

COMUNE DI SIMAXIS
Provincia di Oristano

PERMESSO DI COSTRUIRE CONVENZIONATO NELLE
AREE RICADENTI NELLA ZONA C2 REGIONE
"GREGORI CRESIA" – COMPARTO A1

STUDIO DI INVARIANZA
IDRAULICA

ALLEGATO:

E

DATA:

OTTOBRE 2022

Comune di Simaxis

Provincia di Oristano



COMMITTENTE

Naitana Guido
Naitana Filippo
Accorsi Filippo
Solinas Giovanni e più

PROGETTISTA OPERE DI URBANIZZAZIONE

Dott. Arch. Paolo Loy

firma

data

Progetto per il completamento delle opere di urbanizzazione
della lottizzazione convenzionata in zona C2 comparto A1

NUM. TAVOLA

OGGETTO

Studio di invarianza idraulica - Art. 47 NAT del PAI

Relazione tecnica specialistica

Il Tecnico



Ing. Paolo Scarteddu

via Carducci, 18 - 09170 - ORISTANO Tel. 349-8104344 mail: ingpaoloscarteddu@tiscali.it

Collaboratore
Ing. Chiara Barranca



Data LUGLIO 2022

Revisione

Aggiornamento

Protocollo

INDICE

1.0 Premessa	pag	2
2.0 Inquadramento territoriale	pag	3
3.0 Situazione attuale e caratteristiche dell'intervento in progetto	pag	4
4.0 Articolazione dello studio per la valutazione dell'invarianza idraulica	pag	6
5.0 Idrografia	pag	6
6.0 Analisi della pericolosità idraulica vigente	pag	10
7.0 Idrologia	pag	14
7.1 Valutazione della capacità di deflusso dei suoli	pag.	14
7.2 Valutazione del CN III Stato attuale	pag.	17
7.3 Valutazione del CN III Situazione in progetto	pag.	20
7.4 Calcolo della portata di massima piena : aspetti metodologici	pag.	21
7.5 Calcolo portata massima piena $Tr= 50$ e $Tr= 20$ (Scenario 1) e verifica rete di dreno	pag.	25
7.6 Ulteriori misure compensative per la verifica dell'invarianza idraulica	pag.	33
7.7 Verifica dell'invarianza idraulica (Scenario 2)	pag.	35
7.8 Verifica idraulca della rete di raccolta delle acque meteoriche (Scenario 2)	pag.	38
8.0 Conclusioni sulla verifica complessiva dell'invarianza idraulica	pag	19
9.0 Verifica complessiva del principio di invarianza idraulica	pag	39

RELAZIONE TECNICA

Oggetto: Valutazione dell'invarianza idraulica a corredo del progetto per il completamento delle opere di urbanizzazione del piano di Lottizzazione convenzionata in Zona C2 comparto "A1" nel Comune di Simaxis (OR) .

Committenti: Naitana Guido , Naitana Filippo; Accorsi Filippo , Solinas Giovanni e più

Progettista del Piano di Lottizzazione e delle opere di urbanizzazione : Arch. Paolo Loy

1.0 Premessa.

La presente relazione si riferisce alla valutazione dell'invarianza idraulica relativa alla trasformazione urbanistica da attuarsi attraverso il piano di lottizzazione, come previsto dall'art. 47 delle N.A. del Piano di assetto idrogeologico. Nello specifico, in attuazione a quanto previsto dall'art. 47 delle N.A. del P.A.I. , il Comitato Istituzionale dell'Agenzia del Distretto Idrografico della Sardegna con Delibera n. 2 del 23/11/2016 , ha approvato le " *Linee guida e indirizzi operativi per l'attuazione del principio dell'invarianza idraulica*" nelle quali, vengono fornite indicazioni di dettaglio in merito alla corretta applicazione del principio dell'invarianza idraulica al fine di indirizzare e supportare la redazione degli strumenti attuativi di pianificazione locale. La valutazione delle specifiche tematiche legate a tale aspetto, sono poste in capo a ogni singolo Comune, che ha il compito di vigilare sull'effettiva attuazione degli interventi, garantendo il principio dell'invarianza idraulica conseguente alle trasformazioni urbanistiche del territorio.

Nel caso specifico , trattandosi di una lottizzazione già approvata e convenzionata (e anche parzialmente edificata), anteriormente all'entrata in vigore della delibera de C.I. della Autorità di Bacino della R.A.S. n. 2 del 30/07/2015 che ha integrato le NAT del PAI con l'introduzione del Titolo V " Norme in materia di coordinamento tra PAI e PGRA contenente appunto l'art. 47 riguardante il principio di invarianza idraulica , e nella quale sono state già eseguite gran parte delle opere di urbanizzazione , il presente studio, valuterà l'invarianza idraulica raffrontando la situazione attuale del comparto di lottizzazione (con parziale edificazione e opere a rete di urbanizzazione in gran parte realizzate) e quella a trasformazione urbanistica completamente attuata (edificazione conclusa e completamento delle opere di urbanizzazione).

A tal proposito si specifica che la Delibera dell C.I. dell'ADRIS n. 2 del 30/07/2015 , è stata recepita dal Decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 121 del 10/11/2015, che

appunto ha approvato l'integrazione delle Norme di Attuazione del PAI con l'introduzione del titolo V recante le Norme di coordinamento tra PAI e Piano Gestione Rischio Alluvioni.

Successivamente , con Delibera del C.I dell'ADRS n. 1 del 03/10/2019, l'art. 47 delle NAT del PAI è stato integrato col c.6 che recita . “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 “

2.0 Inquadramento Territoriale

L'area della lottizzazione in oggetto (Comparto " A1 ") , ricade interamente nell'ambito della zona C.2 (espansione residenziale da regolamentare con piani attuativi) ” del P.U.C. del Comune di Simaxis, ha forma irregolare delimitata a sud dalla Via Galilei , a est dalla Via Mameli , a ovest dalla Via G.B. Tuveri e a Nord con altro piano di lottizzazione per una superficie complessiva, come indicato negli elaborati progettuali di 32764 mq. Nella fig. 1 è consegnato lo stralcio su ortofoto della macroarea .



Fig. 1 : Vista aerea macroarea con indicazione del settore di intervento

Il Settore in studio, è inquadrato nella Cartografia Tecnica Regionale Numerica (C.T.R.) nella sez. n. 529050 della quale si consegna lo stralcio nella fig. 2.

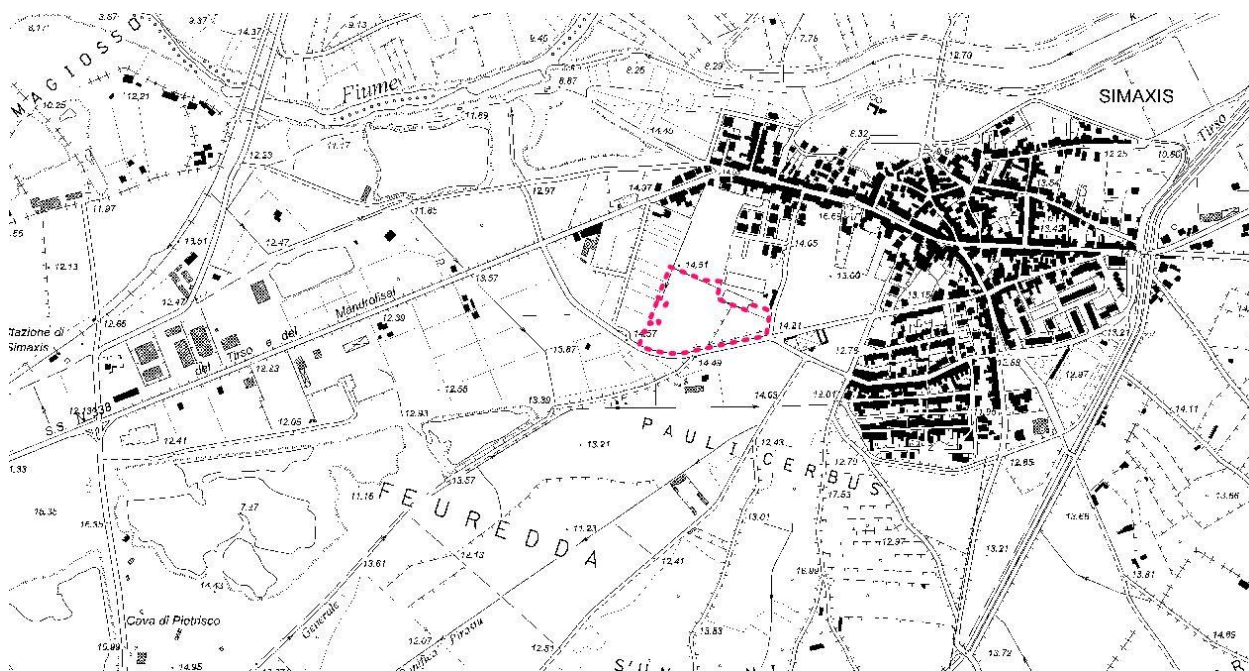


Fig. 2 – Stralcio CTR 529050 con individuazione del comparto di lottizzazione

3.0 Situazione attuale e caratteristiche dell'intervento in progetto

Come si evince dallo stralcio dell'ortofoto consegnata nella fig. 3 , l'area del comparto "A1" della lottizzazione , risulta parzialmente edificata e dotata delle seguenti opere di urbanizzazione :

- Viabilità (attualmente limitata allo strato di fondazione)
- Rete di raccolta e convogliamento delle acque nere con impianto di sollevamento ubicato all'interno del comparto di lottizzazione ;
- Rete di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche ;
- Rete idrica
- Linea di alimentazione elettrica con cavidotti interrati

L'intervento di completamento delle opere di urbanizzazione , cui il presente intervento si riferisce, comprende :

- a) Realizzazione della sovrastruttura stradale bitumata della viabilità di piano;
- b) Realizzazione di marciapiedi;
- c) Realizzazione dell'impianto di illuminazione pubblica ;
- d) Realizzazione della linea telefonica;

Di seguito si riporta lo stralcio della lottizzazione su base ortofoto dove sono riportati i vari lotti, e dalla quale sono anche i visibili , quelli già edificati .

Per quanto concerne i parametri planovolumetrici del comparto di lottizzazione , si rimanda agli elaborati progettuali , e che comunque , per quanto concerne la valutazione dell'invarianza idraulica possono così riassumersi :

Superficie territoriale comparto di lottizzazione : 32.764,00 mq

Superfici lotti edificabili : 21.996, mq - Superficie coperta lotti (rapporto copertura 0.50) 11.000,00 mq

Viabilità bitumata : 4.380,00 mq - Marciapiedi con autobloccanti : 1.656,00 mq

Are verdi attrezzate : 4.227,00 mq - Area servizi (impianto di sollevamento fognario) : 505,00 mq



Fig. 3 – Individuazione del comparto di lottizzazione su base ortofoto

4.0 Articolazione dello studio per la valutazione dell'invarianza idraulica

Per valutare , gli effetti della "trasformazione edificatoria" del sito, risulta necessario calcolare la portata di piena ed il corrispondente volume di deflusso, per tempi di ritorno significativi considerando due diverse configurazioni: stato attuale e stato successivo alla completa realizzazione dell'intervento.

Lo scopo, ovviamente, è quello di verificare che la realizzazione degli interventi di trasformazione, non incidano sensibilmente sulle caratteristiche di risposta idraulica che il bacino aveva prima della loro attuazione. Le analisi dovranno tener conto di diversi fattori: in particolare i fenomeni di perdita e accumulo che intervengono nel passaggio da "pioggia totale" a "pioggia netta" che genera il deflusso superficiale .

Per verificare tali aspetti , si procederà con le seguenti valutazioni :

- a) Individuazione del reticolo idrografico minore gravante sull'area;
- b) Pericolosità idraulica vigente individuata dagli studi di bacino e da quelli territoriali di dettaglio di cui all'art. 8 c,.2 delle NAT del P.A.I. ;
- c) Studio idrologico dell'area e determinazione delle portate nelle situazioni ante e post operam per tempi di ritorno di 20 e 50anni (suggerite dalle linee guida dell'art. 47 delle NAT del PAI rispettivamente per la verifica delle reti di drenaggio interno e per l'invarianza idraulica);
- d) Verifica del dimensionamento della rete di dreno delle acque meteoriche interna al piano di lottizzazione , aspetto questo, come verrà sviluppato successivamente , mirato esclusivamente a stabilire la portata smaltibile dalla rete di raccolta già dimensionata e realizzata in periodi antecedenti alle disposizioni Normative attualmente vigenti (Art. 47 NAT del PAI e linee guida)
- e) Verifica complessiva del principio di invarianza idraulica con l'introduzione di eventuali misure compensative;
- f) Valutazione complessiva della compatibilità dell'intervento urbanistico proposto

5.0 Idrografia

Nel presente studio, ai fini della valutazione della pericolosità idraulica sono stati individuati tutti i corsi d'acqua ricompresi nel reticolo idrografico di riferimento per le finalità di applicazione delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI e delle relative Direttive, come stabilito nella Delibera del C.I. dell'ADRS n. 3 del 30/07/2015 e s.m.i . Dall'indagine condotta

per il settore in esame , non vi sono corsi d'acqua che attraversano l'area o che correndo in prossimità, possano determinare interferenze con le opere in progetto. Nella fig. 4 si riporta , su base ortofoto il reticolo idrografico principale e minore che interessa il settore in studio .



Fig.4 : Reticolo idrografico gravante sul settore in esame di cui alla Delibera del C.I. dell'ADRS N. 3 del 30/07/2015

Il settore in studio ricade nell'ambito del sub n. 2 del Tirso così come individuato dal PAI . Come indicato nello stralcio di Fig. 4 , il territorio Comunale è attraversato a Nord dal Rio Sant'Elena che corre in direzione E-W per poi immettersi in sinistra idrografica nel Fiume Tirso . L'area a sud del centro abitato è interessata dal corso del canale Generale n. 2 che riceve gli apporti del Fiume 25004 e dal canale di bonifica Pirastu . Nello specifico, l'area di espansione residenziale della periferia SW del centro abitato, all'interno della quale è ubicato il comparto di lottizzazione, è drenata da un colo che corre adiacente alla viabilità (Via G. Galilei) e che convoglia le acque nell'attraversamento della SS 388 che dopo un breve tratto di circa 350 m si immette in destra idrografica del Tirso. Nella fig. 5 è evidenziato (con una linea rossa) il colo che raccoglie le acque della condotta delle acque meteoriche comunali che proviene dalla Via Gialetto , raccoglie quelle della condotta

proveniente dalla lottizzazione in oggetto in corrispondenza del pozzetto di incrocio in corrispondenza dell'intersezione con la Via G.B. Tuveri per poi immettersi nel colo .



Fig.5 : Stralcio reticolo di dreno area lottizzazione: in verde la condotta di raccolta acque meteo lungo Via Galilei, in rosso il colo che arriva fino alla connessione all'attraversamento sulla SS388 dal quale si origina l'asta del fiume 4057 . Nel pozzetto d'incrocio A si immette la condotta di raccolta delle acque meteoriche del comparto di lottizzazione.

Nella fig. 6 sono riportate le immagini relative al punto di innesto della condotta delle acque meteo sulla Via Galilei verso il colo e dell'attraversamento sulla SS388 , costituito da una condotta FI 1000 .



Fig.6a : In azzurro la condotta acque meteo del comparto di lottizzazione , in giallo la condotta acque meteo lungo la Via Galilei , in rosso la connessione al colo



Fig.6b : Connessione condotta al colo



Fig. 6c : Tombino attraversamento SS338 (DN 1000)

6.0 Analisi della pericolosità idraulica vigente

Il settore in esame è stato oggetto di indagine dagli studi di bacino (P.A.I. , P.S.F.F., P.G.R.A.) e dallo studio Comunale di dettaglio redatto ai sensi dell'art. 8 delle NAT del PAI . Di seguito, si espongono per il settore in esame le risultanze della pericolosità idraulica dei singoli studi .

6.1 Piano di Assetto idrogeologico

Il P.A.I. approvato con Decreto del Presidente della G.R. n. 67 del 10/07/2006, non comprendeva l'analisi del reticolo idrografico minore del territorio comunale di Simaxis ,ma solo l'analisi modellistica del Fiume Tirso e del Rio S. Elena. In tale studio, l'area in esame non è stata perimetrata con alcun livello di pericolosità (rif. Fig. 7)

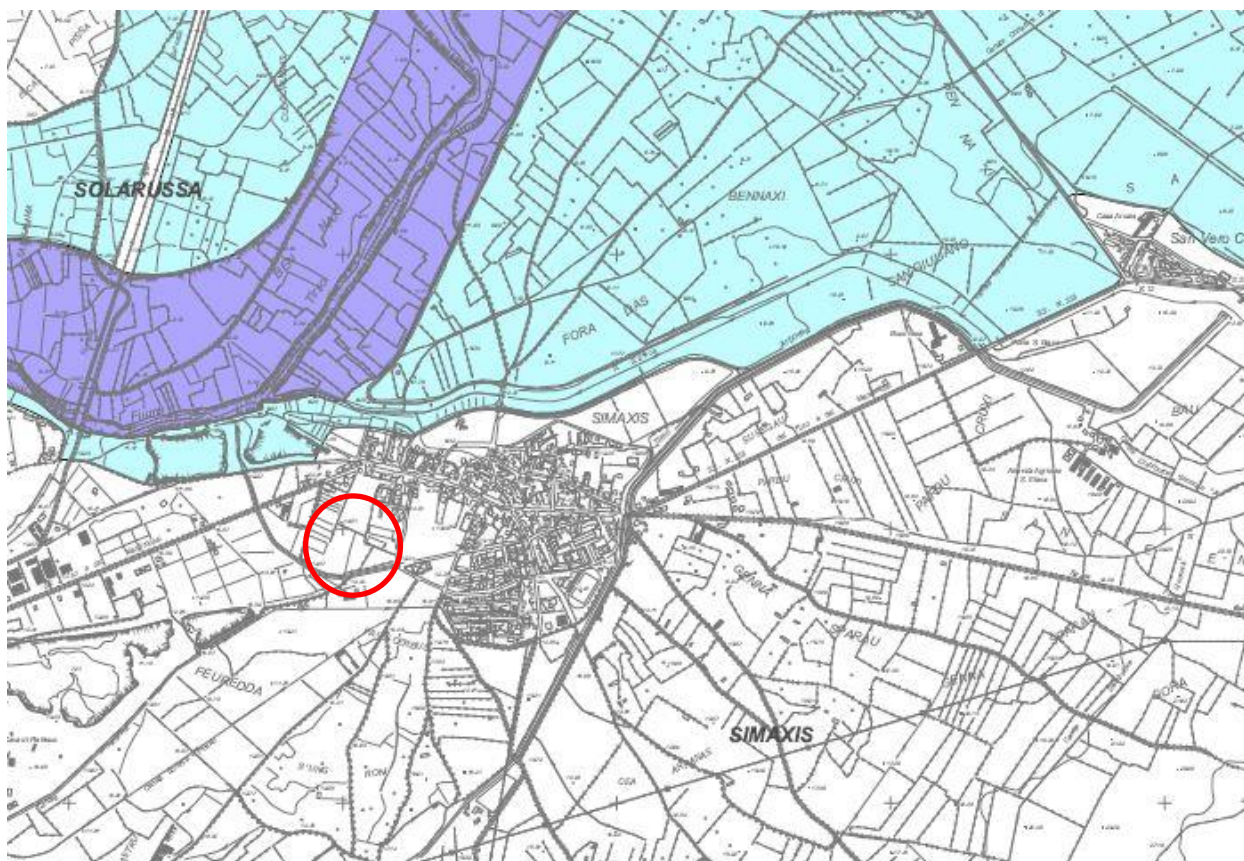


Fig.7 : Stralcio pericolosità P.A.I. nel Comune di Simaxis approvato con D.P.G.R. n. 67 del 10/07/2006

6.2 Piano Stralcio delle fasce Fluviali

Con il P.S.F.F. , adottato definitivamente con Delibera del C.I. dell'Autorità di Bacino della Sardegna n.2 del 17/12/2015, gli estensori dello studio hanno effettuato un'analisi più approfondita sul Fiume Tirso e sul Rio S.Elena , attraverso una modellazione idraulica che ha definito l'atlante cartografico delle fasce fluviali nel quale, sono individuate le aree a pericolosità idraulica derivanti dalle analisi idrauliche, che hanno condotto alle relative perimetrazioni distinte per classe di magnitudo.

Le perimetrazioni del PSFF , relativamente al territorio Comunale sono riportate nell'atlante cartografico, il cui stralcio è consegnato nella fig. 8. Da essa si evince che, l'area in questione, non risulta perimetrata da pericolosità idraulica di alcun livello

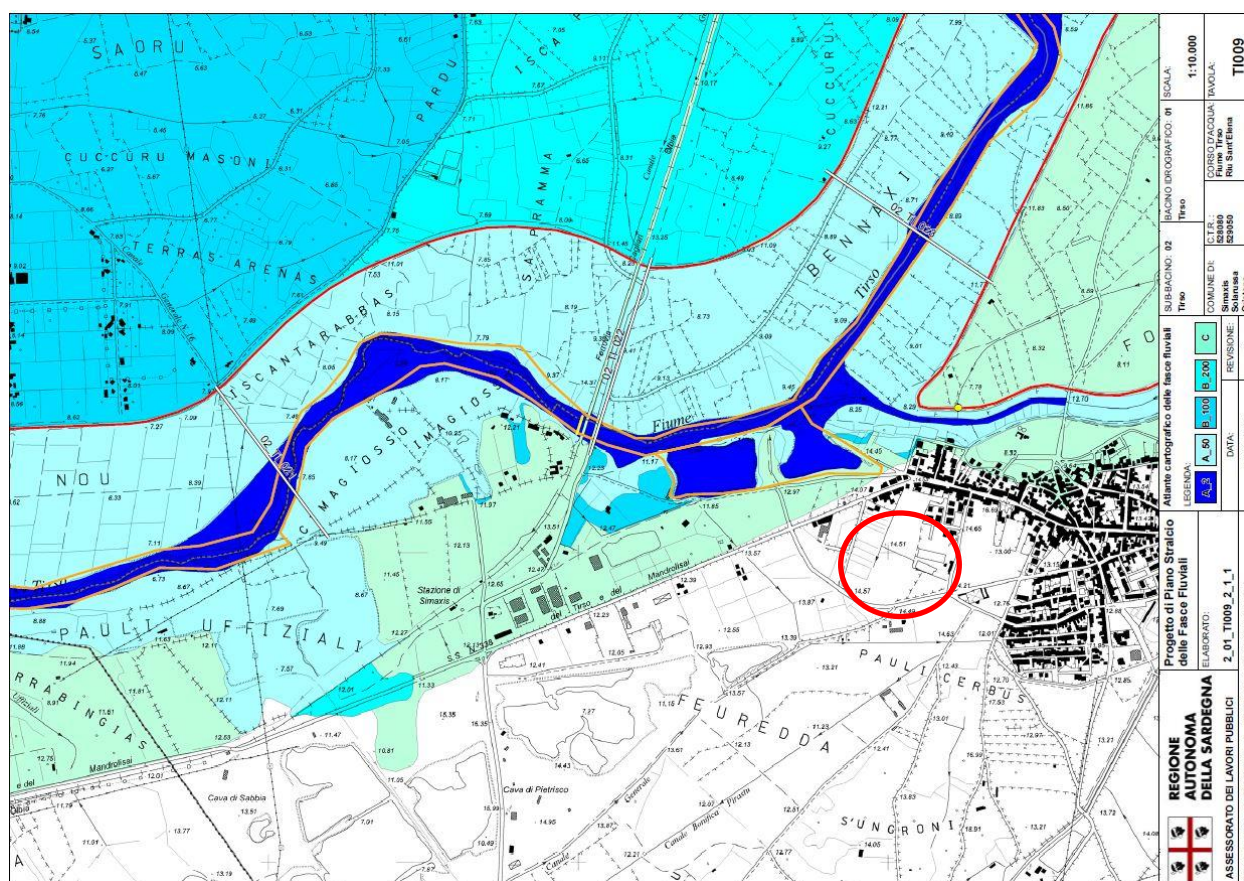


Fig. 8 Stralcio Pericolosità idraulica P.S.S.F.

6.3 Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (secondo ciclo di pianificazione : Scenari di intervento strategico e coordinato) è stato approvato in via definitiva con Delibera. n. 14 del 21/12/2021 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Sardegna in attuazione di quanto previsto dal D.Lgs. n. 152/2006, art. 13, e dal D.Lgs. n. 49/2010, art. 7 oltre che della

Direttiva 2007/60/CE. Dal punto di vista operativo il PRGA si integra e si coordina con il PAI e con il PSFF, come evidenziato dall'introduzione del Titolo V delle NA del PAI cui si devono uniformare gli studi di natura idrogeologica.

La cartografia del P.G.R.A. relativa al territorio comunale di Simaxis, ed in particolare del settore in studio, è riportata nella Tav. TI.01.07.00 (rif. fig.9) e conferma per l'area in esame relativa allo scenario "0" (Stato attuale) nessun livello di pericolosità idraulica.

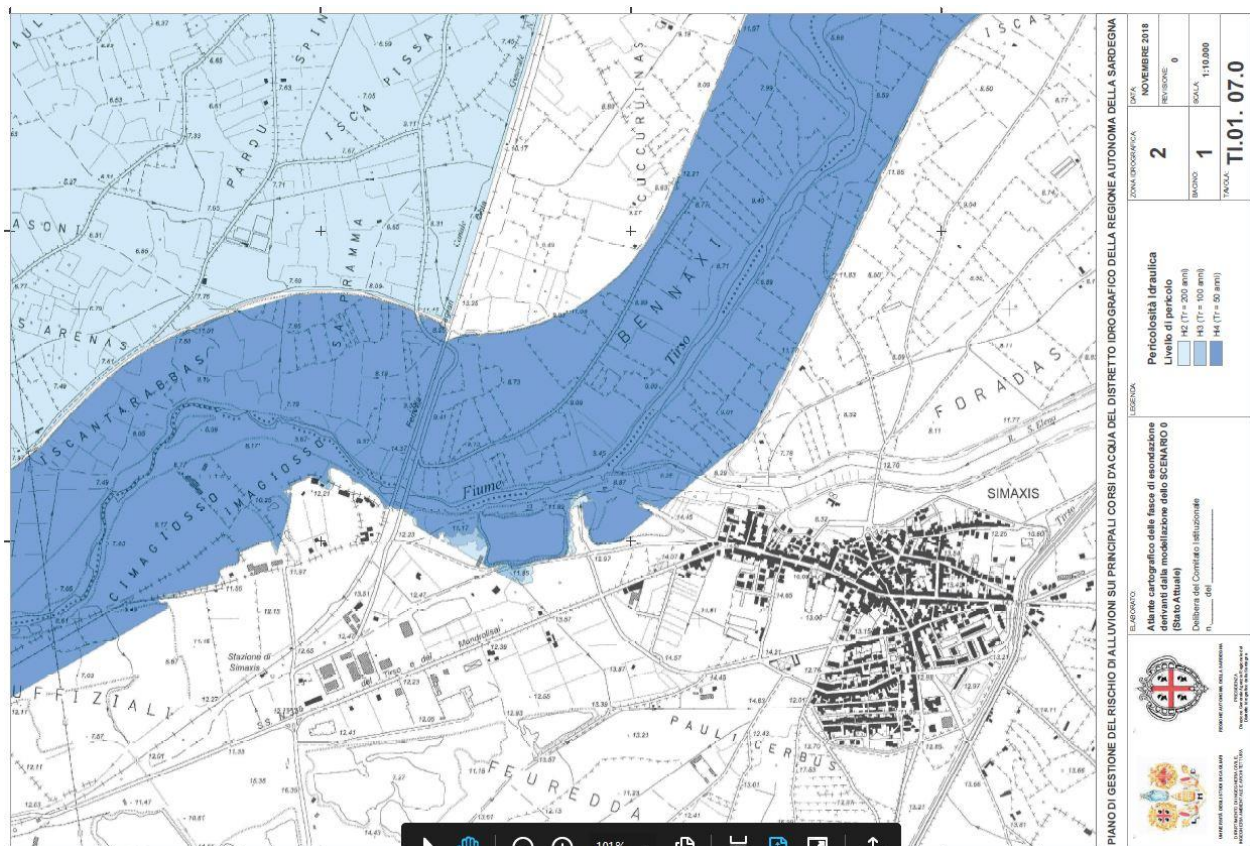


Fig. 9 : Stralcio Pericolosità idraulica P.G.R.A. Interventi strategici – Delibera C.I. n. 14 del 21/12/2021

6.4 Studio di assetto idrogeologico del territorio Comunale redatto ai sensi dell'art. 8 delle NAT del PAI .

Nell'ambito di approfondimenti di dettaglio del reticolo minore gravante sul territorio, il comune di Simaxis ha proposto uno studio di assetto idrogeologico ai sensi dell'Art. 8 delle NAT del PAI, esteso a tutto il territorio Comunale approvato con Determinazione del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna n.97 del 20/05/2022. Tale studio che ha ricompreso, tra le varie aste del reticolo secondario, anche la modellazione del Rio

Sant'Elena, individuando per il settore in esame , rispetto agli studi di bacino una pericolosità idraulica moderata (**Hi1**) . Lo stralcio della mappa delle pericolosità, è consegnato nella fig. 10

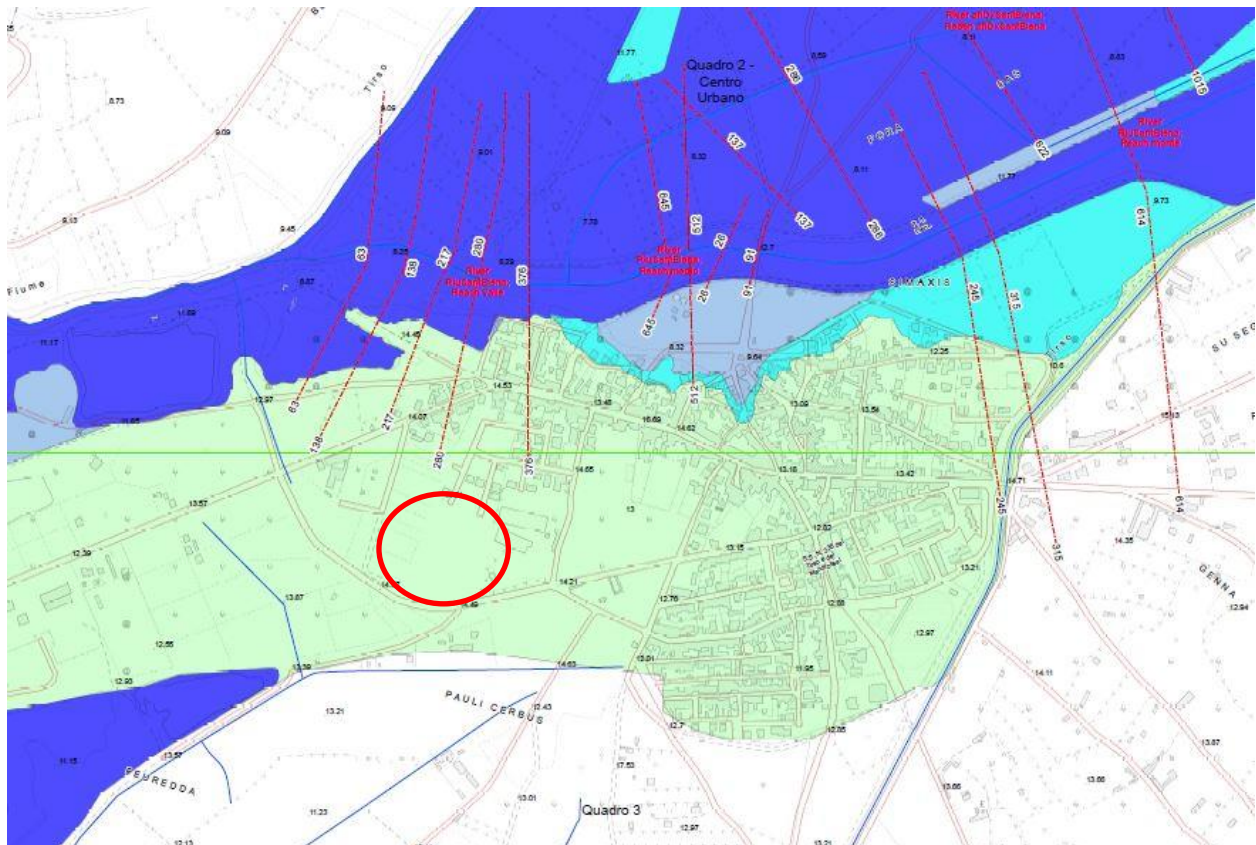


Fig. 10: Stralcio Corografia pericolosità idraulica dello studio di dettaglio art. 8 delle NAT

Dall'esame degli studi su scala di bacino effettuato, si conclude che l'area in esame, ricade in un settore con pericolosità idraulica moderata (**Hi1**) , nella quale comunque, le opere di completamento delle urbanizzazioni indicate nella proposta progettuale , risultano ammissibili ai sensi dell'art. 30 delle NAT del PAI che disciplina gli interventi nelle aree a pericolosità moderata.

7.0 Idrologia

La Delibera del C.I. dell'A.D.R.I.S. n. 2 del 23/11/2016 , in attuazione di quanto previsto dall'art. 47 delle N.A. del P.A.I. , ha approvato le " Linee guida e indirizzi operativi per l'attuazione del principio dell'invarianza idraulica , in base ai quali vengono fornite indicazioni di dettaglio in merito alla corretta applicazione del principio dell'invarianza idraulica al fine di indirizzare e supportare la redazione degli strumenti attuativi di pianificazione locale. La valutazione delle specifiche tematiche legate a tale aspetto, sono poste a capo di ogni singolo Comune, che ha il compito di vigilare sull'effettiva attuazione degli interventi, garantendo il principio dell'invarianza idraulica conseguente alle trasformazioni urbanistiche del territorio.

Le linee guida citate , prevedono una suddivisione della classe degli interventi di trasformazione territoriale da attribuire in funzione delle superfici territoriali interessate dagli strumenti attuativi di pianificazione locale o altri strumenti di analoga valenza. Nello specifico, il comparto che presenta una superficie territoriale di **32764 mq** , ricade nella **classe C** (superficie territoriale variabile da 0.5 Ha a 10 Ha) , per la quale viene indicato come "**significativo**", il livello di impermeabilizzazione potenziale.

L'analisi idrologica è stata effettuata sul bacino imbrifero coincidente con l'area complessiva del comparto di lottizzazione in quanto il drenaggio dell'area, avviene attraverso la rete di raccolta e convogliamento delle acque meteoriche in progetto, della quale, al punto successivo verrà effettuata una verifica idraulica.

7.1 Valutazione delle capacità di deflusso dei suoli

La valutazione delle capacità di deflusso dei suoli è legata alla determinazione dell'indice CN, calcolato con il metodo SCS-Curve Number, come peraltro previsto dalle linee guida del PAI. L'indice CN, adimensionale, è un valore compreso tra 0 e 100 ed è espresso in funzione di tre aspetti:

- natura del suolo;
- tipo di copertura vegetale;
- condizioni di umidità al suolo antecedenti la precipitazione.

I suoli. La tipologia di suolo è individuata in base alle caratteristiche geologiche seguendo la classificazione definita dal metodo del Curve Number del Soil Conservation Service

"hydrologic soil group", distinta quattro classi definite per i diversi tipi di terreno, come riportato nella tabella seguente.

CLASSE	TIPO DI TERRENO
A deflusso superficiale	I SUOLI DI QUESTO GRUPPO, QUANDO SONO COMPLETAMENTE SATURI, HANNO DEFLUSSO SUPERFICIALE POTENZIALE (RUNOFF) BASSO, ED È ALTA LA PERMEABILITÀ. SONO CARATTERIZZATI DA AVERE MENO DEL 10% DI ARGILLA E OLTRE IL 90% DI SABBIA E/O GHIAIA E LA TESSITURA È SABBIOSA O GHIAIOSA
B deflusso superficiale potenziale	I SUOLI DI QUESTO GRUPPO, QUANDO SONO COMPLETAMENTE SATURI, HANNO DEFLUSSO SUPERFICIALE POTENZIALE (RUNOFF) MODERATAMENTE BASSO, E L'ACQUA ATTRAVERSA IL SUOLO SENZA IMPEDIMENTI. SONO CARATTERIZZATI DA AVERE TRA IL 10% E IL 20% DI ARGILLA E TRA IL 50 E IL 90% DI SABBIA E LA TESSITURA È SABBIOSO-FRANCA, FRANCO-SABBIOSA
C deflusso superficiale	I SUOLI DI QUESTO GRUPPO, QUANDO SONO COMPLETAMENTE SATURI, HANNO DEFLUSSO SUPERFICIALE POTENZIALE (RUNOFF) MODERATAMENTE ALTO, E L'ACQUA ATTRAVERSA IL SUOLO CON QUALCHE LIMITAZIONE. FRANCO-LIMOSA, FRANCO-ARGILLOSO-SABBIOSO, FRANCO-ARGILLOSA, E FRANCO-ARGILLOSO-LIMOSA
D deflusso superficiale	I SUOLI DI QUESTO GRUPPO, QUANDO SONO COMPLETAMENTE SATURI, HANNO DEFLUSSO SUPERFICIALE POTENZIALE (RUNOFF) ALTO, E L'ACQUA ATTRAVERSA IL SUOLO CON FORTI LIMITAZIONI. SONO CARATTERIZZATI DA AVERE OLTRE IL 40% DI ARGILLA E MENO DEL 50% DI SABBIA E LA TESSITURA È ARGILLOSA, TALVOLTA ANCHE

Tab. n. 1 – Descrizione delle diverse classi in funzione del tipo di suolo secondo il metodo SCS-CN

L'uso del suolo. Il riferimento per l'uso del suolo è derivato dal database Unico del SITR per la parte di competenza (*usoSuolo2008*), disponibile sul sito www.sardegnaegeoportale.it. In particolare, è stato assegnato un valore di CN per ogni tipologia di copertura del territorio, come indicato nella classificazione della metodologia CIMA (Centro di Ricerca Interuniversitario in Monitoraggio Ambientale, Savona) per conto e in coordinamento della Protezione Civile Nazionale.

Umidità del suolo. In merito al calcolo della umidità del suolo e relativamente all'impiego del metodo del Curve Number, si fa riferimento allo schema che individua la condizione di umidità antecedente (AMC) in funzione della precipitazione anteriore di 5 giorni.

Calcolo del parametro CN

Il programma CORINE (Coordination of Information on Environment) è stato definito dalla Commissione Europea nel 1985 con lo scopo di organizzare la raccolta di informazioni sull'ambiente e le risorse naturali della Comunità. Il programma ha previsto tra gli altri aspetti in particolare la produzione e raccolta di ricostruzioni dell'uso del suolo. Il progetto CORINE Land Cover ha dunque portato alla elaborazione di una mappa relativa alla copertura d'uso del suolo estesa a tutta la Comunità Europea, secondo una metodologia

univoca, per la prima volta nel 1990, facendo sì che tale schema diventasse uno standard di riferimento assoluto.

Il valore del **CN II** all'interno del sub-bacino, coincidente in questo caso col perimetro della lottizzazione, lo si è ottenuto mediante l'attribuzione di appositi valori di CN distinti in funzione degli areali e determinati in base alla classe di deflusso superficiale (come indicato anche nelle linee guida precedentemente citate) assunto in classe B .

In particolare, per quanto concerne la situazione attuale, per la determinazione del CN II, si è fatto riferimento alla cartografia del CN disponibile sul Geoportale per tutta la Sardegna, della quale viene consegnato lo stralcio dell'area in fig. 11.

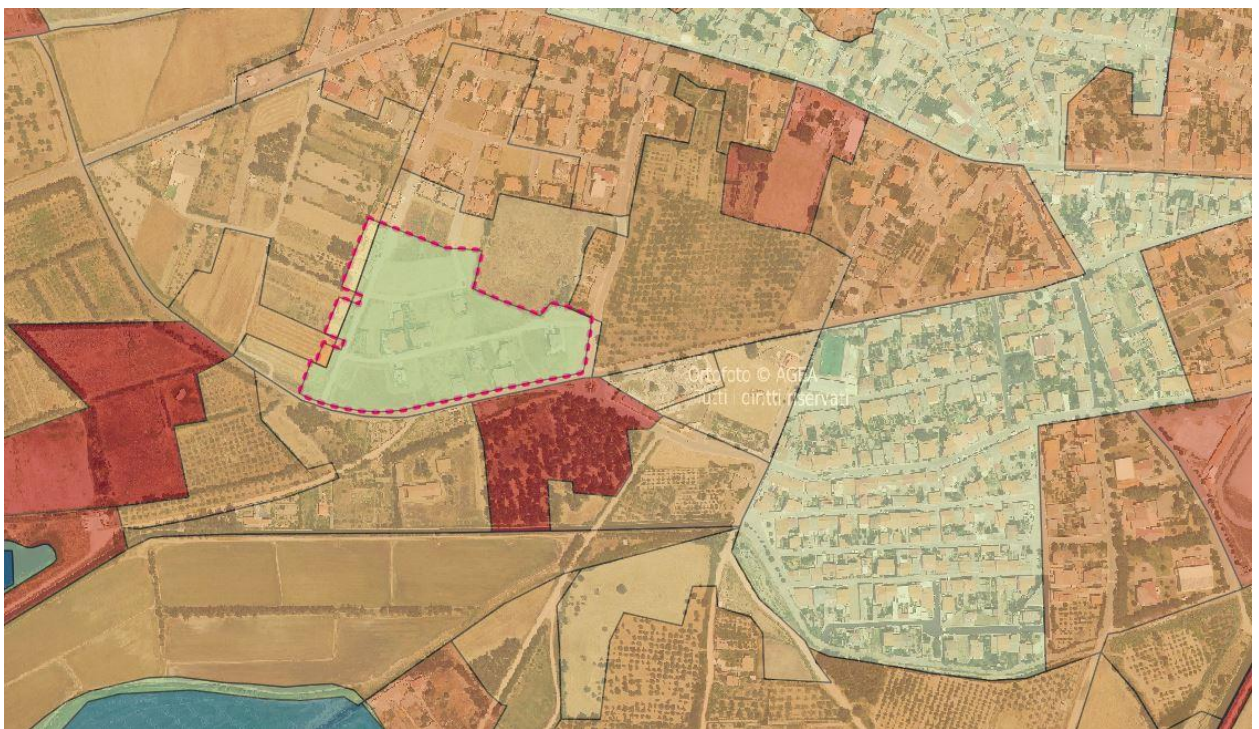


Fig. 11 : Stralcio Planimetrico Carta dei CN – Fonte Geoportale RAS

I diversi valori di CNII con gli specifici attributi di codice di uso e di classe relativa al tipo di deflusso originato dalla qualità del terreno , sono stati pesati in funzione della superficie relativa mediante la relazione :

$$CN = \frac{\sum S_i \cdot CN_i}{\sum S_i}$$

in cui S_i è la superficie i-esima associata al valore i-esimo di C.

Nel caso specifico tale valore di CN II pesato è riferito al solo comparto di lottizzazione non ancora edificato , che come verrà illustrato meglio in seguito ha una superficie di **25.561 mq.**

Il Valore del CNII così calcolato è stato poi incrementato in funzione delle condizioni di umidità del terreno nei cinque giorni antecedenti l'evento meteorico di riferimento attraverso la relazione (condizione AMCIII) definita dalla relazione :

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

definendo in tal modo un valore del parametro significativamente più cautelativo. Infine, i diversi valori di CN corretti zona per zona sono stati pesati in funzione della superficie relativa mediante la media pesata

Tale procedimento è stato seguito , come verrà illustrato nel seguito anche per la determinazione del CN III , nella situazione di completa attuazione della trasformazione urbanistica.

7.2 Valutazione del CN III nel comparto di lottizzazione nello stato attuale

Il valore del CNIII pesato del comparto di lottizzazione, prima dell'attuazione dell'intervento edilizio, è riportata in forma tabellare nella fig. 12 :

	DESCRIZIONE USO DEL SUOLO CARTA CN R.A.S	USO	A	B	C	D	CNII USATO	CNIII		SupxCNIII
CN_B	PRATI ARTIFICIALI	2112	68	79	86	89	79	89.64	31134	2790781
CN_B	SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO	2121	63	73	80	83	73	86.15	145	12483
CN_B	OLIVETI	223	62	71	78	81	71	84.92	32	2775
CN_B	SISTEMI COLTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI	242	64	73	79	82	73	86.15	1453	125184
									32764	2931224

CNIII PESATO = 2931224/32764

89.46

Fig. 12: Determinazione CN III pesato comparto di lottizzazione ante operam

Per la determinazione del CN III dello stato attuale della lottizzazione , si è valutata la parte di lotti edificati , individuata con la sovrapposizione della lottizzazione con l'ortofoto (fig. 13) .



Fig. 13: sovrapposizione ortofoto 2021 - lottizzazione

Di seguito si riportano in forma tabellare, con riferimento al progetto di lottizzazione , l'identificativo dei lotti edificati, la superficie del lotto e quella max. coperta (50%) .

LOTTI EDIFICATI					
n. lotto	sup lotto	sup cop	n. lotto	sup lotto	sup cop
1	430	215	42	299	150
2	415	208	54	306	153
3	415	208	60	322	161
4	415	208	62	329	165
9	395	198	63	332	166
30	351	176	66	455	228
31	321	161	75	292	146
35	299	150	76	290	145
39	334	167	79	293	98
40	319	160	80	292	146
41	299	150			
TOTALI				7203 mq	3559 mq

Fig. 14: Caratteristiche dimensionali lotti edificati

Chiaramente per i lotti edificati, dal momento che lo strumento urbanistico generale e quello attuativo non definiscono e individuano le misure da attuare per il soddisfacimento del principio di invarianza idraulica, per tali lotti già in possesso di titolo abilitativo, il CNII è stato determinato senza alcuna introduzione di misure compensative per limitare l'impermeabilità delle superfici scoperte del lotto, per cui esso è stato calcolato prendendo in considerazione cautelativamente, la sua seguente utilizzazione media:

50% della sup. lotto coperta (come da norma di piano)

30% della sup. non coperta del lotto sistemazione a verde (15 % della totale)

70% della sup. non coperta del lotto con pavimentazione (35% della totale)

Utilizzazione LOTTO	Superficie mq	CN II	CNIII	Area x CNIII
Sup. Coperta (50% del lotto)	3559,00	95	97.76	347938
Sistemazione a verde (30% della sup. scoperta)	1093,00	75	87.34	95465
Pavimentazione cortile (70% della sup. scoperta)	2551,00	90	95.39	243344
Totale	7203,00			686747

CNIII PESATO : 95,34

Fig. 15: Determinazione CN III pesato Situazione attuale lotti già edificati

Per cui il calcolo del CN III medio pesato relativo alla lottizzazione allo stato attuale (parziale edificazione) è rappresentato in forma tabellare nella fig. 16

SITUAZIONE ATTUALE			
CARATTERISTICHE AREA	SUP (mq)	CNIII	CN*SUP
quota lottizzazione non edificata (DA CN REGIONALE fig. 12)	25561.00	89.41	2285409
quota lottizzazione edificata	7203.00	95.34	686734
AREA 1 COMPARTO N.2 (OGGETTO DI INTERVENTO)	32764.00		2972143
CNIII medio pesato comparto		90.71	

Fig. 16: Determinazione CN III pesato Situazione attuale Comparto A11 di lottizzazione

7.3 Valutazione del CN III nel comparto di lottizzazione nella situazione di progetto a trasformazione urbanistica completata con l'adozione di misure compensative (prescrizioni) introdotte dal presente studio di invarianza per la sistemazione della parte scoperta dei lotti ancora non edificati.

Per l'attribuzione dei valori di CNIII e delle caratteristiche dell'area sono stati assunti i seguenti parametri che dovranno essere poi recepiti dalle Norme di attuazione in fase di realizzazione dei singoli interventi edilizi (ancora non , riguardo in particolare la sistemazione della parte non edificata dei singoli lotti e i materiali da utilizzare.

In particolare **si prescrive** per la superficie non edificata pari al 50 % di quella dei lotti :

- a) Sistemazione a verde per una superficie non inferiore al 25% del lotto (50% della sup.scoperta) ;
- b) Utilizzo per i parcheggi o parti pavimentate non superiori al 25% della superficie del lotto con pavimentazione in calcestruzzo drenante con caratteristiche di sottofondo e di sovrastruttura con capacità drenanti (UNI 12697-40) non inferiori a $2.69 \cdot 10^{-2}$ m/s > 1000 mm/min (vedi a proposito schede tecniche " *i.idro DRAIN*" prodotto dalla Italcementi) e/o in alternativa con pavimentazione in lastre di pietrame locale o in elemnti in cls prefabbricati posati senza sigillatura dei giunti su sabbia con sottofondo avente coeff. di permeabilità compreso tra $10^0 - 10^{-5}$ m/s
- c) Utilizzo di altre misure compensative che verranno indicate ai punti successivi

Nella Tab. di fig. 17 sono riportati i valori di CN pesati del comparto in quella di progetto relativa allo scenario di completa attuazione dell'intervento edificatorio, dalla quale si evince che l'incremento di CN , alla base della valutazione della riposta idrologica dell'area, è abbastanza contenuto (dal valore di 90,71 a quello di 94,44), grazie anche alle misure compensative adottate (materiali drenanti da utilizzare per i parcheggi e per le altre superfici pavimentate della parte non edificata del lotto e limite minimo di aree a verde da destinare all'interno dei lotti)

SITUAZIONE DI PROGETTO (intervento edilizio completato)-			
CARATTERISTICHE AREA	SUP (mq)	CN III	CN*SUP
Viabilità (sup. bitumata)	4380.00	100	438000
Marciapiedi (autobloccanti)	1656.00	93	154008
Verde pubblico	4227.00	89	376203
Servizi (area imp. sollevamento)	505.00	90	45450
Lotti ancora edificabili (tot.14793 mq) : sup. coperta (50% circa)	7336.00	98	718928
Lotti ancora edificabili (tot.14793 mq) : sup. sistemazioni a verde 25% circa	3729.00	87	324423
Lotti ancora edificabili (tot. 14793 mq) : sup. sistemazioni esterne lotto pavimentate (25 %) circa	3728.00	94	350432
lotti edificati	7203.00	95.34	686734
AREA COMPARTO (OGGETTO DI INTERVENTO)	32764.00		3094178
		94.44	

CN medio pesato comparto

Fig. 17: Determinazione CN III pesato Situazione nello scenario di trasformazione urbanistica completata del Comparto A11 di lottizzazione

7.4 Calcolo della portata di massima piena: aspetti metodologici

Per quanto concerne la metodologia da impiegare per la valutazione delle portate di piena dei bacini oggetto dello studio, il Piano stralcio per Assetto Idrogeologico della Sardegna prevede l'impiego di:

- metodi diretti, attraverso i quali si elaborano i dati di portata disponibili per i singoli corsi d'acqua conosciuti;
- metodi indiretti, attraverso i quali si supplisce all'insufficienza delle informazioni in possesso mediante apposite elaborazioni di dati riguardanti osservazioni rilevate su altri corsi d'acqua, affini o per morfologia o per collocazione idrologica, oppure si elaborano attraverso modelli afflussi-deflussi i dati di precipitazione registrati per quel bacino;
- studi specifici.

In particolare, nel caso della zona oggetto di osservazione nel presente studio non si ha a disposizione una serie storica che caratterizzi l'analisi idrologica, anche perché le stazioni di rilevamento cui si può fare riferimento non sono particolarmente significative nel dettaglio del presente reticolo idrografico in studio. Si è dunque fatto riferimento esclusivamente al metodo indiretto indicato nel Rapporto Regionale Sardegna "Valutazione delle piene in Sardegna", il

quale si basa sul metodo razionale (o metodo cinematico) con curva di possibilità pluviometrica TCEV.

Metodo razionale con curva di possibilità pluviometrica TCEV. L'equazione su cui si basa il metodo razionale è la seguente :

$$Q = \frac{\varphi \cdot ARF \cdot S \cdot h}{3,6 \cdot \tau}$$

dove:

- φ è il coefficiente di afflusso che rappresenta l'aliquota di precipitazione che scorre sulla superficie in occasione della piena;
- ARF è il coefficiente di riduzione areale e riguarda il rapporto tra la pioggia media su tutto il bacino e l'altezza di pioggia del centro di scroscio al suo interno, valutati a parità di durata e di tempo di ritorno;
- S è la superficie di intervento [km²];
- h è l'altezza di precipitazione che cade in un punto del bacino in una durata τ con l'assegnato tempo di ritorno [mm];
- τ durata della pioggia [h].

Altezza di pioggia h: Il valore dell'altezza di pioggia ad un dato periodo di ritorno T è dato in letteratura dalla formula generale secondo cui : $h(T) = a \cdot d^n$

La metodologia impiegata per il calcolo delle altezze di pioggia nel territorio regionale si basa, tuttavia sulla inferenza statistica del modello probabilistico TCEV della variabile adimensionale $h'(T)$ definita come :

$$h'(T) = \frac{h(d)}{\bar{h}(d)}$$

vale a dire il massimo annuale di pioggia per una durata d , normalizzato rispetto alla media \bar{h} e successivamente sul calcolo della $h(d)$ per le diverse durate di precipitazione d .

Pertanto, l'equazione della curva di possibilità pluviometrica normalizzata è, per ogni tempo di ritorno T :

$$h(T) = a \cdot d^n = h'(T) \cdot \bar{h}(d) = a_1 \cdot a_2 \cdot d^{n_1+n_2}$$

In cui a [adim] e n [mm/h] sono parametri espressi in scala logaritmica in funzione del tempo di ritorno T e delle caratteristiche climatiche delle zone in esame. In particolare, i parametri della curva di possibilità climatica si determinano in base a: $a = a_1 \cdot a_2$ e $n = n_1 + n_2$, in cui i coefficienti a_1 e n_1 si determinano in funzione della pioggia indice giornaliera hg che è la media dei massimi annui di precipitazione giornaliera.

Il metodo TCEV applicato al caso della Sardegna definisce detti parametri in funzione di una suddivisione in zone della territorio e in funzione della durata della pioggia. Più precisamente, la sottozona in cui ricade il territorio di Simaxis è la n. 1 (SZO 1), da cui si ha :

- per $T > 10$ anni

$$a_2 = 0,46378 + 1,0386 \cdot \log_{10} T$$

$$n_2 = -0,18449 + 0,23032 \cdot \log_{10} T - 3,3330 \cdot 10^{-2} \cdot (\log_{10} T)^2 \text{ se } t_p \leq 1 \text{ [h]}$$

$$n_2 = -1,0563 \cdot 10^{-2} - 7,9034 \cdot 10^{-3} \cdot \log_{10} T \text{ se durata della pioggia } t_p > 1 \text{ [h]}$$

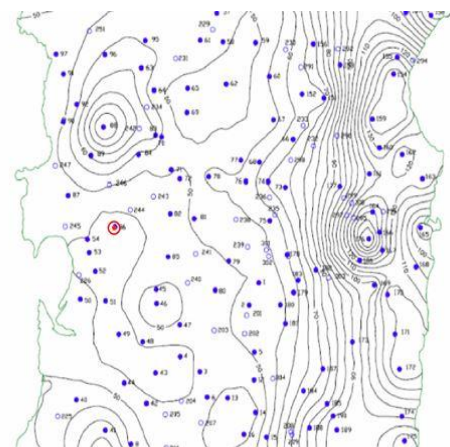
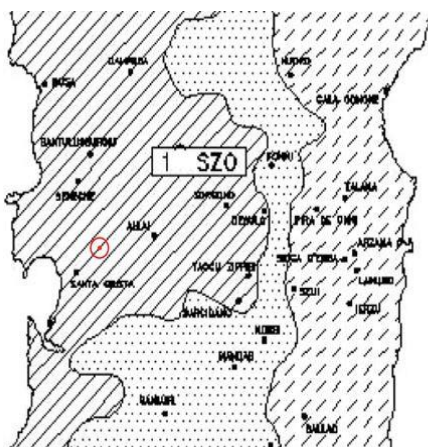


Fig. n. 18 - Sottozona di competenza e massime precipitazioni giornaliere nella zona di studio

I riferimenti numerici da inserire nelle relative relazioni si ricavano dallo “Studio regionale delle massime precipitazioni giornaliere in Sardegna” di Deidda, Piga e Sechi (a. 1993), secondo il quale la pioggia media giornaliera hg è stata calcolata effettuando la media pesata, sull’intera superficie del bacino in oggetto, di tutte le altezze di pioggia ricadenti su quel territorio.

La pioggia indice giornaliera, data per il territorio interessato e appartenente alla sottozona omogenea SZO 1 della Sardegna, è assunto pari a 45 mm.

Il coefficiente di ragguglio ARF (Areal Reduction Factor) è funzione dell'area del sub-bacino e della durata della pioggia critica. Nel caso in questione si fa riferimento al metodo usato nel VAPI Sardegna, che fa riguarda il Flood Studies Report del Wallingford Institute, secondo cui:

$$ARF = 1 - f_{in} \cdot \tau^{-f_2}$$

dove

$$f_{in} = 0,0394 \cdot S^{0,354}$$

$$f_2 = 0,4 - 0,0208 \cdot \log(4,6 - \log S) \quad \text{per } S < 20 \text{ km}^2;$$

$$f_2 = 0,4 - 0,003832 \cdot \log(4,6 - \log S)^2 \quad \text{per } 20 \text{ km}^2 < S < 100 \text{ km}^2.$$

Le caratteristiche del coefficiente di ragguglio, il cui compito è quello mediare la variabilità spaziale delle precipitazioni che tende a diminuire all'allontanarsi dal centro di scroscio, sono tali che viene assunto cautelativamente **pari a 1** anche in virtù del fatto che, come da letteratura, il ragguglio non si effettua per $S < 1 \text{ km}^2$.

$$h_{netta} = \frac{(h - I_a)^2}{(h - I_a + fs)}$$

dove:

I_a = fattore di ritenzione iniziale;

fs = capacità massima di assorbimento del bacino (rappresenta la massima quantità invasabile dal

terreno dopo l'inizio del deflusso superficiale).

I_a = assorbimento iniziale, legato empiricamente a S dalla relazione: $I_a = 0,2 \cdot fs$;

per cui la (1) assume l'espressione : $h_{netta} = \frac{(h - 0,2 fs)^2}{(h + 0,80 fs)}$

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

Il CN, è un indice numerico che indica percentualmente la quantità d'acqua caduta nel suolo che contribuirà al deflusso superficiale. Tale indice, può variare teoricamente da 0 a 100 anche se in realtà oscilla tra valori di 25 e 98. A titolo di esempio un'area completamente pavimentata può avere $CN=98$ e un campo coltivato $CN \approx 25$. In altre parole, come è evidente dalla relazione, a valori di CN elevati corrispondono infiltrazioni (fs) piccole e conseguentemente elevati valori del coeff. di deflusso.

La valutazione delle capacità di deflusso dei suoli è legata alla determinazione dell'indice CN, calcolato con il metodo SCS-Curve Number, come peraltro previsto dalle linee guida del PAI.

L'indice CN, adimensionale, è un valore compreso tra 0 e 100 ed è espresso in funzione di tre aspetti:

- natura del suolo;
- tipo di copertura vegetale;
- condizioni di umidità al suolo antecedenti la precipitazione.

I valori di CN pesati, ante e post intervento, per le due aree, sono quelli riportati rispettivamente nelle tabelle di calcolo consegnate nelle figure 16 (attuale : **CNIII 90,71**) e 17 (trasformazione urbanistica completata : **CNIII 94.44**)

7.5 Calcolo della portata di massima piena per $Tr= 50$ anni e per $Tr= 20$ anni (Scenario 1)

Nel caso di comparti appartenenti alla classe di intervento C , quale quello in oggetto, le linee guida per l'attuazione del principio di invarianza idraulica , prevedono che debbano essere presi in considerazione due differenti tempi di ritorno $Tr= 20$ anni e $Tr= 50$ anni, rispettivamente per il dimensionamento della rete di drenaggio interno alla lottizzazione e per il dimensionamento della vasca o del sistema di accumulo per i deflussi e la laminazione della portata massima scaricata al recettore finale .

Nel caso specifico verranno presi in considerazione un primo scenario caratterizzato dalle seguenti condizioni al contorno :

- a) Stato attuale (considerata la situazione ad oggi con la lottizzazione parzialmente edificata)
- b) Stato di progetto (completamento dell'intervento urbanistico) con la prescrizioni indicate per la sistemazione delle aree scoperte dei lotti al 7.3 della presente relazione .

Da questa prima valutazione sarà possibile valutare la presenza di criticità sia riguardo la rete di drenaggio delle acque meteoriche (come già detto già realizzata in tempi precedenti all'entrata in vigore dell'art. 47 delle NAT del PAI) che quelle relative all'invarianza idraulica del recettore finale. Alla luce di tale verifica , sarà presa in considerazione l'attuazione di ulteriori misure compensative , che verranno esaminate in un secondo scenario.

In merito al tempo di corrivazione da adottare, le Linee guida, ai fini del calcolo della portata di piena, impongono lo studio dello ietogramma avente una durata di 30 minuti, aspetto che

consente di ovviare al problema di individuazione del tempo di da impiegare, che pertanto viene assunto anch'esso pari a 30 minuti.

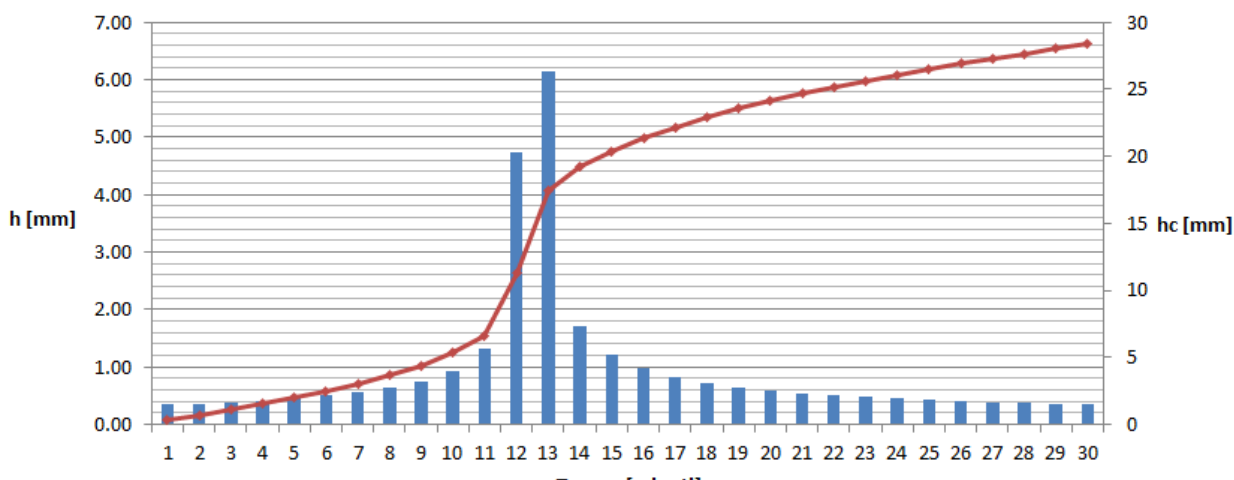
Il calcolo della portata e il conseguente idrogramma di piena è stato elaborato mediante l'approccio modellistico e il software Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) dell'U.S. Army Corps of Engineers, i cui risultati sono riportati di seguito.

7.5.1 Portate per la verifica del dimensionamento della rete di dreno interna Tr=20 anni

Nelle tabelle seguenti sono indicati i principali elementi alla base del calcolo esposto nel paragrafo precedente.

			dt(min)	1
			d (ore)	0.5
			r	0.4
			rtp	0.2
			Δt (ore)	0.0167
			Δt (ore)	0.0665
			t _{lag} =0.6*t _c [ore]	0.3000
			t _{lag} =0.6*t _c [min]	18.0
			t _p =Δt/2+t _{lag} [ore]	0.3083
			t _p =Δt/2+t _{lag} [min]	19.9950
			S (Km ²)	0.032764
			$P_n = (P - I_a)^2 / (P - I_a + S)$	
			CN _{III}	
			Ia=S*0.2	
			S=25400/CN-254	
			Q _{picco} [m ³ /s]	
			CN _{III}	94.4383
			Ia=S*0.2	2.9917
			S=25400/CN-254	14.9585
			Q _{picco} [m ³ /s]	0.183
Tr	20			
μ _g	45			
SZO	1			
durata ietogramma (minuti)	30			
d (ore)	0.5			
a1	19.9570			
n1	0.2939			
a2	1.8150			
n2	0.0588			
Hm	16.28			
ARF	1			
Superficie Lotto (mq)	32764.000			
h (mm)	28.3667			
intensità costante (mm/ora)	56.7335			

Ietogramma di progetto Tr 20 anni



Portata Tr 20 (mc/s)

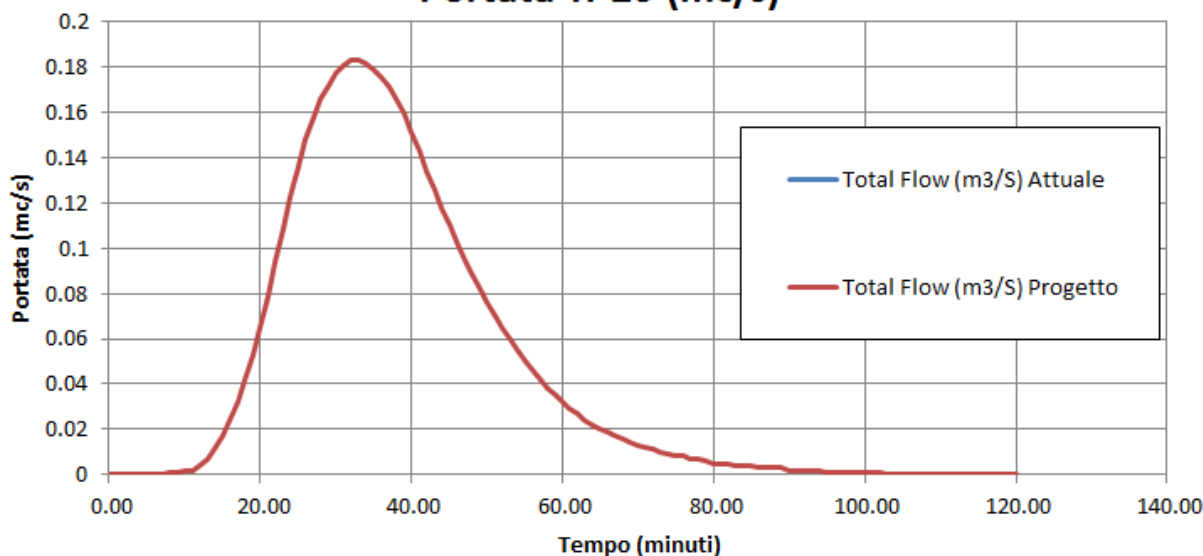


Fig. n. 19 - Situazione di progetto : Ietogramma - Idrogramma per Tr= 20 anni

Conformemente a quanto indicato nelle linee guida, lo Ietogramma Chicago considerato, ha una durata di 30 minuti con posizione del picco $r = 0.4$ (12 minuti) .

La portata al colmo che scaturisce risulta di **0.183 mc/s**.

Come già detto, la condotta è stata già realizzata , collaudata, e presa in carico dall'Amministrazione . La rete di raccolta delle acque meteoriche (condotta in PVC DN 315) della quale si consegna in fig. 20 uno stralcio planimetrico e il profilo di posa del tratto terminale (oggetto di verifica) estratto dal progetto di opere di urbanizzazione .

PLANIMETRIA RETE ACQUE BIANCHE

SCALA 1:1000



PROFILO LINEA ACQUE BIANCHE - TRATTO L-D

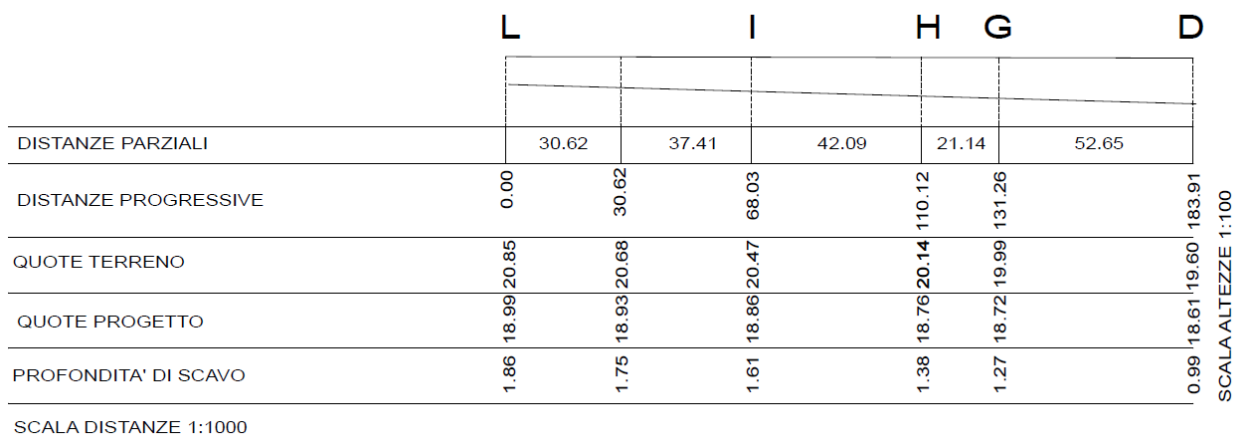


Fig. n. 20 - Planimetria e profilo rete raccolta e smaltimento acque meteoriche . In rosso il tratto terminale GD oggetto di verifica

7.5.2 Verifica idraulica della rete di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche (tratto terminale G-D

Come indicato negli elaborati progettuali, il collettore principale delle acque meteoriche corre lungo la viabilità di piano (Via Tuveri) per poi recapitare nel pozzetto D, e da qui verso il colo che corre adiacente la Via Galilei per poi immettersi nell'attraversamento della SS389 (fi 1000) e da qui proseguire lungo il colo che assume la denominazione di fiume 4057.

Come indicato al punto precedente, dal calcolo idrologico sono scaturite le portate al colmo di verifica con tempo di ritorno $T= 20$ anni quantificate in $Q_c = 0.183 \text{ mc/s}$, valore col quale sarà verificata la rete esistente , realizzata con una condotta interrata in PVC del diametro DN315 , posata con pendenza nel tratto terminale (GD) dello 0.2%.

Per la verifica della congruità dei diametri delle condotte si è fatto uso della formula di Chèzy, che esprime il legame tra portate e pendenze nelle correnti a pelo libero:

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

$$\text{Con } C = 87 / [1 + (\gamma / \sqrt{R})]$$

dove:

Q = portata in (mc/s)

i = pendenza (0.7 % e 1%)

C = coefficiente di resistenza

γ = coefficiente di scabrezza della tubazione : 0.10

A = area sezione bagnata - R = raggio idraulico

D_i = Diametro interno della condotta 0,345 m

Per la verifica del diametro, si è proceduto alla costruzione della scale delle portate e velocità specifiche dalla quale si evince che la massima portata transitabile nella condotta esistente è di 0.065 mc/s pari all'incirca a 1/3 di quella corrispondente al $T_r= 20$ anni.

Dalla quale emerge in maniera evidente che la stessa è stata calcolata per un tempo di ritorno inferiore a quella dei 20 anni.

**VALUTAZIONE DELL'INVARIANZA IDRAULICA A CORREDO DEL PROGETTO DI COMPLETAMENTO DELLE OPERE DI
URBANIZZAZIONE DELLA LOTTIZZAZIONE CONVENZIONATA IN ZONA C2 COMPARTO "A1" NEL COMUNE DI
SIMAXIS (OR)**

Diametro:
Dn = 315 0.20%
r = 0.15 m
γ = 0.06

Y altezza pelo libero	A area bagnata	B contorno bagnato	R raggio idraulico	C coeffic. di Bazin	Vs velocità specifica	Qs portata specifica	velocità	portata
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(adim.)	m/s	l/s
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0	0
0.01	0.000	0.085	0.004	44.547	2.8	0.9	0.13	0.04
0.01	0.001	0.121	0.008	51.885	4.6	4.4	0.21	0.20
0.02	0.002	0.148	0.012	55.932	6.0	10.5	0.27	0.47
0.02	0.003	0.172	0.015	58.641	7.3	19.3	0.33	0.86
0.03	0.004	0.193	0.019	60.642	8.4	30.8	0.37	1.38
0.04	0.005	0.212	0.023	62.195	9.4	44.9	0.42	2.01
0.04	0.006	0.230	0.026	63.452	10.3	61.7	0.46	2.76
0.05	0.007	0.247	0.030	64.493	11.1	80.9	0.50	3.62
0.09	0.018	0.348	0.051	68.777	15.6	277.8	0.70	12.42
0.10	0.020	0.361	0.054	69.154	16.1	313.5	0.72	14.02
0.14	0.032	0.447	0.071	71.009	18.9	600.7	0.85	26.86
0.14	0.034	0.459	0.073	71.194	19.2	645.4	0.86	28.86
0.17	0.043	0.519	0.082	71.917	20.6	874.6	0.92	39.11
0.18	0.044	0.532	0.083	72.026	20.8	920.5	0.93	41.17
0.19	0.046	0.544	0.085	72.125	21.0	966.0	0.94	43.20
0.19	0.048	0.556	0.086	72.214	21.2	1011.0	0.95	45.21
0.20	0.049	0.569	0.087	72.293	21.3	1055.3	0.95	47.19
0.23	0.058	0.635	0.091	72.549	21.9	1259.6	0.98	56.33
0.23	0.059	0.650	0.091	72.571	21.9	1295.5	0.98	57.94
0.25	0.062	0.680	0.091	72.585	21.9	1360.4	0.98	60.84
0.25	0.063	0.696	0.091	72.575	21.9	1388.7	0.98	62.10
0.26	0.065	0.712	0.091	72.552	21.9	1413.7	0.98	63.22
0.26	0.066	0.730	0.090	72.515	21.8	1435.0	0.97	64.17
0.27	0.067	0.749	0.089	72.460	21.7	1451.8	0.97	64.93
0.28	0.068	0.770	0.088	72.385	21.5	1463.6	0.96	65.45
0.28	0.069	0.794	0.087	72.283	21.3	1468.8	0.95	65.69
0.29	0.070	0.822	0.085	72.142	21.0	1465.6	0.94	65.55
0.29	0.070	0.857	0.082	71.933	20.6	1449.6	0.92	64.83
0.30	0.071	0.942	0.075	71.365	19.5	1381.5	0.87	61.78

Fig. n. 20 - Scala delle portate per il tratto terminale GD (pendenza 0.2%): in rosso le condizioni di moto per la portata massima transitabile di 0.065 mc/s

7.5.3 Portate per la verifica dell'invarianza Tr=50 anni

L'intervento pianificatorio, per sua intrinseca natura, comporta una variazione dell'andamento dei deflussi superficiali, quasi esclusivamente nei termini di un incremento degli stessi. Si rende perciò necessario, ai fini del rispetto dei principi dell' invarianza idraulica, l'impiego di misure compensative quali quelle volte a limitare gli incrementi del deflusso superficiale o quelle finalizzate alla laminazione dei maggiori quantitativi di acqua che si tramutano appunto in deflusso superficiale. Le Linee guida stabiliscono che la verifica complessiva della invarianza idraulica preveda il calcolo della relativa portata considerando un tempo di ritorno $Tr = 50$ anni. Nella fig. 21 , sono riportati i parametri e i risultati in forma tabellare che esprimono gli effetti in termini di risposta idraulica del bacino della trasformazione del territorio (anche in termini di volumi di pioggia netta) mentre nella fig. 22 lo iettoprogramma di progetto , l'idrogramma nella situazione attuale comparata con quello di progetto.

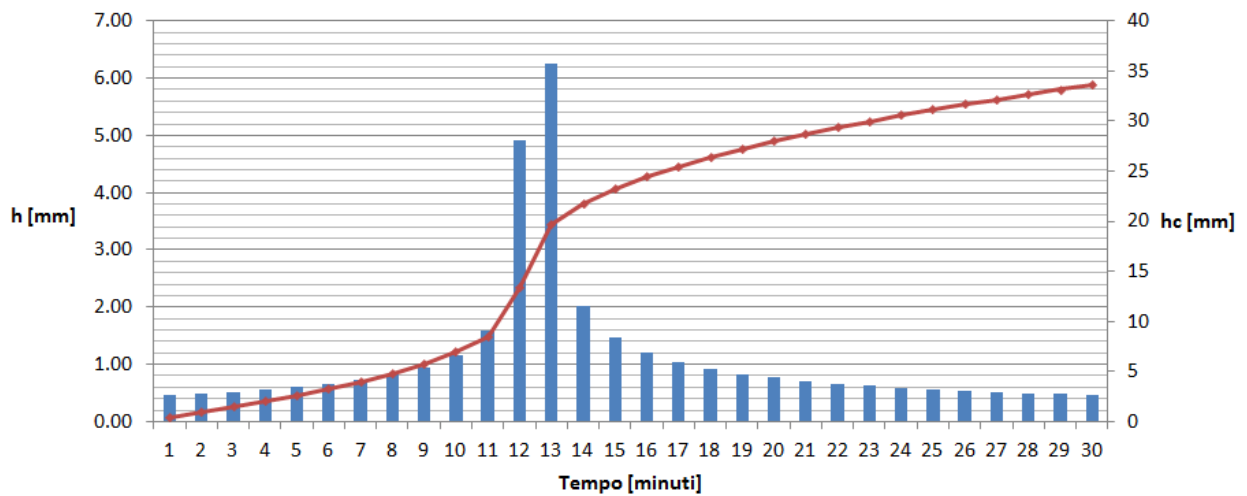
Tr	50
μ_g	45
SZO	1
durata iettoprogramma (minuti)	30
d (ore)	0.5
a1	19.9570
n1	0.2939
a2	2.2283
n2	0.1107
Hm	16.28
ARF	1
Superficie Lotto (mq)	32764.00
h (mm)	33.5956
intensità costante (mm/ora)	67.1911

progetto	attuale
Volume 50 anni	Volume 50 anni
673.488	485.622

dt(min)	1
d (ore)	0.5
r	0.4
rtp	0.2
Δt (ore)	0.0167
Δt (ore)	0.0665
$t_{lag}=0.6*t_c$ [ore]	0.3000
$t_{lag}=0.6*t_c$ [min]	18.0
$t_p=\Delta t/2+t_{lag}$ [ore]	0.3083
$t_p=\Delta t/2+t_{lag}$ [min]	19.9950
S (Km ²)	0.032764
$P_n = (P - I_a)^2 / (P - I_a + S)$	
Attuale CN _{II}	90.7137
la=S*0.2	5.2004
S=25400/CN-254	26.0019
Q _{picco} [m ³ /s]	0.270
Progetto CN _{II}	94.4383
la=S*0.2	2.9917
S=25400/CN-254	14.9585
Q _{picco} [m ³ /s]	0.374

Fig. 21 - Determinazione portate per Tr= 50 anni

Ietogramma di progetto Tr 50 anni



Portata Tr 50

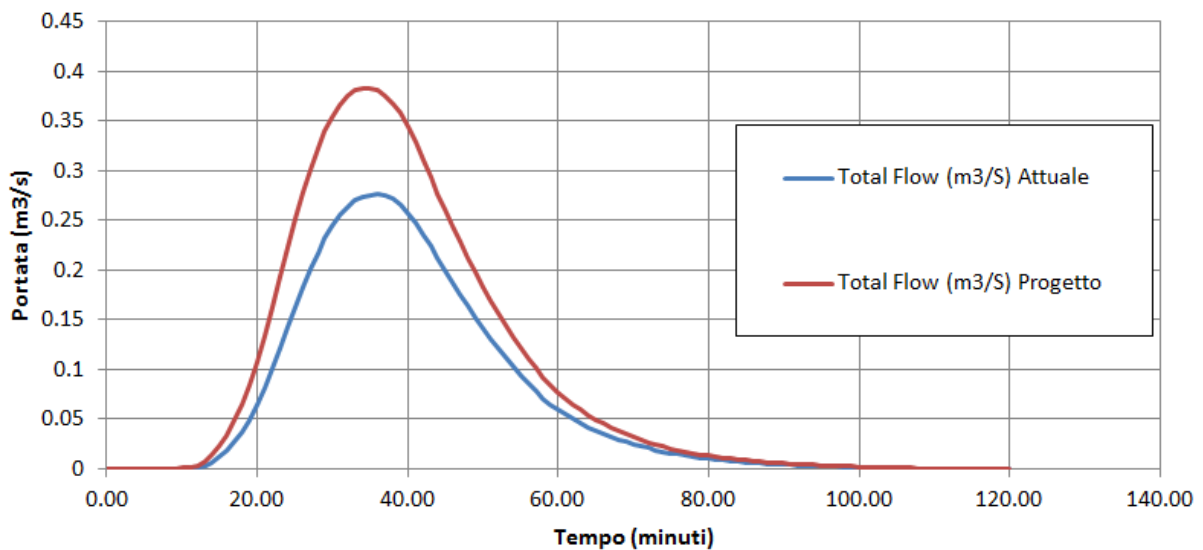


Fig. n. 22 - Situazione di progetto : Ietogramma - Idrogramma per Tr= 50 anni

Dalla comparazione tra situazione attuale e quella di progetto , si evince che per l'evento ipotizzato $Tr= 50$ anni , il volume di precipitazione netta presenta un incremento di : $673,488 \text{ mc} - 485.622 \text{ mc} = 187. 67 \text{ mc}$ e la portata al colmo passa da 0.27 mc/s a 0.374 mc/s con un incremento di **0.104 mc/s** .

7.6 Ulteriori misure compensative per la verifica dell'invarianza idraulica

Dalle valutazioni effettuate al punto precedente , risulta che, tra stato attuale e quello di progetto, nonostante le misure compensative adottate per la riduzione dell'impermeabilità : nello scenario di progetto , risulta un incremento della portata di picco di 0.14 mc/s ed un incremento del volume di pioggia netta dell'evento con $T_r= 50$ anni di **187.67 mc**.

Conseguentemente, al fine di garantire l'invarianza della portata immessa nel compluvio recettore, occorre introdurre un ulteriore elemento compensativo , che come previsto anche dalle linee guida sull'invarianza idraulica , per le categorie C, può essere rappresentato o da una vasca di laminazione da realizzarsi subito a valle del tratto terminale della condotta di raccolta delle acque meteoriche e immediatamente a monte dell'immissione nel corpo idrico recettore , o in introdurre per ogni singolo lotto, un serbatoio di accumulo di volume utile capace di contenere l'acqua di precipitazione raccolta dalla superficie delle coperture conseguente all'evento $T_r= 50$ anni. I volumi accumulati all'interno del serbatoio potranno essere utilizzati dai singoli proprietari per l'irrigazione del verde privato.

Per il dimensionamento del volume utile dei serbatoi da installare nei singoli lotti (non ancora edificati) , si è fatto riferimento al volume idrico determinato con la relazione :

$$V_i = S_{c_x} h_{c_x} \Phi \quad (1)$$

V_i = Volume idrico utile del serbatoio di raccolta (m^3) da installare nei singoli lotti

S_c = Superficie coperta (mq) pari al valore massimo del rapporto di copertura (50% del lotto)

h_c = altezza di precipitazione critica per l'evento con $T_r= 50$ anni e durata di 0.5 h = 0.0359 m

Φ = 0.95 coefficiente di trasformazione dell'afflusso meteorico in deflusso nel canale di gronda

I volumi complessivi dei serbatoi, per assicurare la laminazione e quindi l'invarianza idraulica verso il recettore finale, dovranno necessariamente essere \geq di 186,67 m^3 .

I serbatoi (preferibilmente interrati) potranno essere in PE o in cls prefabbricato , e dovranno essere dotati di una pompa comandata da un sensore di pioggia che attiverà il funzionamento della stessa, per lo svuotamento della vasca, dopo un tempo di 30' (durata critica dell'evento) dall'inizio della precipitazione .

Per conseguire gli effetti di laminazione, è evidente che i serbatoi all'inizio dell'evento dovranno essere vuoti o comunque avere un volume disponibile utile di laminazione calcolato, per cui il sensore di pioggia , dovrà essere attivato nel caso di allerta meteo di criticità elevata o molto

elevata. Nelle altre condizioni meteo , il serbatoio potrà essere anche parzialmente pieno (anche per l'utilizzo di irrigazione), e, nel caso i volumi in eccesso dovuti a eventi meteorici ordinari, potranno essere smaltiti tramite un troppo pieno connesso alla rete di smaltimento delle acque meteo della lottizzazione.

Nella fig. 23 , viene riportata in forma tabellare per i singoli lotti (identificati dal codice numerico attribuito nel progetto di lottizzazione) , il volume utile del serbatoio , calcolato con la (1)

LOTTI ANCORA NON EDIFICATI						LOTTI ANCORA NON EDIFICATI					
n. lotto	Sup. lotto (mq)	SC (mq)	Hc (m)	φ	Vi (mc)	n. lotto	Sup. lotto (mq)	SC (mq)	Hc (m)	φ	Vi (mc)
14	378	189	0.0359	0.95	6.45	55	306	153	0.0359	0.95	5.22
19	410	205	0.0359	0.95	6.99	56	309	155	0.0359	0.95	5.29
26	390	195	0.0359	0.95	6.65	57	312	104	0.0359	0.95	3.55
27	373	187	0.0359	0.95	6.38	58	315	158	0.0359	0.95	5.39
28	356	178	0.0359	0.95	6.07	59	319	160	0.0359	0.95	5.46
29	347	174	0.0359	0.95	5.93	61	325	163	0.0359	0.95	5.56
32	305	153	0.0359	0.95	5.22	64	347	154	0.0359	0.95	5.25
33	299	150	0.0359	0.95	5.12	65	349	175	0.0359	0.95	5.97
34	299	150	0.0359	0.95	5.12	67	278	139	0.0359	0.95	4.74
36	516	258	0.0359	0.95	8.80	68	323	162	0.0359	0.95	5.53
37	330	165	0.0359	0.95	5.63	69	318	159	0.0359	0.95	5.42
38	356	178	0.0359	0.95	6.07	70	315	158	0.0359	0.95	5.39
43	299	150	0.0359	0.95	5.12	71	327	164	0.0359	0.95	5.59
44	299	150	0.0359	0.95	5.12	72	290	145	0.0359	0.95	4.95
45	299	150	0.0359	0.95	5.12	73	289	145	0.0359	0.95	4.95
46	299	150	0.0359	0.95	5.12	74	288	144	0.0359	0.95	4.91
47	278	139	0.0359	0.95	4.74	77	290	145	0.0359	0.95	4.95
48	394	197	0.0359	0.95	6.72	78	292	146	0.0359	0.95	4.98
49	520	260	0.0359	0.95	8.87	81	291	146	0.0359	0.95	4.98
50	277	139	0.0359	0.95	4.74	82	292	146	0.0359	0.95	4.98
51	301	151	0.0359	0.95	5.15	83	292	146	0.0359	0.95	4.98
52	351	176	0.0359	0.95	6.00	84	318	159	0.0359	0.95	5.42
53	332	166	0.0359	0.95	5.66	TOT.	14793	7336			250.2

Fig. n. 23 – Determinazione dei volumi dei serbatoi domestici

7.7 Verifica dell'invarianza idraulica con l'introduzione della misura compensativa rappresentata dall'installazione dei serbatoi domestici (Scenario 2)

Con l'introduzione di questa ulteriore misura compensativa , che introduce un volume di laminazione complessivo di circa 250 mc , si può determinare il nuovo idrogramma di piena dell'evento $T_r = 50$ anni con durata sempre di 30 minuti.

Per la sua valutazione occorre riferirsi ad un nuovo scenario rappresentato dal valore di CN III calcolato escludendo integralmente dalla superficie totale della lottizzazione (rif. tabella fig.17) quella relativa alla superficie coperta delle costruzioni non ancora edificate , i cui deflussi originati dalla precipitazione critica saranno immagazzinati dai serbatoi domestici . Il nuovo valore del CN III (**93,41**) , così determinato per l'intero comparto "A" è consegnato nella tabella di fig. 24.

Scenario 2 : SITUAZIONE DI PROGETTO (con serbatoi domestici)-			
CARATTERISTICHE AREA	SUP (mq)	CN III	CN*SUP
Viabilità (sup. bitumata)	4380.00	100	438000
Marciapiedi (autobloccanti)	1656.00	93	154008
Verde pubblico	4227.00	89	376203
Servizi (area imp. sollevamento)	505.00	90	45450
Lotti ancora edificabili (tot.14793 mq) : sup. coperta (50% circa)	0.00	98	0
Lotti ancora edificabili (tot.14793 mq) : sup. sistemazioni a verde 25% circa	3729.00	87	324423
Lotti ancora edificabili (tot. 14793 mq) : sup. sistemazioni esterne lotto pavimentate (25 %) circa	3728.00	94	350432
lotti edificati	7203.00	95.34	686734
AREA COMPARTO (OGGETTO DI INTERVENTO)	25428.00		2375250
CN medio pesato comparto		93.41	

Fig. 24: Determinazione CN III pesato: Situazione nello scenario di trasformazione urbanistica completata del Comparto A11 di lottizzazione con l'introduzione dei serbatoi domestici

Per lo scenario 2 ipotizzato, nella fig. 25 , sono riportati i parametri e i risultati in forma tabellare che esprimono gli effetti in termini di risposta idraulica del bacino della trasformazione del territorio (anche in termini di volumi di pioggia netta) mentre nella fig. 26 l'idrogramma nella situazione attuale comparata con quello di progetto dello scenario 1 e quella dello scenario 2.

VALUTAZIONE DELL'INVARIANZA IDRAULICA A CORREDO DEL PROGETTO DI COMPLETAMENTO DELLE OPERE DI URBANIZZAZIONE DELLA LOTTIZZAZIONE CONVENZIONATA IN ZONA C2 COMPARTO "A1" NEL COMUNE DI SIMAXIS (OR)

Tr	50
μg	45
SZO	1
durata ietogramma (minuti)	30
d (ore)	0.5
a1	19.9570
n1	0.2939
a2	2.2283
n2	0.1107
Hm	16.28
ARF	1
Superficie Lotto (mq)	32764.00
h (mm)	33.5956
intensità costante (mm/ora)	67.1911

dt(min)	1	
d (ore)	0.5	
r	0.4	
rtp	0.2	
Δt (ore)	0.0167	
Δt (ore)	0.0665	
t _{lag} =0.6*t _c [ore]	0.3000	
t _{lag} =0.6*t _c [min]	18.0	
t _p =Δt/2+t _{lag} [ore]	0.3083	
t _p =Δt/2+t _{lag} [min]	19.9950	
S (Km ²)	0.032764	
$P_n = (P - I_a)^2 / (P - I_a + S)$		
Attuale	CN _{III}	90.7137
	I _a =S*0.2	5.2004
	S=25400/CN-254	26.0019
	Q _{picco} [m ³ /s]	0.270
SCENARIO 1 :Progetto	CN _{III}	94.4383
	I _a =S*0.2	2.9917
	S=25400/CN-254	14.9585
	Q _{picco} [m ³ /s]	0.374
SCENARIO 2: Serbatoi	CN _{III}	93.4100
	I _a =S*0.2	3.5839
	S=25400/CN-254	17.9195
	Q _{picco} [m ³ /s]	0.265

S (Km ²)	0.025428000
----------------------	-------------

Fig. 25 - Determinazione portate per Tr= 50 anni (Attuale – Progetto Scenario 1 - Progetto Scenario 2

Come si evince dal prospetto di fig. 25 , la portata di picco, si riduce di circa il 30% (dal valore di 0.374 mc/s a 0.265 mc/s) , risulta anche che la portata di picco nello scenario 2 (0.265 mc/s) risulta leggermente inferiore a quella dello stato attuale(0.27 mc/s) il che dimostra che con le ulteriori misure compensative introdotte nello scenario n. 2 (serbatoi domestici) vengono conseguiti gli obiettivi del rispetto dell'invarianza idraulica dell'intervento urbanistico.

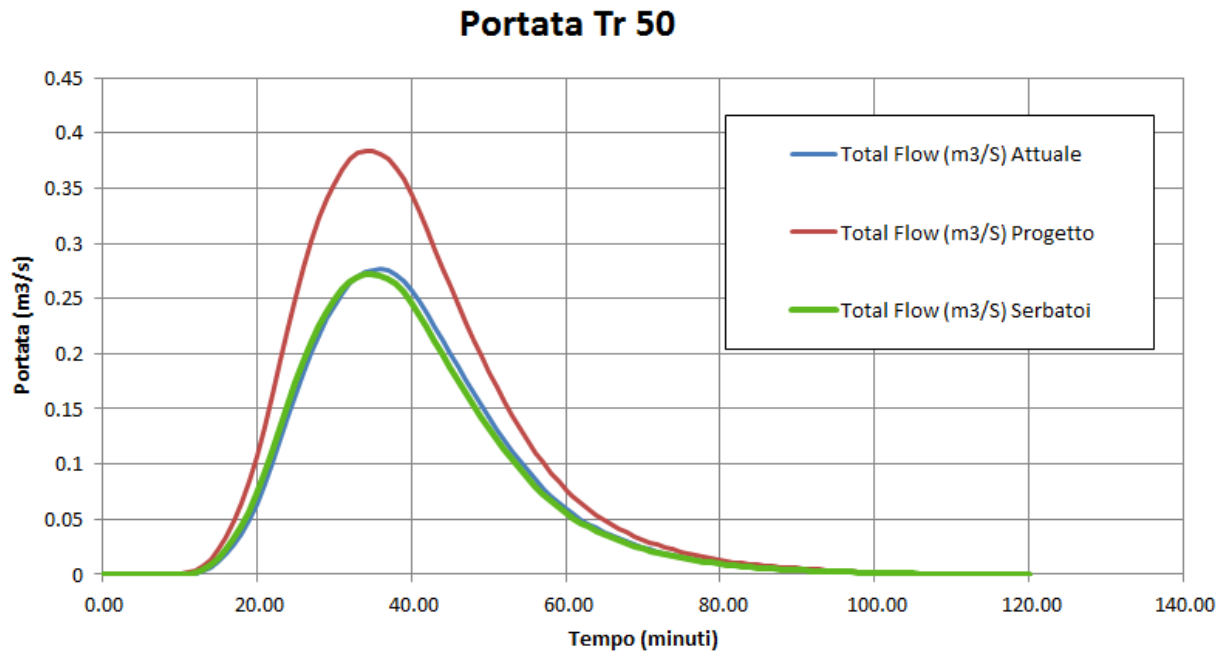


Fig. 26 - Idrogramma per $Tr=50$ anni (Attuale – Progetto Scenario 1 - Progetto Scenario 2)

La comparazione degli idrogrammi rappresentata nella fig. 26 , mostra come l'introduzione delle misure compensative adottate, riducono la portata di picco ad un valore inferiore a quello dello stato attuale e non alterano in alcuna misura, per l'evento $Tr=50$ anni, le condizioni di deflusso attuali del recettore finale , rispondendo adeguatamente al principio di invarianza idraulica.

7.8 Verifica idraulica della rete di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche (tratto terminale G-D) nello Scenario n.2

La portata al colmo relativa all'evento con $T_r = 20$ anni , con le misure compensative introdotte nello scenario progettuale n. 2, si riduce dal valore di 0.183 mc/s (Scenario 1) al valore di picco di 0.14 mc/s .

Considerato il fatto che la condotta del tratto terminale (recettore finale) è stata realizzata in periodo antecedente alla pubblicazione delle linee guida e all'introduzione dell'art. 47 delle NAT del PAI , si può solo prendere atto che la stessa risulta comunque sottodimensionata per convogliare la portata al colmo , in quanto la stessa con le caratteristiche di diametro (DN 315) e pendenza (0.2 %) , capace di smaltire una portata massima di 0.067 mc /s (rif. tabella fig. 20) per cui il valore residuo pari a circa 0.073 mc/s non convogliato dalla rete , darà origine ad uno scorrimento superficiale sulla sede stradale (larga 7 m) che nel tratto terminale presenta , una pendenza dello 0.2% , con un battente idrico comunque limitato e stimato in 3 cm . e con velocità dell'ordine di 0.4 m/s e quindi con azioni di trascinamento poco significative.

8.0 Conclusioni : Verifica complessiva del principio di invarianza idraulica

L'intervento pianificatorio, per sua intrinseca natura, comporta una variazione dell'andamento dei deflussi superficiali, quasi esclusivamente nei termini di un incremento degli stessi. Si rende perciò necessario, ai fini del rispetto dei principi dell' invarianza idraulica, l'impiego di misure compensative quali quelle volte a limitare gli incrementi del deflusso superficiale o quelle finalizzate alla laminazione dei maggiori quantitativi di acqua che si tramutano appunto in deflusso superficiale.

Ai sensi delle Linee guida e indirizzi operativi per l'attuazione del principio della invarianza idraulica di cui all'articolo 47 delle NA del PAI, la superficie della lottizzazione comporta la classe di intervento c), vale a dire che coinvolge una superficie territoriale compresa tra 0,5 e 10 ha, ed è associata ad un intervento che comporta un livello di impermeabilizzazione potenziale significativo.

Le Linee guida stabiliscono che la verifica complessiva della invarianza idraulica preveda il calcolo della relativa portata considerando un tempo di ritorno $T_r = 50$ anni.

8.1 Prescrizioni

Per la verifica del principio di invarianza idraulica sono state introdotte delle misure compensative di regolamentazione per le superfici scoperte dei singoli lotti non ancora edificati e per le quali, la loro attuazione, rappresenta una prescrizione da recepire nel piano attuativo . Tali prescrizioni, elencate al punto 7.3 , e che hanno dato all'attuazione dell'intervento urbanistico in progetto una configurazione denominata " Scenario 1" sono le seguenti :

- a) Sistemazione a verde per una superficie non inferiore al 25% del lotto (50% della sup.scoperta) ;
- b) Utilizzo per i parcheggi o parti pavimentate non superiori al 25% della superficie del lotto con pavimentazione in calcestruzzo drenante con caratteristiche di sottofondo e di sovrastruttura con capacità drenanti (UNI 12697-40) non inferiori a $2.69 \cdot 10^{-2} \text{ m/s} > 1000 \text{ mm/min}$ (vedi a proposito schede tecniche " i.idro DRAIN" prodotto dalla Italcementi) e/o in alternativa con pavimentazione in lastre di pietrame locale o in elemnti in cls prefabbricati posati senza sigillatura dei giunti su sabbia con sottofondo avente coeff. di permeabilità compreso tra $100 - 10^{-5} \text{ m/s}$

Tali misure compensative , non sufficienti a garantire il principio di invarianza idraulica della trasformazione urbanistica (Rif. idrogramma fig. 22) sono state implementate con una ulteriore misura compensativa rappresentata dalla prescrizione di dotare ogni singolo di un serbatoio di accumulo dei volumi di precipitazione netta raccolti tramite il sistema di canali di gronda/pluviali dalle coperture dei fabbricati ("Scenario 2") . I valori dei volumi minimi dei serbatoi di accumulo per la laminazione delle piene sono riportate per i singoli lotti in forma tabellare nella fig. 23.

8.2 Verifica complessiva dell'invarianza idraulica

Con tali misure compensative, che si ribadisce dovranno essere recepite nelle norme di attuazione del piano, come indicato al 7.7 della presente relazione si consegue l'obiettivo fondamentale di non incrementare le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nel recettore di valle rispetto a quelle preesistenti all'urbanizzazione (riferita allo stato attuale).

Per quanto concerne la verifica della rete di dreno del comparto di lottizzazione già realizzata in un periodo precedente alla pubblicazione delle linee guida, si ribadiscono le conclusioni di cui al punto 7.8 del presente studio, che esprimono il sottodimensionamento della rete per lo smaltimento della portata con tempo di ritorno ventennale , è evidenziano la criticità dell'ultimo tratto di viabilità che sarà interessato, per tale evento, da uno scorrimento superficiale con modesto battente (3 cm) , per cui considerato che :

- Dall'esame degli studi su scala di bacino effettuato al punto 6.0 , l'area in esame, ricade in un settore con pericolosità idraulica moderata (Hi1) , nella quale comunque, le opere di completamento delle urbanizzazioni indicate nella proposta progettuale , risultano ammissibili ai sensi dell'art. 30 delle NAT del PAI che disciplina gli interventi nelle aree a pericolosità moderata.
- L'introduzione delle prescrizioni riguardo le misure compensative da recepire fanno sì che non vengano incrementate le portate di deflusso originate dall'evento meteorico $T_r = 50$ anni nell'ipotesi di trasformazione urbanistica del territorio rispetto a quella preesistente (c.1 art. 47 delle NAT del PAI);
- L'intervento urbanistico rispetta l'invarianza del punto di recapito , delle quote altimetriche e delle capacità di drenaggio delle aree limitrofe;
- le opere in progetto, non interferiscono sull'eventuale esecuzione di opere di mitigazione del rischio idraulico ;
- l'attuazione dell'intervento edilizio, non incrementa il rischio idraulico a valle, né determina situazioni di rigurgiti o ostruzioni a monte , che in qualche misura ostacolano le condizioni di deflusso;
- la realizzazione dell'opera non necessita di ulteriori misure di mitigazione di compensazione oltre a quelle adottate

Pertanto, in conclusione, sulla base delle considerazioni su esposte e delle prescrizioni indicate , si può concludere che la proposta progettuale per il completamento delle opere di urbanizzazione della lottizzazione convenzionata in zona C2 comparto " A " (Naitana e più) nel Comune di Simaxis , a firma dell'Arch. Paolo Loy, rispetta il principio di invarianza idraulica e quindi è compatibile con le prescrizioni dell'art. 47 delle Norme di attuazione del PAI.

Il Tecnico:

Ing. Paolo Scarteddu

