62	485,88

Tabella 4 – Valori tratti dallo studio di compatibilità idraulica del comune di Simaxis

6. Studio idraulico

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

Lo scenario degli allagamenti all'interno del Rio Sant'Elena è stato individuato attraverso la modellazione idraulica di 5 elementi idrografici: il Rio Sant'Elena stesso, i suoi due affluenti in sponda destra (individuato sul Geodatabase come Canale Collettore di Bonifica Zona 1 e Riu Corrias) e i due affluenti in sponda sinistra (Compl_Cea_Arranas e Compluvio Stazione Simaxis).

5.1 Definizione del modello

L'analisi idraulica è stata condotta utilizzando il modello numerico di HEC-RAS che consente il calcolo dell'andamento dei profili della corrente in moto permanente gradualmente variato o in moto vario in alveo naturali o canali artificiali includendo anche la valutazione degli effetti sulla corrente dovuti all'interazione con ponti, tombinature, briglie, stramazzi, aree golenali etc.

La modellazione idraulica è stata condotta in condizioni di moto permanente imponendo come condizioni da monte le portate definite al punto 4 ai vari tempi di ritorno.

Aspetto fondamentale nella modellazione è la generazione della geometria del tracciato sia in termini di andamento planialtimetrico sia relativamente alle strutture presenti. Per far ciò, la geometria del tratto è stata definita sulla base del rilievo topografico appositamente realizzato per la redazione del Piano Stralcio Fasce Fluviali e del rilievo LIDAR 2008 con passo 1m laddove disponibile, ovvero con passo 10m altrove.

Quindi, una volta definita la base planialtimetrica, sono state inserite le infrastrutture presenti lungo il tracciato quali attraversamenti ferroviari, ponti stradali e ponti tubo. Inoltre, sono stati individuati lungo lo sviluppo trasversale delle sezioni le arginature mediante il comando levees.

Per la definizione del profilo idraulico, è necessario calibrare adeguatamente anche il parametro di scabrezza (coefficiente di Manning n), il quale è stato calcolato utilizzando una metodologia di dettaglio in modo da differenziare le caratteristiche delle singole porzioni di ogni sezione trasversale sulla base dei risultati delle attività di campo.

Una volta definita la geometria si devono definire le condizioni al contorno del moto. HEC-RAS prevede tre diversi tipi di corrente (lenta, veloce, mista) a seconda della quale cambiano le condizioni da imporre.

5.2 Risultanze dello studio

Dalla modellazione idraulica emerge una diffusa insufficienza delle sezioni idrauliche; nel dettaglio, si può evidenziare quanto segue.

Si osserva un'insufficienza che determina larghezze del fronte di allagamento comprese tra i 350 m e i 400 m; tale fronte tende ad incrementarsi già dopo oltre un chilometro dal limite comunale andando ad interessare alcune aree in località Bau e Carru poco a monte con l'intersezione con il canale adduttore. In corrispondenza dell'area di cui sopra l'area di esondazione si allarga sino a raggiungere una dimensione tra i 550 e i 650m.

Superato il sifone del canale partitore, il deflusso è confinato in destra idraulica dalla strada in rilevato, e in sinistra idraulica dal partitore stesso. Il partitore contribuisce in sinistra idraulica del Rio Sant'Elena per la presenza di un'arginatura che risulta inadeguata per portate superiori alle centenarie. Il canale stesso diventa inoltre sede di scorrimento per le portate duecentenaria.

Un chilometro a valle del sifone, l'argine si allontana dal partitore e corre in affiancamento al rio Sant'Elena, il che determina un incremento del livello della corrente e una conseguente insufficienza dell'argine destro del Rio che a questo punto tende ad interessare anche per le portate minori la sede stradale che precedentemente fungeva da argine.

In prossimità dell'abitato, il fiume si avvicina e raggiunge in corrispondenza della via Sant'Elena la massima vicinanza. L'argine risulta adeguato per la portata cinquantenaria mentre per la portata centenaria risulta sormontato andando ad interessare l'ampio spazio davanti all'abitato sino ad infiltrarsi nella via Amsicora, la pericolosità H_{i4} si attesta all'altezza del civico 34 circa, mentre la pericolosità h_{i2} prosegue sino a risalire al crocevia con la via Brancaleone.

Il ponte in uscita del paese risulta un ostacolo per il deflusso il quale tende ad interessare per la cinquantenaria le aree in destra idraulica, mentre in sinistra idraulica, la portata centenaria supera l'arginatura e continua ad interessare parte dell'abitato sin quasi la via Garibaldi.

La via Temo tende a confinare il limite delle aree allagabili, in sponda sinistra; parte dell'edificato è interessato dalle aree di pericolosità idraulica cinquantenaria e centenaria, l'area tende ad estendersi in sinistra idraulica a valle dell'edificato per la presenza di aree a quota inferiore. In questa sede l'area di esondazione legata ai deflussi del Rio Sant'Elena ricalca quasi esattamente le aree individuate dalla stesura del PSFF, il livello di consegna del Sant'Elena sul Tirso è dato dai livelli idrici desunti sul tabulato del medesimo riportato sulle monografie e conseguentemente ed evidentemente i livelli di allagamento nel punto di unione tra i due fiumi si attestano sugli stessi valori

5.3 Aree inondabili

Lo scenario descritto in precedenza mette in evidenza diffuse criticità idrauliche sebbene il centro abitato ne sia interessato solo marginalmente.

Osservando la figura seguente, si può notare come la gran parte del comune di Simaxis, tra cui l'area oggetto di intervento (in rosso), ricada in area Hi1.



Figura 9 - Ricostruzione delle aree allagabili su base ortofoto

Sulla base della planimetria delle sezioni, si può notare come la lottizzazione si trovi nelle immediate vicinanze della sezione RS=286

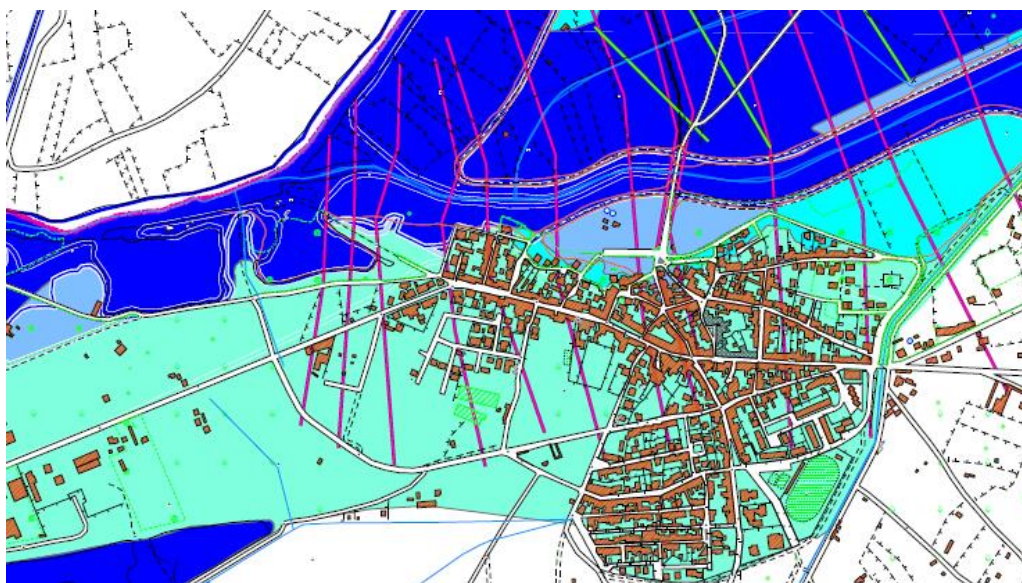


Figura 10 - Sezioni di calcolo sul rio Sant'Elena

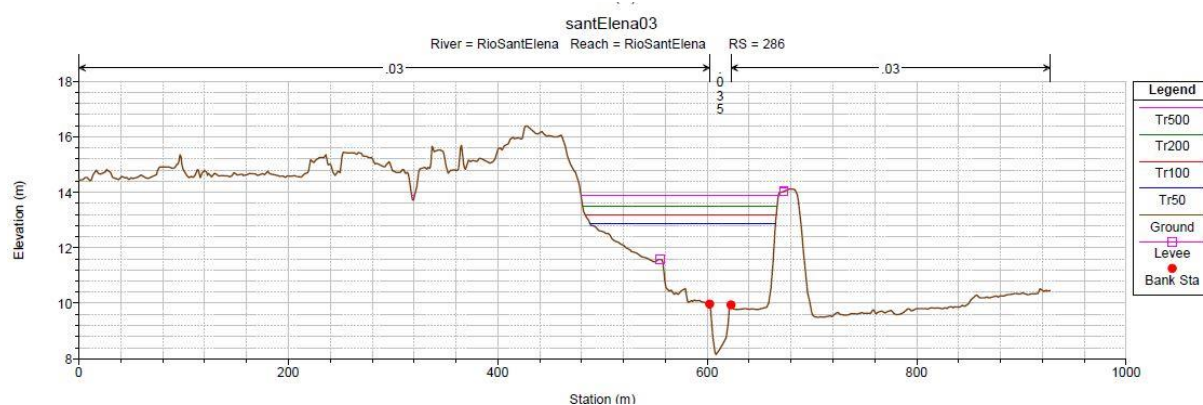


Figura 11 - Modellazione idraulica Sezione RS 286

Come ben evidente in figura 11 e nei tabulati di HEC-RAS allegati allo studio di compatibilità idraulica comunale, le quote dei peli liberi per i tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni sono rispettivamente pari a 12.89, 13.19, 13.49 e 13.89.

Sulla base del dtm con passo a 1 m, mappa 52905007, è stato possibile valutare la quota minima del piano su cui insiste l'area di lottizzazione che risulta pari a circa 14,40 m slm, valore superiore rispetto a quelli sopra menzionati.

In realtà, la pericolosità idraulica Hi1 del centro abitato può essere frutto dell'esondazione di una piena con tempo di ritorno di 500 anni in un tratto più a monte il cui pelo libero si attesta comunque intorno ai 14 m slm.

7. Compatibilità degli interventi

Come si è mostrato nei capitoli precedenti, l'elemento idrico più interessante ai fini del presente studio risulta essere il rio Sant'Elena, il quale è caratterizzato dalla presenza di un'arginatura sia in sinistra che in destra idraulica.

L'argine in destra appare decisamente sottodimensionato, mentre quello in sinistra protegge il centro abitato da eventi fino a tempi di ritorno di circa 200 anni. Infatti, il Piano di Lottizzazione "Cozzolino e più" è sito totalmente nella fascia di pericolosità Hi1 (tempo di ritorno di 500 anni).



Figura 12 - Confine del Piano Attuativo della Lottizzazione Cozzolino e più

L'articolo 30 delle Norme di Attuazione del PAI (Disciplina delle aree di pericolosità idraulica media Hi1) prevede:

1. *Fermo restando quanto stabilito negli articoli 23 e 24, nelle aree di pericolosità idraulica moderata compete agli strumenti urbanistici, ai regolamenti edilizi ed ai piani di settore vigenti disciplinare l'uso del territorio e delle risorse naturali, ed in particolare le opere sul patrimonio edilizio esistente, i mutamenti di destinazione, le nuove costruzioni, la realizzazione di nuovi impianti, opere ed infrastrutture a rete e puntuali pubbliche o di interesse pubblico, i nuovi insediamenti produttivi commerciali e di servizi, le ristrutturazioni urbanistiche e tutti gli altri interventi di trasformazione urbanistica ed edilizia, salvo in ogni caso l'impiego di tipologie e tecniche costruttive capaci di ridurre la pericolosità ed i rischi.*
2. *Per i corsi d'acqua o per i tratti degli stessi studiati mediante analisi idrologico-idraulica, nelle aree individuate mediante analisi di tipo geomorfologico che si estendono oltre le*

fasce di pericolosità moderata individuata col criterio idrologico idraulico si applica la disciplina di cui al comma 1.

Gli interventi previsti ricadono nella fattispecie prevista dall'articolo 30 per cui risultano essere compatibili con le norme di attuazione del P.A.I. vigente.

Inoltre, considerato che l'area di intervento non presenta alcun livello di pericolosità geologico e geomorfologico, si ritiene che le opere previste in progetto, da questo punto di vista, siano pienamente compatibili.

PARTE SECONDA

1. Classe di intervento

Una prima suddivisione della classe degli interventi di trasformazione territoriale da attribuire riguarda le superfici territoriali interessate dagli strumenti attuativi di pianificazione locale o altri strumenti di analoga valenza. In particolare bisogna far riferimento alla superficie totale territoriale interessata dall'intero comparto in trasformazione e non solamente al singolo lotto.

La definizione delle classi di intervento consente di diversificare, sulla base dell'entità territoriale in esame, l'approccio metodologico per il calcolo idrologico e idraulico che consenta la valutazione della modifica delle portate e dei volumi nell'area interessata dall'intervento di trasformazione.

Sulla scorta di quanto appena esposto, è possibile definire la classe di intervento come previsto dalle Linee guida e indirizzi operativi per l'attuazione del principio della invarianza idraulica ai sensi dell'articolo 47 delle NTA del PAI.

La classificazione degli interventi di trasformazione territoriale riguarda le superfici interessate dagli strumenti attuativi di pianificazione locale. Di seguito si riporta tale suddivisione:

Classe	Livello di impermeabilizzazione potenziale	Superficie territoriale
a	trascurabile	inferiore a 0.1 ha
b	modesta	compresa tra 0.1 e 0.5 ha
c	significativa	compresa tra 0.5 e 10 ha
d	sostanziale	superiore a 10 ha

Tabella 5 – Classi degli interventi di trasformazione territoriale

L'area interessata dal presente studio ha un'estensione di poco inferiore a 1 ha, per cui ricade nella classe c di significativa impermeabilizzazione potenziale, per la quale la relazione generale delle Linee Guida prevede che

“Nel caso di interventi di superficie compresa tra 0.5 e 10 ha, andranno dimensionati i tiranti idrici ammessi nelle luci di scarico, negli invasi e nel sistema drenante in modo da garantire che la portata massima defluente dall'area in trasformazione sia non superiore ai valori precedenti l'intervento di trasformazione territoriale. Se è presente una situazione di particolare criticità nella capacità di deflusso del recettore, si possono imporre ulteriori limitazioni nelle portate scaricate prevedendo processi di laminazione che consentano di trasferire nel tempo la consegna dei deflussi.

È di fondamentale importanza la ricognizione e caratterizzazione del recapito nel quale la portata dovrà essere scaricata. È, pertanto, richiesta la verifica del recettore. È necessario che l'intervento preveda la realizzazione di misure e opere compensative per garantire l'invarianza idraulica. In termini generali, si stabilisce che dovranno quindi essere esaminate le varie tipologie per la realizzazione di opere compensative (vasche di laminazione, bacini di infiltrazione, pavimentazioni filtranti, tetti verdi etc.). La definizione delle opere compensative e l'inserimento paesaggistico e architettonico degli spazi e strutture utilizzati per la compensazione dei deflussi dovrà essere costituito da elaborati grafici e da una relazione tecnica descrittiva atta a dimostrare la loro rispondenza a quanto richiamato in premessa.”

2. Studio idrologico

Per poter determinare le portate di progetto relative alla zona di intervento è necessario preliminarmente definire il valore del Curve Number (CN), e quindi calcolare lo ietogramma di progetto con le curve di possibilità pluviometria di Deidda et al del 2000.

2.1 CN – Stato attuale

Per individuare il valore del CN è necessario caratterizzare il suolo da un punto di vista geo-pedologico, ovvero valutare il tipo di suolo sul quale si intende intervenire e l'uso che ne viene fatto. A tal fine si possono utilizzare la Carta geologica della Sardegna, gli studi eseguiti per la definizione dello Strumento urbanistico comunale e, ancora, studi di dettaglio di geopedologia.

Sulla base della Carta Geologica pubblicata sul Geoportale della Regione Sardegna si può osservare come l'area ricada in una zona con sedimenti alluvionali.

In seguito a indagini geognostiche condotte in sito si è evidenziata sino ad una profondità variabile da -0,60 m a -1,00 m dal piano campagna la presenza di sedimenti sottili costituiti da sabbie limo argillose debolmente ghiaiose in percentuali variabili mediante comprimibili. Oltre tale profondità il terreno mostra un progressivo incremento della frazione granulometrica sabbiosa e ghiaiosa, con una matrice limo argillosa di elevata plasticità.

Sulla scorta di quanto sopra si è scelto di attribuire al suolo la tipologia C, ovvero quella dei suoli che, quando completamente saturi, hanno un deflusso superficiale potenziale (runoff) moderatamente alto e l'acqua attraversa il suolo con qualche limitazione.

Il passo successivo consiste nell'individuare le classi di uso del suolo sulla base della classificazione Corine Land Cover RAS – 2008 e tramite studi specificatamente condotti sull'area in esame. Infatti, ad ogni classe viene associato un valore del CN nella condizione AMC II (Antecedent Moisture Condition, ovvero la condizione di umidità del suolo in funzione della precipitazione antecedente di 5 giorni) che verrà pesato sulle superfici così da ottenere un valore caratteristico per l'intera area di intervento.

Nel caso specifico l'area ricade interamente nella categoria 2112 – Prati artificiali.

UDS Descrizione	UDS COD	Area m2	CN-II
Prati artificiali	2112	9979,00	81

Tabella 6 – Calcolo del CN-IIa

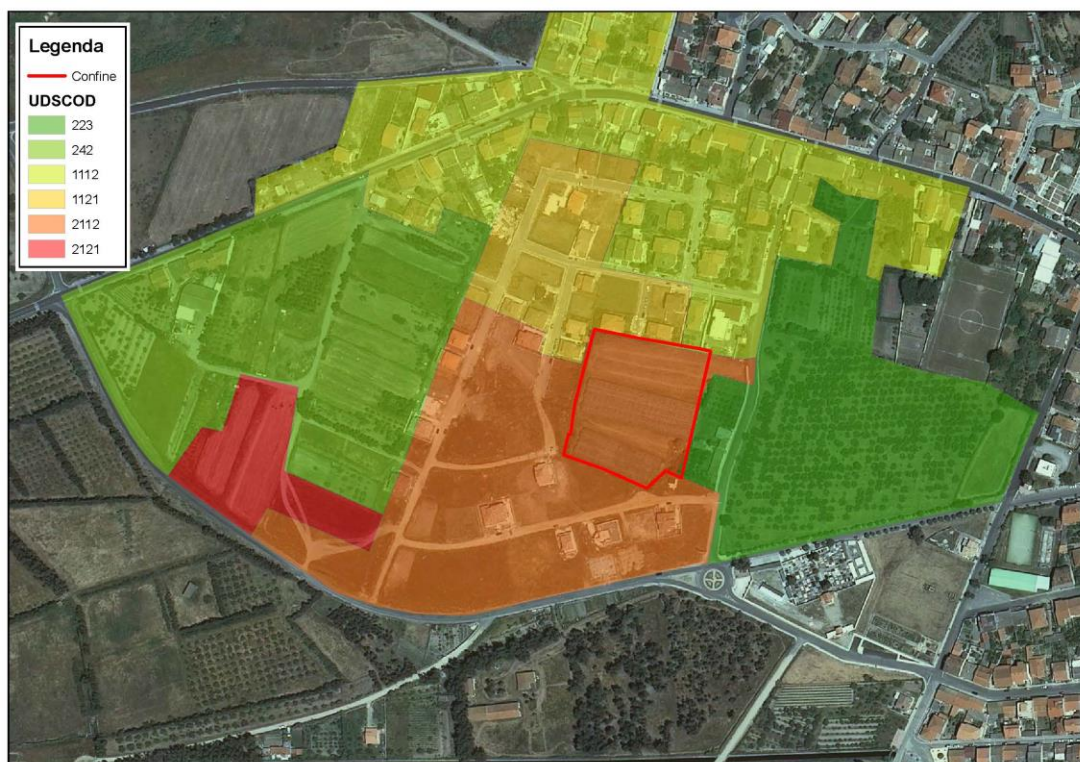


Figura 13 - Uso del suolo all'interno dell'area di intervento

Tale valore deve essere poi convertito in CN-IIIa (AMC III), più cautelativo rispetto alla condizione II, secondo quanto previsto dalla metodologia proposta dal Soil Conservation Service (SCS):

$$CN - IIIa = \frac{23 CN (IIa)}{10 + 0.13 CN (IIa)} = 90.75$$

2.2 CN – Stato di progetto

Con la medesima procedura descritta al paragrafo precedente, si deve determinare il valore del CN nella configurazione di progetto in quanto gli interventi previsti modificano inevitabilmente l'utilizzo del suolo.

Come già detto al paragrafo 2 della Parte Prima, la pianificazione in esame prevede la realizzazione di edifici adibiti a residenze e della viabilità ad uso pubblico.

L'allegato 1 delle Linee Guida per l'Invarianza Idraulica prevede una corrispondenza tra le varie tipologie di copertura e il parametro CN, per cui è possibile ottenere anche nello scenario post-operam un valore identificativo del CN per l'intera lottizzazione mediante media pesata sulle aree.



Figura 14 - Coperture di progetto

Sulla base della proposta progettuale, riportata in figura 14, si ottengono i seguenti valori.

Tipologia	Superficie [m ²]	Categoria di superficie	Codice Tabella	Area [m ²]	CN-II	CN * Ai/Atot
Aree residenziali private	5814.91	Residenze con copertura in tegole	C7	2454.38	99.0	24.35
		Verde	S1	3360.53	78.0	26.27
Viabilità	2971.59	Strada in conglomerato bituminoso	P10	2971.59	99.0	29.48
S3	1086.61	Verde	S1	1086.61	78.0	8.49
S4	105.89	Pavimentazione con autobloccanti	P4	105.89	85.0	0.90
Totale	9979.00			CN-IIp		89.49

Tabella 7 – Calcolo del CN nello stato di progetto

Tale valore deve essere poi convertito in CN-IIIp (AMC III), più cautelativo rispetto alla condizione II, secondo quanto previsto dalla metodologia proposta dal Soil Conservation Service (SCS):

$$CN - IIIp = \frac{23 \text{ CN } (IIp)}{10 + 0.13 \text{ CN } (IIp)} = 95.14$$

2.3 Calcolo dello ietogramma di progetto

A questo punto è necessario calcolare la pioggia di progetto. Questo calcolo è stato eseguito mediante le Curve di Possibilità Pluviometria estratte dalla distribuzione TCEV regionalizzata di Deidda e Piga. Tale metodo prevede la suddivisione della Sardegna in 3 sottozone omogenee (SZO), come in figura:

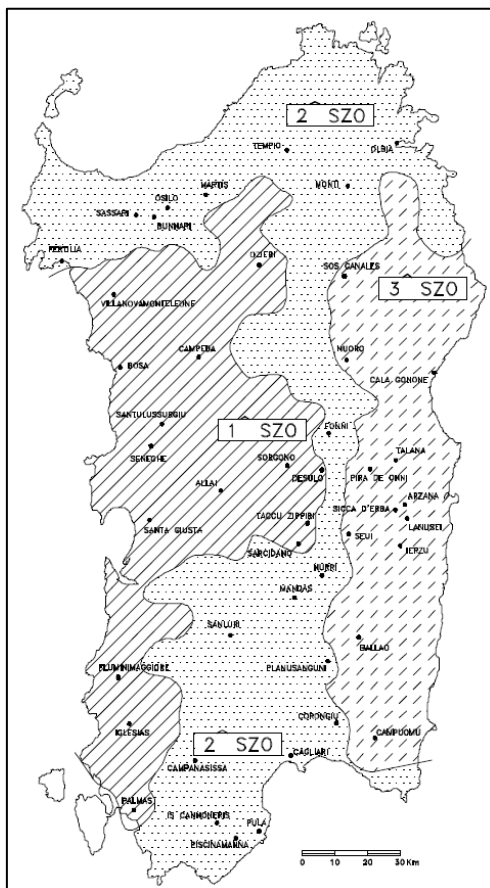


Figura 15 - Suddivisione della Sardegna in SottoZone Omogenee

Inoltre, deve essere individuata la cosiddetta pioggia indice giornaliera H_g , ovvero la media dei massimi annui di precipitazione giornaliera, sulla seguente figura in funzione della posizione del sito in esame.

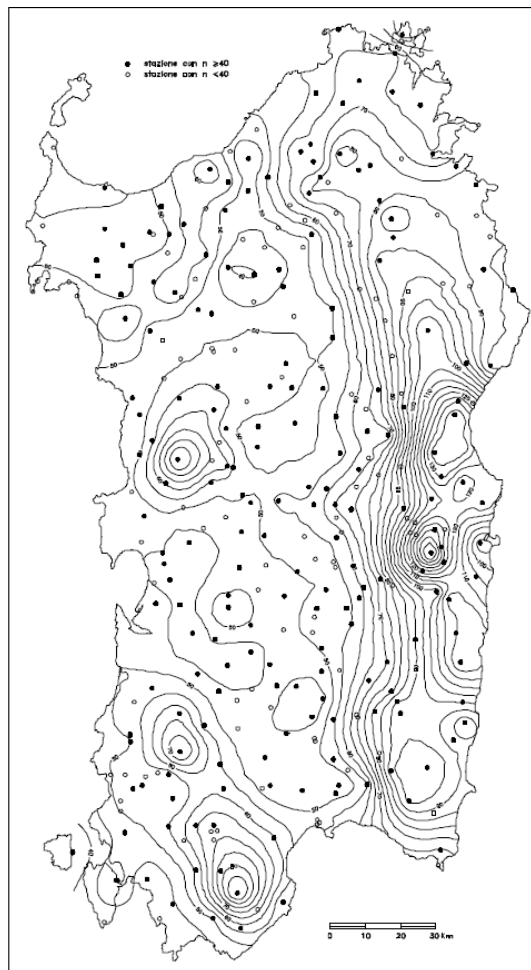


Figura 16 – Carta della pioggia indice giornaliera

Nel caso oggetto di studio, ci si trova nella condizione di SZO 1 e $H_g = 45$ mm.

A partire da questi parametri, dal tempo di corrivazione del bacino o di pioggia e dai tempi di ritorno di interesse previsti, si possono calcolare le altezze di precipitazione lorde di progetto attraverso la curva di possibilità pluviometrica Deidda et al. (2000)

$$h_{Tr}(t_c) = Hm(t_c)at_c^n$$

nella quale:

$$Hm(t_c) = 1.1287H_g \left(\frac{t_c}{24} \right)^{-0.493+0.476 \log(H_g)}$$

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

per la sottozona I:

$$a = 0.4642 + 1.0376 \cdot \text{Log}(Tr)$$

$$n = -0.18488 + 0.22960 \cdot \text{Log}(Tr) - 0.033216 \cdot (\text{Log}(Tr))^2 \quad (\text{per } t_c < 1 \text{ ora})$$

$$n = -0.01469 - 0.0078505 \cdot \text{Log}(Tr) \quad (\text{per } t_c > 1 \text{ ora})$$

per la sottozona II:

$$a = 0.43797 + 1.089 \cdot \text{Log}(Tr)$$

$$n = -0.18722 + 0.24862 \cdot \text{Log}(Tr) - 0.0336305 \cdot (\text{Log}(Tr))^2 \quad (\text{per } t_c < 1 \text{ ora})$$

$$n = -0.0063887 - 0.004542 \cdot \text{Log}(Tr) \quad (\text{per } t_c > 1 \text{ ora})$$

per la sottozona III:

$$a = 0.40926 + 1.1441 \cdot \text{Log}(Tr)$$

$$n = -0.1906 + 0.264438 \cdot \text{Log}(Tr) - 0.038969 \cdot (\text{Log}(Tr))^2 \quad (\text{per } t_c < 1 \text{ ora})$$

$$n = 0.014929 + 0.0071973 \cdot \text{Log}(Tr) \quad (\text{per } t_c > 1 \text{ ora})$$

Le Linee Guida prevedono la definizione di uno ietogramma Chicago con durata della pioggia di 30 minuti, posizione del picco posto in $r = 0.4$ e con passo temporale Δt di 1 minuto.

Nel caso di lottizzazioni appartenenti alla classe di intervento c), inoltre, devono essere considerati i seguenti tempi di ritorno:

- $Tr=20$ anni per il dimensionamento delle rete di drenaggio interno alla lottizzazione;
- $Tr=50$ anni per il dimensionamento della vasca di accumulo e della portata massima scaricabile nel recettore finale.

Da quanto appena descritto si ottiene quanto segue:

t_p	0.5	
SZO	1	
Hg	45	
$Hm(t_p)$	16.28	
Tr	20	50
a	1.81	2.23
n	0.06	0.11
$h_{Tr}(t_p)$	28.38	33.61

Tabella 8 - Determinazione delle altezze di precipitazione lorde

Come detto in precedenza, le linee guida fissano un valore per il parametro r , il quale rappresenta la posizione relativa del picco. Pertanto, il picco d'intensità sarà posto ad un tempo $t = 12$ minuti dopo l'inizio della pioggia.

I valori delle intensità di precipitazione necessarie per la definizione dello ietogramma Chicago si ottengono mediante le seguenti relazioni:

$$i(t) = na \left(\frac{rt_p - t}{r} \right)^{n-1} \quad t < rt_p$$

$$i(t) = na \left(\frac{t - rt_p}{1 - r} \right)^{n-1} \quad t > rt_p$$

Di seguito si riportano gli ietogrammi ottenuti per i due tempi di ritorno previsti.

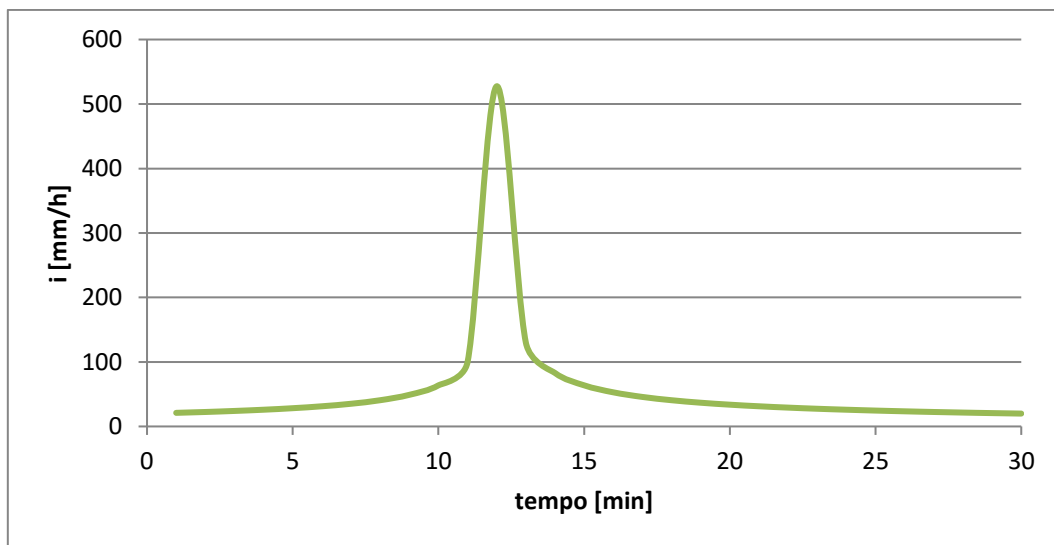


Figura 17 - Ietogramma per $Tr=20$ anni

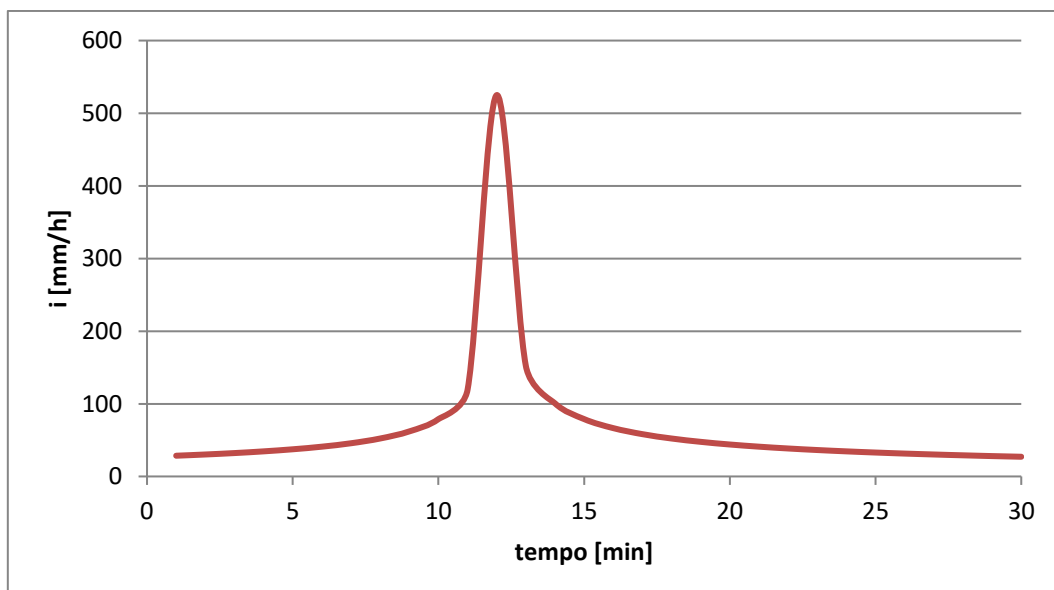


Figura 18 - Ietogramma per $Tr=50$ anni

2.4 Stima dell'idrogramma di piena

Per la generazione degli idrogrammi di piena si è utilizzato, come previsto nell'allegato 3 delle linee guida, l'approccio modellistico e il software Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) della U.S. Army Corps of Engineers. Questo si basa sul metodo CN-SCS, ovvero sull'utilizzo del parametro CN calcolato in precedenza e di alcuni parametri direttamente correlabili ad esso quali:

- S: Storage, ossia il volume specifico infiltrabile nel terreno

$$S = \frac{25400 - 254 \text{ CN}}{\text{CN}}$$

- I_a: Initial Abstraction, ossia le perdite dovute alla presenza di vegetazione, all'evaporazione e altri fattori

$$I_a = 0.2 S$$

	CN-II	CN-III	S	I _a
Stato attuale	81.00	90.75	23.51	4.70
Post Intervento	89.49	95.14	12.34	2.47

Tabella 9 - Parametri utili per il calcolo della portata

Il tempo di ritardo (Lag Time) richiesto dal programma HEC-HMS è stato posto pari al 60% del tempo di pioggia e rappresenta la distanza temporale tra il baricentro dello ietogramma e il picco dell'idrogramma risultante.

Si riportano di seguito i risultati dell'elaborazione condotta:

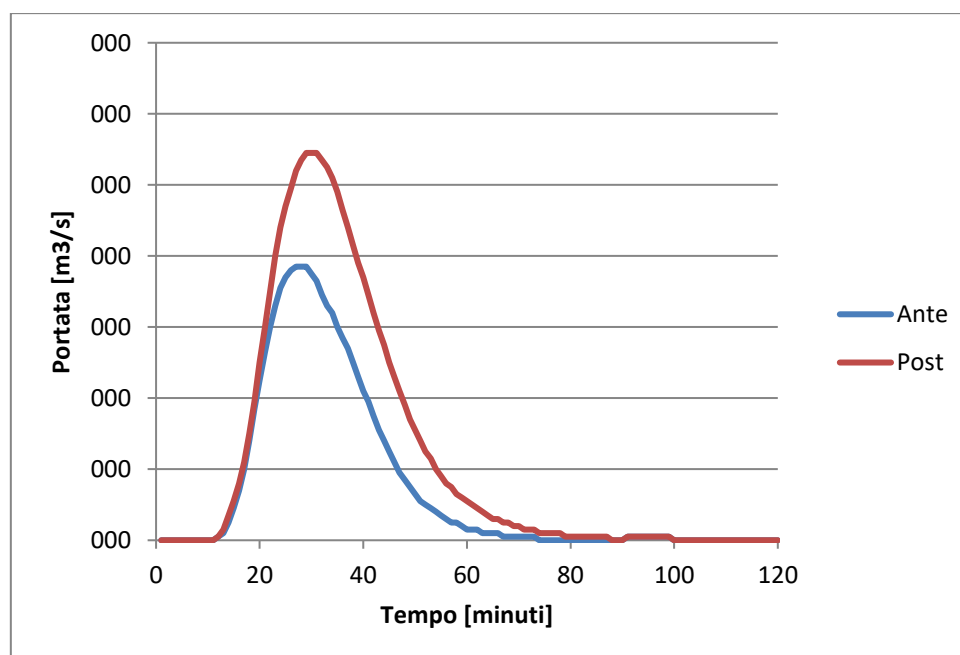


Figura 19 - Idrogrammi per Tr20

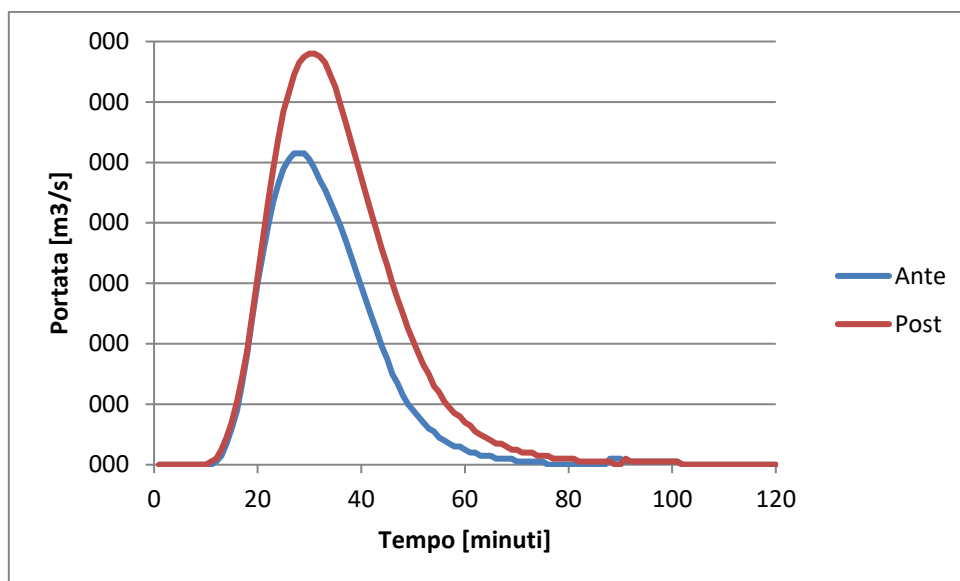


Figura 20 - Idrogrammi per Tr50

I risultati più significativi vengono riproposti nella seguente tabella:

		Tr20	Tr50
Portata di picco [m ³ /s]	Conf. Attuale	0.077	0.103
	Conf. Progetto	0.109	0.136
	Differenza	0.032	0.033
Volume di piena [m ³]	Conf. Attuale	107	145
	Conf. Progetto	168	214
	Differenza	61	69

Tabella 10 - Sintesi dell'analisi svolta

3. Dimensionamento del sistema di accumulo

Come si è potuto osservare chiaramente al punto 2.4 della presente relazione, le portate generate dal bacino definito dall'area di pianificazione aumentano in seguito agli interventi proposti.

L'articolo 47 delle Norme di Attuazione del PAI definisce l'invarianza idraulica come quel "principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei recettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione". Sulla scorta di quanto detto, quindi, appare chiara la necessità di prevedere delle opere di compensazione per ridurre le portate effluenti, in modo che il corpo recettore non sia sovraccaricato dagli incrementi di volumi idrici dovuti alla lottizzazione.

Questa considerazione rende necessaria una valutazione delle portate effettivamente smaltibili dal recettore designato e un confronto di quest'ultima con le portate di progetto.

3.1 Capacità di smaltimento del recettore

Il recettore verso il quale dovrà essere convogliata la portata calcolata al punto 2.4 è dato dalle condotte della rete di drenaggio cittadina presenti in via Mameli e via Tuveri, che trasportano le acque verso via Galilei.

La rete fognaria delle acque pluviali sarà realizzata in tubo rotocompresso da mm 200 e sarà connessa alla condotta esistente di diametro pari a mm 400.

Una buona norma nella progettazione e nella verifica dei sistemi di fognatura è quello di garantire un adeguato franco di sicurezza, ovvero di limitare il massimo tirante idrico h_{max} . Generalmente, per le condotte circolari, viene definito $h_{max}=0.5 D$ per diametri inferiori a 400 mm, mentre per diametri superiori ai 400 mm $h_{max}=0.7 D$.

Nel caso specifico ci si trova a cavallo delle due fattispecie, per cui, imponendo il rispetto di un franco di almeno 20 cm nella formula di Chezy, si è in grado di determinare la massima capacità di smaltimento del recettore.

$$Q = S\chi\sqrt{Rj}$$

dove S è l'area bagnata del recettore in m^2 , χ è un coefficiente di scabrezza in $m^{0.5}/s$ dato da $R^{1/6}k_s$, R è il raggio idraulico in m, k_s è il coefficiente di Gauckler-Strickler, e j è la cadente piezometrica che in condizioni di moto uniforme viene posta pari alla pendenza della cunetta.

Diametro	D	m	0.40
Altezza	H	m	0.20
Pendenza	j	m/m	0.007
Area bagnata	S	m ²	0.063
Raggio idraulico	R	m	0.100
Coef. Manning	m		0.013
Portata Chezy	Q	m ³ /s	0.088
Parametro correttivo	k	-	1.0
Portata ammissibile	Qa	m ³ /s	0.088

Tabella 11 - Calcolo della portata smaltibile dal recettore

3.2 Misure di compensazione

Un buon sistema per ridurre i volumi da smaltire, e quindi le opere idrauliche da realizzare per adempiere a ciò, è quello di introdurre per ogni edificio un serbatoio in grado di invasare le acque precipitate sulla copertura. Tale principio risulta molto importante sia ai fini dell'invarianza idraulica, sia per un'economia nell'utilizzo delle acque. Infatti, i volumi accumulati all'interno dei serbatoi privati possono essere riutilizzati per irrigare il verde privato e/pubblico.

Per il dimensionamento dei serbatoi si è valutato un volume idrico dato dal prodotto della superficie di copertura per l'altezza di precipitazione relativa al tempo di ritorno di 50 anni (pari a 33.61 mm).

Si noti che ad ogni edificio è stato associato un codice numerico (si veda figura 21), corrispondente a quello del lotto, come da relazione tecnica.



Figura 21 - Attribuzione dei codici agli edifici coperti

Per la valutazione del serbatoio da inserire si è scelto di attribuire una determinata capacità del serbatoio tra quelli presenti in commercio in relazione alla dimensione della copertura, e più precisamente:

- 1020 litri per superfici coperte minori di 130 m²;
- 2200 litri per superfici coperte comprese tra 130 m² e 150 m²;
- 3260 litri per superfici coperte maggiori di 150 m².

Una volta definiti i serbatoi idrici per ogni utenza, si può determinare la quota parte di copertura che idealmente non interferisce con la rete di smaltimento delle acque piovane:

$$Area\ contribuyente = \left(1 - \frac{Volume\ serbatoio}{Volume\ acqua\ precipitata}\right) \cdot Area\ copertura$$

Lotto n°	Area copertura m ²	Volume acqua precipitata m ³	Volume serbatoio m ³	Area contribuyente m ²
1	162.05	5.45	3.26	65.05
2	162.00	5.44	3.26	65.00
3	162.34	5.46	3.26	65.34
4	162.94	5.48	3.26	65.94
5	162.18	5.45	3.26	65.18
6	153.06	5.14	3.26	56.06
7	131.59	4.42	2.20	66.13
8	127.76	4.29	1.02	97.41
9	125.73	4.23	1.02	95.38
10	130.36	4.38	2.20	64.90
11	125.17	4.21	1.02	94.82
12	131.57	4.42	2.20	66.11
13	126.50	4.25	1.02	96.15
14	174.68	5.87	3.26	77.68
15	125.93	4.23	1.02	95.58
16	164.91	5.54	3.26	67.91
17	125.60	4.22	1.02	95.25
Totale	2454.38	82.49	38.80	1299.89

Tabella 12 - Volumi dei serbatoi domestici

Il volume complessivo che può essere invaso dai serbatoi domestici è pari a 38,80 m³, pari al 47% circa di quello di competenza delle coperture.

Noto quanto sopra, si può ridefinire un nuovo idrogramma con la procedura utilizzata al paragrafo 2.4, utilizzando però quale superficie coperta quella calcolata in tabella 12. Di seguito si riportano i risultati della procedura utilizzata in precedenza eliminando gli apporti meteorici invasi dai serbatoi domestici.

Tipologia	Superficie [m ²]	Categoria di superficie	Codice Tabella	Area [m ²]	CN-II	CN * Ai/Atot
-----------	---------------------------------	-------------------------	-------------------	---------------------------	-------	-----------------

Aree residenziali private	4660.42	Residenze con copertura in tegole	C7	1299.89	99.0	12.90
		Verde	S1	3360.53	78.0	26.27
Viabilità	2971.59	Strada in conglomerato bituminoso	P10	2971.59	99.0	29.48
S3	1086.61	Verde	S1	1086.61	78.0	8.49
S4	105.89	Pavimentazione con autobloccanti	P4	105.89	85.0	0.90
Totale	8824.51		CN-IIp			78.04

Tabella 13 – Calcolo del CN nello stato di progetto

Tale valore deve essere poi convertito in CN-IIIp (AMC III), più cautelativo rispetto alla condizione II, secondo quanto previsto dalla metodologia proposta dal Soil Conservation Service (SCS):

$$CN - IIIp^* = \frac{23 CN (IIp)}{10 + 0.13 CN (IIp)} = 89.10$$

Sulla base del CN-IIIp* e dello ietogramma Chicago calcolato al punto 2.3 è possibile definire mediante HEC-HMS l'idrogramma di piena, che si riporta di seguito (in verde).

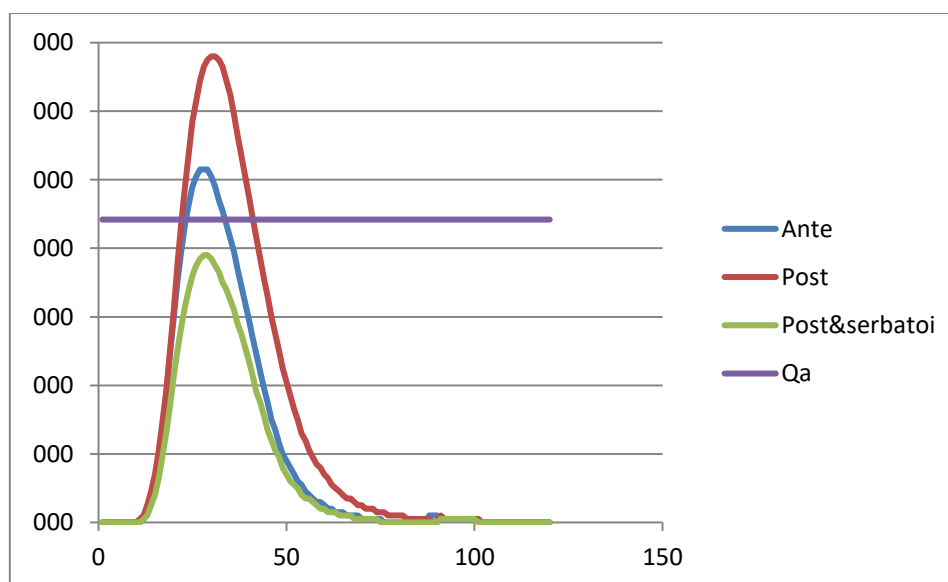


Figura 22 - Confronto idrogrammi ante e post per Tr50 con l'introduzione dei serbatoi domestici

Si osserva chiaramente in figura 22 come, grazie all'introduzione dei serbatoi domestici, il picco di piena si abbassa notevolmente, diventando compatibile con la capacità di smaltimento del recettore finale.