

COMUNE DI ASSEMINI –CA–

PROGETTO :

**Variante al Progetto Guida Ambito di
Riqualificazione RU 2 relativo al piano di
comparto RU 2c (App. Definitiva D.CC. n.25
del 26/05/2021).**

I COMMITTENTI

data: aprile 2023

SOCIETA' SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA TECNOSERVICE 3M SRL
Piazza della Conciliazione n° 3 - 09032 Assemini (CA), Tel. 070/944663

IL PROGETTISTA

ING. GIORGIO MOSTALLINO

STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA
DOTT. GEOL. SIMONE MANCONI



ORDINE DEI GEOLOGI DELLA SARDEGNA N. 513
P.I. 02760610929 - C.F. - MNCSMN74B13B354G
sede operativa: CAGLIARI, VIA DELL'ARTIGIANATO 18 - 09122
Sede legale: ASSEMINI - VIA PARIGI 9 - 09032
TEL/FAX 070497499
MOBILE: 3286513334
e-mail: geologo.manconi@gmail.com
PEC: geologo.simonemanconi@pec.epap.it



ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA

N. 513 Dott. Geol. SIMONE MANCONI



ORDINE INGEGNERI
PROVINCIA DI CAGLIARI
N. 5398 Dott. Ing. ANTONIO DEDONI

– STUDIO DI INVARIANZA IDRAULICA –



INDICE

1.	Premessa.....	3
2.	Analisi del contesto territoriale coinvolto	3
3.	Quadro di riferimento progettuale	7
4.	Analisi del CN in condizione Ex-Ante	8
5.	Analisi del CN in condizione Ex-Post	11
6.	Analisi e stima dell'idrogramma di piena	13
7.	Invarianza idraulica – Verifiche stato Ex-Ante	14
8.	Invarianza idraulica – Verifiche stato Ex-Post	15
9.	Calcolo dello ietogramma di progetto.....	17
10.	Invarianza Idraulica – Stima dell'idrogramma di piena e delle opere di compenso	22



1. Premessa

Nell'ambito del progetto di attuazione di un piano di risanamento urbanistico ubicato nel centro abitato del Comune di Assemini, denominato RU2c, è stato redatto uno studio di invarianza idraulica ai sensi dell'Art. 47 delle Norme di Attuazione del P.A.I., a firma dei professionisti Dott. Ing. Antonio Dedoni, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Cagliari al n. 5398, e Dott. Geol. Simone Manconi, iscritto all'Ordine dei Geologi della Sardegna al n. 513.

Per invarianza idraulica si intende il principio in base al quale le portate di un determinato deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei recettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione (*c.d. invarianza*)

L'art. 47 delle norme di attuazione del P.A.I., stabilisce che 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.

Nella fattispecie, 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.

Nel contesto normativo generale, l'applicazione del principio di invarianza idraulica trova applicazione e coerenza con quanto previsto dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni, in particolare con le misure non strutturali in quanto tale azione si configura come misura strategica di prevenzione dei luoghi e estrema riduzione dell'impatto idrogeologico che la trasformazione territoriale produce.

Le norme di attuazione del PAI stabiliscono che la valutazione ed approvazione degli studi redatti ai sensi dell'art. 47 "Invarianza Idraulica" delle Norme di Attuazione del PAI, è in capo al singolo Comune che è tenuto a vigilare sull'effettiva attuazione degli interventi atti a garantire il rispetto del principio dell'invarianza idraulica a seguito della trasformazione dei luoghi.

2. Analisi del contesto territoriale coinvolto

Come si evince dalla documentazione progettuale, l'area d'intervento ricade in una zona che lo strumento urbanistico comunale vigente destina ad ambiti di riqualificazione urbana (A.R.U.) nei quali all'Art.134 vengono attribuite delle prescrizioni riguardanti la sicurezza idrogeologica.

L'intervento si inserisce all'interno del centro abitato del Comune di Assemini (CA) e confina a NE con la Via Campidano, a Est con la Via Mandrolisai, a Ovest con la Via Ogliastro e a sud con la Via Gallura.



L'intervento in progetto prevede la realizzazione di nuove superfici residenziali, superfici e servizi connessi alla residenza e ampi spazi destinati a verde pubblici, parcheggi e cessioni per l'allargamento e la sistemazione della viabilità pubblica

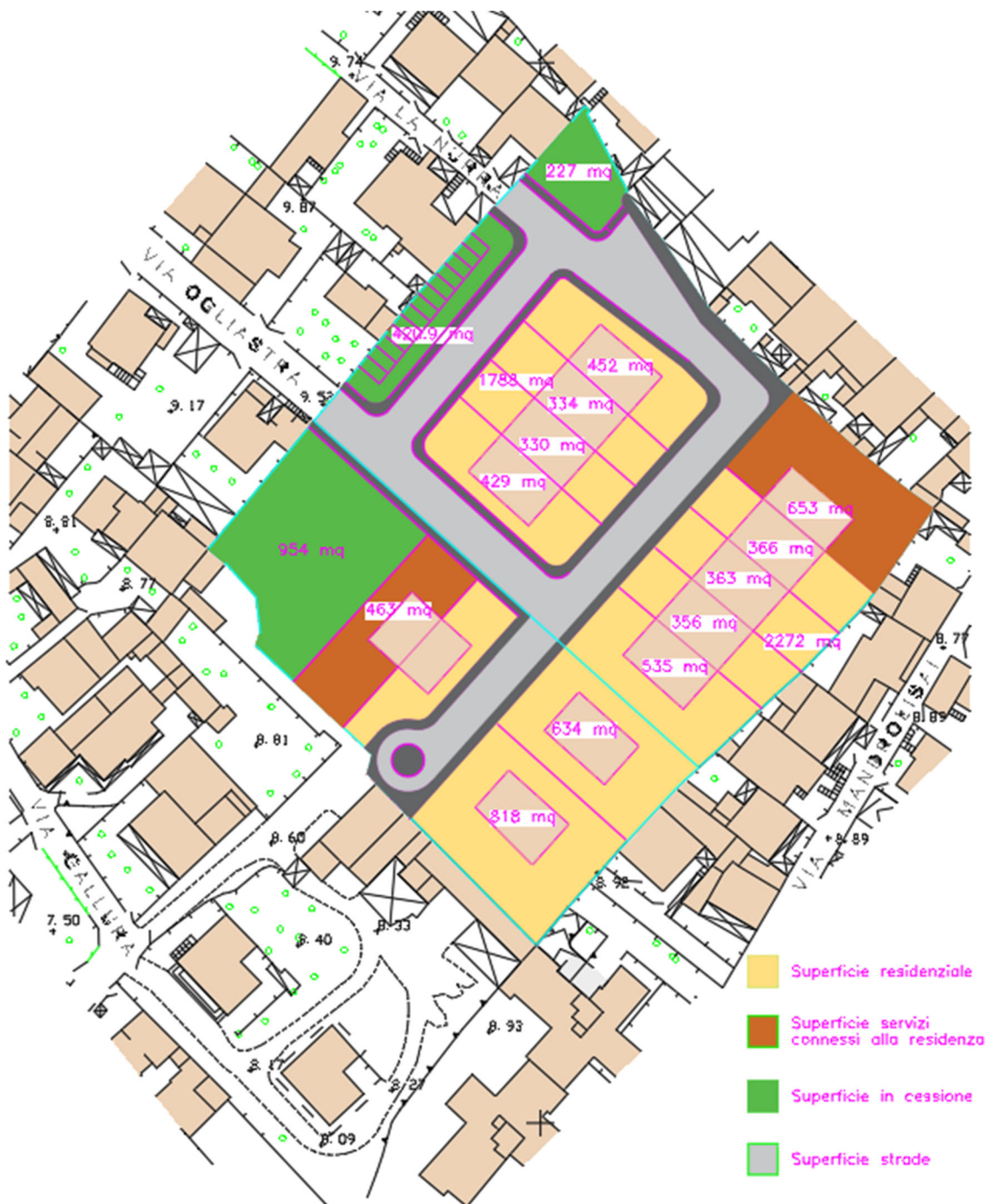


Fig. 1: Planivolumetrico dell'area e sistemazione finale



STANDARD URBANISTICI RU 2c Sub.1		
superficie territoriale	6614	m ²
abitanti insediabili 150 mc/ab	44	ab
40% di cessione	2645,6	m ²
superficie fondiaria	3968,4	m ²
indice territoriale	1	m ³ /m ²
volume lordo edificabile	6614	m ³
volumetria servizi pubblici (10%)	661,4	m ³
volumetria servizi strettamente connessi alla residenza (20%)	1322,8	m ³
volumetria servizi strettamente connessi alla residenza (5%)	330,7	m ³
volumetria residenza (70%)	6614,7	m ³
volumetria residenza (85%)	5621,9	m ³

Fig. 2: Standard urbanistici Comparto Sub 1

STANDARD URBANISTICI RU 2c Sub.2		
superficie territoriale	3924	m ²
abitanti insediabili 150 mc/ab	26	ab
40% di cessione	1569,6	m ²
superficie fondiaria	2354,4	m ²
indice territoriale	1	m ³ /m ²
volume lordo edificabile	3924	m ³
volumetria servizi pubblici (10%)	392,4	m ³
volumetria servizi strettamente connessi alla residenza (20%)	784,8	m ³
volumetria servizi strettamente connessi alla residenza (5%)	196,2	m ³
volumetria residenza (70%)	3924,7	m ³
volumetria residenza (85%)	3335,4	m ³

Fig. 3: Standard urbanistici Comparto Sub 2

L'area di intervento, risulta essere di forma trapezoidale con profilo longitudinale da complanare a leggermente inclinato verso la Via Gallura. Essa si inserisce in un contesto urbanizzato consolidato nel tempo, nel quale risultano presenti le principali reti di servizio, quali la rete fognaria per acque nere, la rete fognaria per acque bianche, la rete per l'illuminazione pubblica, la rete elettrica, rete telefonica e la rete idrica.

Sulla base di queste premesse, in considerazione della presenza di una rete di dreno delle acque meteoriche, dovrà essere eseguita comunque una verifica di invarianza idraulica ai sensi dell'Art.47 delle N.A. del P.A.I. per dimostrare il non peggioramento delle condizioni di deflusso esistenti (stato ex-ante).

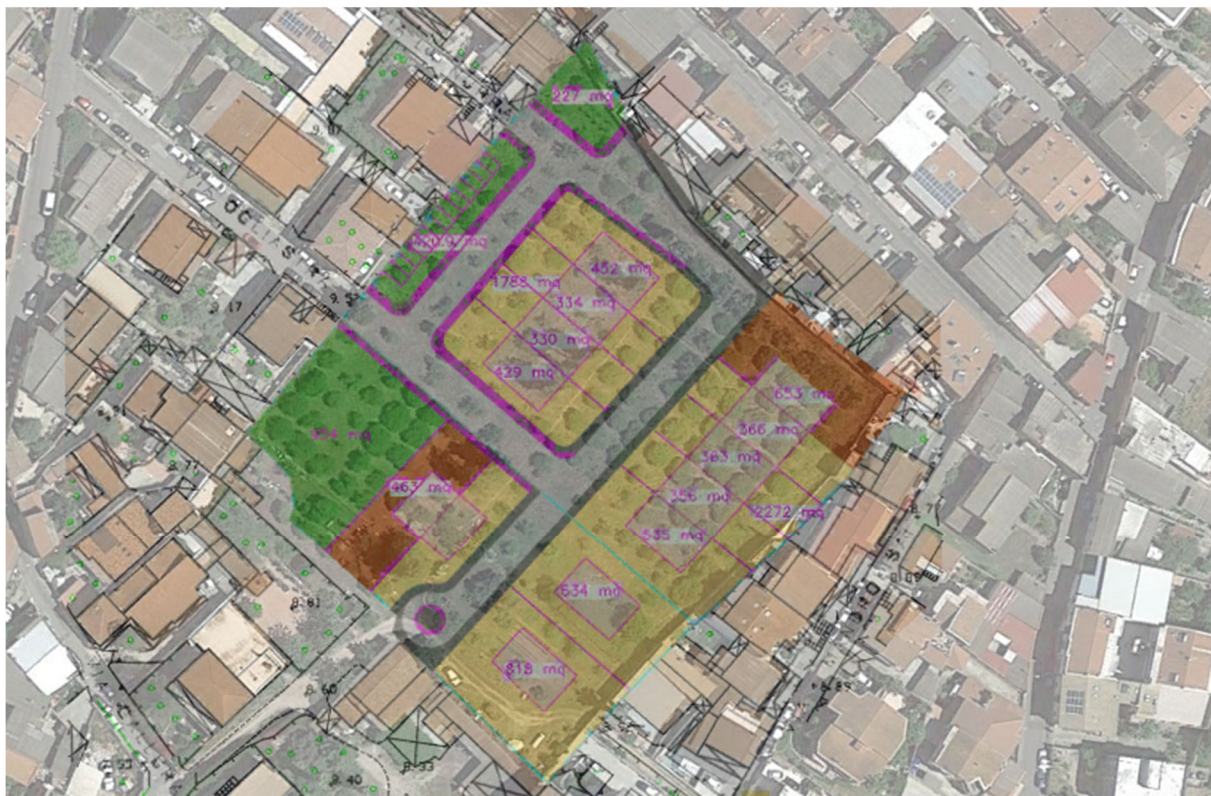


Fig. 4: Overlay aerofotogrammetrico RU2c

Le linee guida per l'applicazione del principio di invarianza idraulica hanno individuato quattro classi di intervento in funzione della superficie totale territoriale coinvolta (Superficie totale del Piano attuativo).

Come si evince dalla tabella seguente, le classi di intervento vengono suddivise in quattro gruppi o categorie: Categoria "A", categoria "B", categoria "c" e categoria "D".

	Classe di intervento	Definizione
a	Trascurabile impermeabilizzazione potenziale	Intervento di superficie < 0.1 ha
b	Modesta impermeabilizzazione potenziale	Intervento di superficie compresa tra 0.1 ha e 0.5 ha
c	Significativa impermeabilizzazione potenziale	Intervento di superficie compresa tra 0.5 ha e 10 ha
d	Sostanziale impermeabilizzazione potenziale	Intervento di superficie > 10 ha

Fig. 5: Tabella classificazione intervento



Considerato che l'area interessata dall'ampliamento ha una superficie complessiva di 10538 m² (1.0538 ha), l'intervento previsto in progetto rientra all'interno della categoria "C" – "Aree di significativa impermeabilizzazione".

Relativamente a quanto disciplinato dalle linee guida per il calcolo dell'invarianza idraulica, nel caso di interventi di trasformazione territoriale ricadenti nella classe di intervento c), il calcolo del volume di compenso dovrà necessariamente essere più articolato e dovrà essere fatta una approfondita analisi del territorio sia nelle condizioni ex-ante sia nelle condizioni ex-post.

In particolare, nel caso in cui l'area in oggetto sia ubicata in una zona nella quale siano già state attuate o siano in corso o programmate altre aree di trasformazione territoriale, le autorità competenti possono richiedere che lo studio venga esteso all'intero bacino idrografico in cui ricade l'area in oggetto.

In questo caso il bacino di riferimento coincide con quello individuato dal Comune sulla base dello Studio di compatibilità idraulica in adeguamento del PUC al PAI ai sensi dell'art. 8, comma 2, delle NA del PAI.

3. Quadro di riferimento progettuale

Come si evince dalla documentazione progettuale allegata, l'area d'intervento risulta localizzata all'interno di un tessuto urbano consolidato. Storicamente, queste zone erano destinate prevalentemente agli spazi agricoli, anche se oggi si presenta come un campo coltivato a frutteto.

Nell'ambito di quelle che sono state le legittime esigenze di espansione territoriale, il Comune di Assemini, nel suo strumento urbanistico, ha individuato diversi comparti e sub-comparti di iniziativa privata, i quali risultano ubicati esattamente in questi settori del centro abitato.

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

Stesso diverso per le acque zenitali, le quali attualmente sono drenate verso Via Piave attraverso un sistema di collettamento presente lungo strada.

Con la presente relazione si avrà cura di dimostrare che l'intervento previsto in progetto è tale da non modificare le condizioni di deflusso esistenti, nonostante l'intervento di trasformazione previsto.

In effetti, come meglio rappresentato nelle figure precedenti, nella proposta di piano, sono state individuate due aree verdi con superficie di 954 mq e 227 mq le quali avranno una doppia funzione: la prima come aree verdi, la seconda come area di laminazione su cui conferire le e acque zenitali e di deflusso superficiale delle nuove aree impermeabili.

A tal fine, l'intervento edificatorio prevede la formazione delle seguenti nuove superfici:



Tipologia Trasformazione	Tipologia di superficie	Superficie (m ²)	Totale
Coperture e strade	Impermeabile	5532,00	4.527
Parcheggi drenanti	Semipermeabile	4454,00	421
Aree verdi	Permeabile	10289,00	5590
Totale			10538

Fig. 6: Tabella superficie di progetto

In generale, l'intervento è da intendersi poco impattante, considerato che le **aree impermeabili occuperanno circa il 43.00 % della superficie totale**, mentre **le aree semi-permeabili occuperanno circa il 4.00 % della superficie totale**. Complessivamente, la restante parte dell'area, **a destinazione verde rimarrà inalterata per circa il 53.00% della superficie totale**.

4. Analisi del CN in condizione Ex-Ante

Preliminarmente alla valutazione degli aspetti idrologici e idraulici, è necessaria la caratterizzazione geologica e geo-pedologica dell'area in esame mediante uno studio di dettaglio realizzato nell'ambito della progettazione dell'intervento di trasformazione territoriale per il quale alcune informazioni di base sono deducibili dalle attività svolte direttamente in campo.

TIPO DI SUOLO	DESCRIZIONE
A	
Deflusso superficiale potenziale basso	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. La conducibilità idraulica (Ksat) è maggiore di 14,4 cm/h per tutta la profondità, la profondità dell'orizzonte impermeabile è maggiore di 50 cm, e la profondità della falda superficiale è superiore a 60 cm. Appartengono a questo gruppo anche le rocce con alta permeabilità per fratturazione e/o carsismo
B	
deflusso superficiale potenziale moderatamente basso	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. La conducibilità idraulica (Ksat) varia tra 3,6 e 14,4 cm/h per tutta la profondità, la profondità dell'orizzonte impermeabile è maggiore di 50 cm, e la profondità della falda superficiale è superiore a 60 cm. Appartengono a questo gruppo anche le rocce con permeabilità, medio-alta e media, per fratturazione e/o carsismo



C	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. Sono caratterizzati da avere tra il 20% e il 40% di argilla e meno del 50% di sabbia e la tessitura è prevalentemente franca, franco-limoso, franco-argilloso-sabbioso, franco-argilloso, e franco-argilloso-limoso. La conducibilità idraulica (Ksat) varia tra 0,36 e 3,6 cm/h per tutta la profondità, la profondità dell'orizzonte impermeabile è maggiore di 50 cm, e la profondità della falda superficiale è superiore a 60 cm Appartengono a questo gruppo anche le rocce con bassa e medio-bassa permeabilità per fratturazione e/o carsismo
D	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 espandibili. La conducibilità idraulica (Ksat) è $\leq 0,36$ cm/h per tutta la profondità, la profondità dell'orizzonte impermeabile è compresa tra 50 cm e 100 cm, e la profondità della falda superficiale è entro i 60 cm. Appartengono a questo gruppo anche le rocce con permeabilità molto bassa, le rocce impermeabili e le aree non rilevate o non classificate.

Fig. 7: Parametri caratteristici tipi di suolo

Gruppo idrologico di suolo	Classe tessiturale	Profondità dello strato impermeabile all'acqua (cm)	Profondità della superficie piezometrica (cm)	Ksat dello strato meno permeabile (cm/h)	Grado di permeabilità
A	S	> 50	> 60	> 14,4	Alto
B	SF - FS	> 50	> 60	3,5 – 14,4	Medio-alto Media
C	F - FL – FAS FA – FAL - L	> 50	> 60	0,36 – 3,6	Medio-basso Basso
D	A – AS - AL	$\geq 50 \leq 100$	< 60	< 0,36	Molto basso
D	qualsiasi	< 50	< 60	< 0,0036	Impermeabile
D	NR /NC				

Fig. 8: Parametri caratteristici tipi di suolo



Legenda:

S = sabbiosa;

SF = sabbiosa-franca;

FS = franco-sabbiosa;

F = franca;

FL = franco-limosa;

FAS = franco-argillosa-sabbiosa;

FA = franco-argillosa;

Il passo successivo consiste nell'individuare le diverse classi di uso del suolo in condizioni ex-ante sulla base della classificazione dei suoli attribuiti dalle schede contenute nelle linee guida (Allegato 1) – Coefficienti di afflusso ϕ e valori CN (aggiornamento 2017)

Secondo la classificazione fornita dalla RAS, che costituisce un preliminare riferimento, devono quindi essere condotte integrazioni ed ulteriori attribuzioni effettuate sulla base di rilievi e di analisi specialistiche per la definizione dell'uso attuale del territorio, da effettuare in situ e da documentare in modo adeguato.

Attualmente, l'area d'intervento si presenta allo stato naturale con superfici agricole su suolo profondo caratterizzato da coefficienti di permeabilità molto bassi per la presenza di suoli francamente argillosi che storicamente venivano utilizzati per l'estrazione di argilla, così come in tutto l'abitato di Assemini.

Infatti, basti pensare che non poco distante dall'area d'intervento, nella zona di Via Coghe, sono tuttora presenti le cave di argilla delle Ex-Fornaci Scano a comprova del fatto che il suolo ed il sottosuolo della zona di Assemini sono caratterizzati dalla prevalenza di queste litologie a tessitura molto fine con coefficienti di permeabilità estremamente bassi e un coefficiente di deflusso superficiale molto alto.

Il valore del CN-II presente in tabella (AMC II) deve essere opportunamente convertito in CN-III (condizione AMC III), secondo le procedure indicate dall'SCS. In caso di situazioni valutate particolarmente critiche dal Comune in termini di scarsa o nulla capacità del recettore finale, possono essere necessarie condizioni di cautela nella stima della massima portata attuale compatibile con lo scarico del recettore, mediante ulteriori limitazioni nelle portate scaricate, ad esempio prevedendo processi di laminazione che consentano di trasferire nel tempo la consegna dei deflussi.



5. Analisi del CN in condizione Ex-Post

Per il calcolo del CN – Post Intervento, sulla base dell'analisi delle trasformazioni previste devono essere individuate le diverse tipologie di copertura, ciascuna delle quali può essere realizzata utilizzando diverse categorie di superficie di cui alle schede delle misure compensative contenute negli allegati di cui alla Delibera del C.I. n° 2 del 23.11.2016 e n° 2 del 17.05.2017.

Calcolando, come in precedenza, una media pesata dei valori corrispondenti alle diverse superfici e tipi di copertura, è stimato il valore del CN-IIp (p sta per post-intervento) medio dell'intero comparto nello stato di Post intervento. Il valore del CN-IIp (AMC II) deve essere opportunamente convertito in CN-IIIp (AMC III) per il calcolo della precipitazione netta.

Codice Uso del Suolo (UDS)	UDS	A	B	C	D
AREE PORTUALI	123	98	98	98	98
AREE AEROPORTUALI ED ELIPORTI	124	92	93	94	95
AREE ESTRATTIVE	131	89	92	94	95
DISCARICHE E DEPOSITI DI ROTTAMI	132	90	92	94	95
CANTIERI	133	90	92	94	95
AREE VERDI URBANE	141	65	74	81	84
CIMITERI	143	57	77	85	89
VIGNETI	221	72	81	88	91
FRUTTETI E FRUTTI MINORI	222	67	78	85	89
OLIVETI	223	72	81	88	91
ARBORICOLTURA CON ESSENZE FORESTALI	224	67	78	85	89
PRATI STABILI	231	67	71	81	89
COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE A COLTURE PERMANENTI	241	59	74	82	86
SISTEMI CULTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI	242	63	73	82	88
AREE PREVALENTEMENTE OCCUPATE DA COLTURA AGRARIE CON PRESENZA DI SPAZI NATURALI IMPORTANTI	243	62	71	78	81
AREE AGROFORESTALI	244	45	66	77	83
BOSCHI MISTI DI CONIFERE E LATIFOGIE	313	39	51	63	70
AREE A PASCOLO NATURALE	321	67	71	81	89
SPIAGGE DUNE E SABBIE	331	56	73	82	86
PARETI ROCCIOSE E FALESIE	332	98	98	98	98
AREE CON VEGETAZIONE RADA	333	70	75	84	90
PALUDI INTERNE	411	100	100	100	100
PALUDI SALMASTRE	421	100	100	100	100
SALINE	422	100	100	100	100
ZONE INTERTIDALI	423	98	98	98	98
LAGUNE, LAGHI E STAGNE COSTIERI	521	100	100	100	100
MARI	523	100	100	100	100
TESSUTO RESIDENZIALE COMPATTO E DENSO	1111	89	92	94	96
TESSUTO RESIDENZIALE RADO	1112	78	80	85	87
TESSUTO RESIDENZIALE RADO E NUCLEIFORME A CARATTERE RESIDENZIALE E SUBURBANO	1121	74	75	78	80

- COMUNE DI ASSEMINI -
- CITTA' METROPOLITANA DI CAGLIARI -



PROGETTO DI ATTUAZIONE DEL PIANO DI RISANAMENTO URBANISTICO RU 2c – COMPARTO SUB1 E SUB 2

TESSUTO AGRO-RESIDENZIALE SPARSO E FABBRICATI RURALI A CARATTERE TIPICAMENTE AGRICOLO O RURALE	1122	65	67	70	72
INSEDIAMENTI INDUSTRIALI/ARTIG. E COMM. E SPAZI ANNESSI	1211	89	92	94	95
INSEDIAMENTO DI GRANDI IMPIANTI DI SERVIZI	1212	89	92	94	95
RETI STRADALI E SPAZI ACCESSORI (SVINCOLI, STAZIONI DI SERVIZIO, AREE DI PARCHEGGIO ECC.)	1221	98	98	98	98
RETI FERROVIARIE COMPRESSE LE SUPERFICI ANNESSE (STAZIONI, SMISTAMENTI, DEPOSITI ECC.)	1222	96	96	96	96
GRANDI IMPIANTI DI CONCENTRAMENTO E SMISTAMENTO MERCI (INTERPORTI E	1223	92	93	94	95

Codice Uso del Suolo (UDS)	UDS	A	B	C	D
SIMILI)					
IMPIANTI A SERVIZIO DELLE RETI DI DISTRIBUZIONE (TELECOMUNICAZIONI/ENERGIA/IDRICHE)	1224	92	93	94	95
DISCARICHE	1321	90	92	94	95
DEPOSITI DI ROTTAMI A CIELO APERTO, CIMITERI DI AUTOVEICOLI	1322	90	92	94	95
AREE RICREATIVE E SPORTIVE	1421	70	78	83	88
AREE ARCHEOLOGICHE	1422	49	69	79	84
SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	2111	58	72	81	85
PRATI ARTIFICIALI. COLTURE FORAGGERE OVE SI PUÒ RICONOSCERE UNA SORTA DI AVVICENDAMENTO CON I SEMINATIVI E UNA CERTA PRODUTTIVITÀ, SONO SEMPRE POTENZIALMENTE RICONVERTITI A SEMINATIVO, POSSONO ESSERE RICONOSCIBILI MURETTI O MANUFATTI	2112	67	71	81	89
SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO	2121	66	77	85	89
RISAIE	2122	98	98	98	98
VIVAI	2123	66	77	85	89
COLTURA IN SERRA	2124	98	98	98	98
COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE ALL'OLIVO	2411	59	74	82	86
COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AL VIGNETO	2412	59	74	82	86
COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AD ALTRE COLTURE PERMANENTI (PASCOLI E SEMINATIVI ARBORATI CON COPERTURA DELLA SUGHERA DAL 5 AL 25%)	2413	59	74	82	86
BOSCO DI LATIFOGLIE	3111	39	51	63	70
ARBORICOLTURA CON ESSENZE FORESTALI (LATIFOGLIE)	3112	39	51	63	70
BOSCHI DI CONIFERE	3121	39	51	63	70
CONIFERE A RAPIDO ACCRESCIMENTO	3122	39	51	63	70
FORMAZIONI VEGETALI BASSE E CHIUSE, STABILI, COMPOSTE PRINCIPALMENTE DI CESPUGLI, ARBUSTI E PIANTE ERBACEE (ERICHE, ROVI, GINESTRE, GINEPRI NANI ECC.)	3221	51	58	73	80
FORMAZIONI DI RIPA NON ARBOREE	3222	51	58	73	80
MACCHIA MEDITERRANEA	3231	51	58	73	80
GARIGA	3232	51	58	73	80
AREE A RICOLONIZZAZIONE NATURALE	3241	45	55	68	75



AREE A RICOLONIZZAZIONE ARTIFICIALE	3242	45	55	68	75
SPIAGGE DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	3311	56	73	82	86
AREE DUNALI NON COPERTE DA VEGETAZIONE DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	3312	56	73	82	86
AREE DUNALI CON COPERTURA VEGETALE CON AMPIEZZA SUPERIORE A 25 M	3313	56	73	82	86
LETTI ASCIUTTI DI TORRENTI DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	3315	56	73	82	86
FIUMI, TORRENTI E FOSSI	5111	100	100	100	100

Codice Uso del Suolo (UDS)	UDS	A	B	C	D
CANALI E IDROVIE	5112	100	100	100	100
BACINI NATURALI	5121	100	100	100	100
BACINI ARTIFICIALI	5122	100	100	100	100
LAGUNE, LAGHI E STAGNE COSTIERI A PRODUZIONE ITTICA NATURALE	5211	100	100	100	100
ACQUACOLTURE IN LAGUNE, LAGHI E STAGNI COSTIERI	5212	100	100	100	100
ESTUARI E DELTA	5213	100	100	100	100
AREE MARINE A PROD. ITTICA NATURALE	5231	100	100	100	100
ACQUACOLTURE IN MARE LIBERO	5232	100	100	100	100
PIOPPETI, SALICETI, EUCALITTETI ECC. ANCHE IN FORMAZIONI MISTE	31121	39	51	63	70
SUGHERETE	31122	39	51	63	70
CASTAGNETI DA FRUTTO	31123	39	51	63	70
ALTRO	31124	39	51	63	70

Fig. 9: Valore del Curve Number in funzione dell'uso del suolo (Corine) e del tipo di suolo (Elaborazione ADIS)

6. Analisi e stima dell'idrogramma di piena

Sulla base delle Curve di possibilità pluviometrica regionalizzate per la Regione Sardegna, è possibile calcolare l'altezza di precipitazione h corrispondente alla durata τ ed al Tempo di ritorno (Tr) considerato.

Nel caso di comparti appartenenti alla classe di intervento c), come quello in esame, devono essere considerati due differenti tempi di ritorno di 20 e 50 anni che verranno utilizzati rispettivamente per il dimensionamento della rete di drenaggio interno alla lottizzazione e per il dimensionamento della vasca o sistema di accumulo dei deflussi e la laminazione della portata massima scaricata nel recettore finale.

Per la stima della portata e dell'idrogramma di piena deve essere considerato uno ietogramma Chicago avente una durata di 30 minuti con posizione del picco $r = 0.40$.

Utilizzando il valore del CN calcolato nello stato attuale CN-IIIa e nello stato post intervento CN-



Ilp, è possibile definire lo ietogramma di pioggia netta e, utilizzando un modello di trasformazione afflussi-deflussi, l'andamento dell'idrogramma di piena.

E' quindi possibile conoscere il valore ai diversi istanti delle portate e dei corrispondenti volumi di deflusso.

Una volta valutate le portate ed i volumi di progetto è necessario verificare che il recettore finale sia in grado di smaltire questi nuovi contributi generati dalla nuova area in trasformazione.

In particolare sarà compito del Comune individuare lo stato del recettore, classificandolo sulla base di 3 differenti categorie: Alta, Media e Bassa per la capacità di smaltimento delle portate.

A seconda della categoria di appartenenza possono essere applicati dei coefficienti correttivi alla portata massima defluente dall'intera area in trasformazione nella situazione attuale (valori Q_a CN- IIIa; Tr 50) sulla base della seguente Tabella come riportata in figura.

Capacità di smaltimento del recettore	Parametro correttivo k
Alta	1
Media	0.8
Bassa	0.5

Fig. 10: Valori del Parametro correttivo k per la definizione della portata max scaricabile nel recettore

$$Q_{a_{corr}} = Q_a * k$$

Dove:

Q_a = Capacità di smaltimento del corpo recettore espresso in litri/sec

K = coefficiente correttivo che considera l'effettiva capacità di smaltimento del corpo recettore

7. Invarianza idraulica – Verifiche stato Ex-Ante

Uno dei maggiori effetti delle trasformazioni urbanistiche, dal punto di vista idrologico, è l'aumento dell'impermeabilizzazione dei suoli e la contestuale diminuzione complessiva dei volumi dei piccoli invasi, ovvero di tutti quei volumi che le precipitazioni devono riempire prima della formazione dei deflussi. I piccoli invasi in terreni "naturali", sono costituiti dalle irregolarità della superficie e da tutti gli spazi delimitati da ostacoli casuali che consentono l'accumulo dell'acqua.

Sotto determinate condizioni la presenza stessa di un battente d'acqua sulla superficie (dell'ordine



di pochi mm o cm) durante il deflusso costituisce un invaso che può avere effetti non trascurabili dal punto di vista idrologico (quelle che vengono comunemente chiamate aree di infiltrazione la).

Nelle trasformazioni urbanistiche l'impermeabilizzazione delle superfici e la loro regolarizzazione (livellazione) contribuiscono in modo determinante all'incremento del coefficiente di afflusso (cioè la percentuale di pioggia netta che giunge in deflusso superficiale), all'aumento conseguente del coefficiente udometrico (la portata per unità di superficie drenata) delle aree trasformate e alla diminuzione del tempo di corrivazione delle acque che cadono sulle aree impermeabilizzate e quindi all'aumento delle portate di picco.

Tali incrementi di portate e velocità dei deflussi superficiali comportano ripercussioni con possibili effetti sul reticolo idrografico superficiale attualmente esistente.

In particolare si può osservare che, ad esempio, la sola regolarizzazione della morfologia dei suoli determina una riduzione di quei volumi naturali (piccole depressioni e/o spazi naturali) che consentono l'accumulo temporaneo di acqua e quindi una sorta di laminazione "naturale" della portata di piena.

Da ciò deriva l'applicazione del principio dell'invarianza idraulica secondo il quale la portata al colmo di piena risultante dal drenaggio di un'area deve essere costante prima e dopo la trasformazione dell'uso del suolo in quell'area.

Il principio dell'invarianza idraulica ha come obiettivo quello di favorire e mantenere il più possibile le condizioni di equilibrio del reticolo attraverso la messa in opera di quegli interventi definiti come "misure compensative".

Tali misure sono realizzabili mediante la predisposizione di volumi e/o spazi di stoccaggio temporaneo dei deflussi, di infiltrazione al suolo, ecc., che compensino, mediante un'azione laminante, l'accelerazione dei deflussi e la riduzione della velocità di infiltrazione al suolo, ritardando l'immissione nel corpo ricettore e l'effettiva invarianza del picco di massima piena.

8. Invarianza idraulica – Verifiche stato Ex-Post

Nel complesso, l'intervento edificatorio prevede la formazione di nuove superfici semi permeabili e impermeabili costituiti in prevalenza dalle coperture dei nuovi fabbricati e dalla nuova viabilità.

Pertanto, sulla base delle diverse destinazioni funzionali (edifici, strade, piazzali e parcheggi), a ciascuna di esse è stato associato un valore di CN, il quale è funzione delle diverse tipologie di copertura previste come da schede delle linee guida (Allegato1). Ad ogni nuova superficie è stato associato il codice della nuova categoria di suolo trasformato, a cui corrisponde chiaramente un valore del Curve Number (CM) e un valore del coefficiente di afflusso ϕ .



CONDIZIONE DI TRASFORMAZIONE DEL SUOLO – STATO EX-ANTE		
Categoria di superficie	Area m ²	CN-IIa
Frutteti e frutteti minori	10538	89.00
		89.00

Fig.11 – Tabella valori CN-II condizioni Ex-Ante

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

$$CN - IIIa = \frac{23 \text{ CN (IIa)}}{10 + 0.13 \text{ CN (IIa)}} = 94.90$$

CONDIZIONE DI TRASFORMAZIONE DEL SUOLO – STATO EX-POST						
Tipologia	Superficie [m ²]	Categoria di superficie	Codice Tabella	Area m ²	CN-II	CN * Ai/Atot
Aree impermeabili (coperture + strade)	4527.00	Coperture edifici + strade in asfalto	C7+P10	4527.00	99.0	42.53
Aree semipermeabili (parcheggi autobloccanti)	421.00	Parcheggi in autobloccanti	P7	421.00	90.0	3.60
Aree Permeabili (verde)	5590.00	Aree verdi	S3	5590.00	89.0	47.21

Totale	10.538
--------	--------

CN-IIp	93.34
---------------	--------------

Fig.12 – Tabella valori CN-II Condizioni Ex-Post

Come si evince dalla tabella sopra riportata il valore di CN II nella condizione post-intervento è pari a 93.34. Considerando la condizione di più restrittiva, ovvero quella con suolo saturo AMC III, avremo che il CN III sarà pari a:

$$CN - IIIp = \frac{23 \text{ CN (IIp)}}{10 + 0.13 \text{ CN (IIp)}} = 96.99$$



9. Calcolo dello ietogramma di progetto

Come si evince dall'analisi idrologica, l'area d'intervento rientra nella sottozona 1 (SZO 1) nella carta delle sottozone omogenee per le piogge brevi e intense in Sardegna.

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:

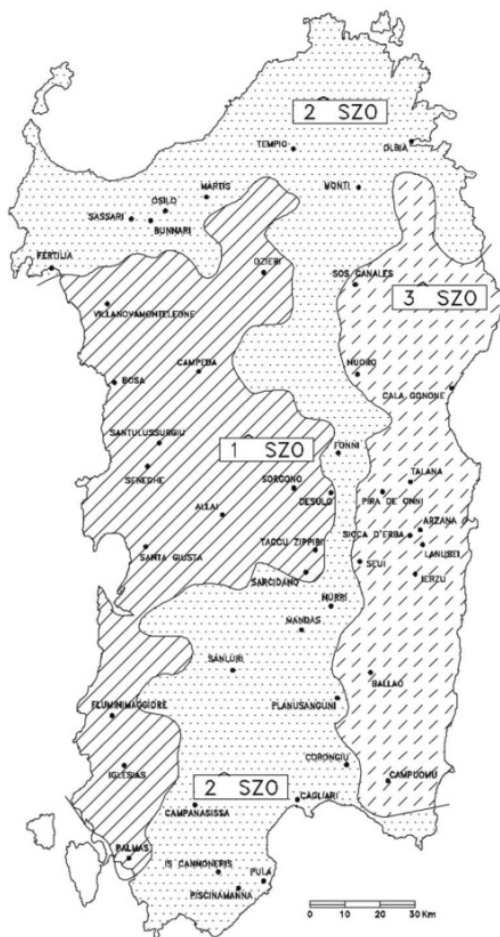


Fig. 13: Sottozone Omogenee Sardegna

Oltre a individuare la sottozona omogenea 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.

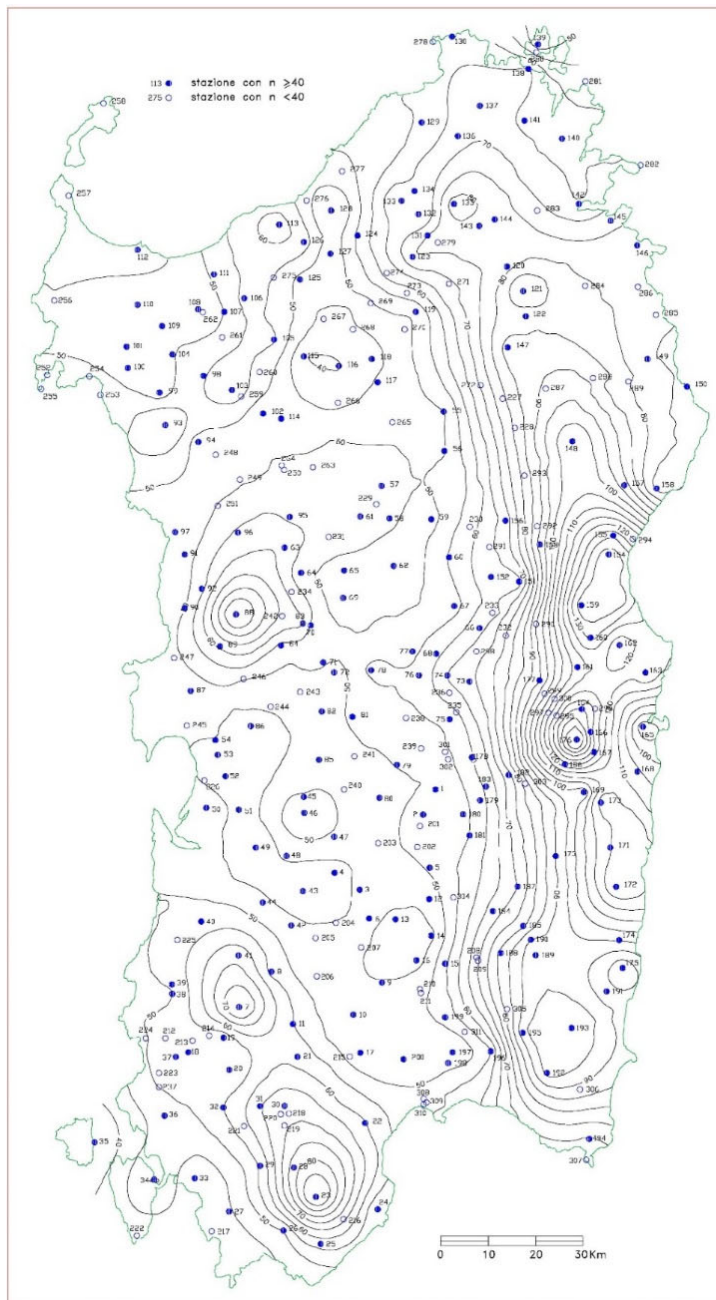


Fig. 14: Altezze medie di precipitazione μg in Sardegna

Nel caso oggetto di studio, ci si trova nella condizione di SZO 2 e $H_g = 50$ 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 secondo la formula di Deidda et al. (2000):



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

Nella quale:

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

con Hg 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 reti 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 (ore)	0.50	
SZO	2	
Hg (mm)	50	
Hm (tp)	16.63	
Tr (Anni)	20	50
a	1.81	2.23
n	0.06	0.11
H_{Tr} (tc)	28.98	34.32

Fig. 15 – Tabella determinazione 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, ossia $Tr=20$ Anni e $Tr=50$ Anni:

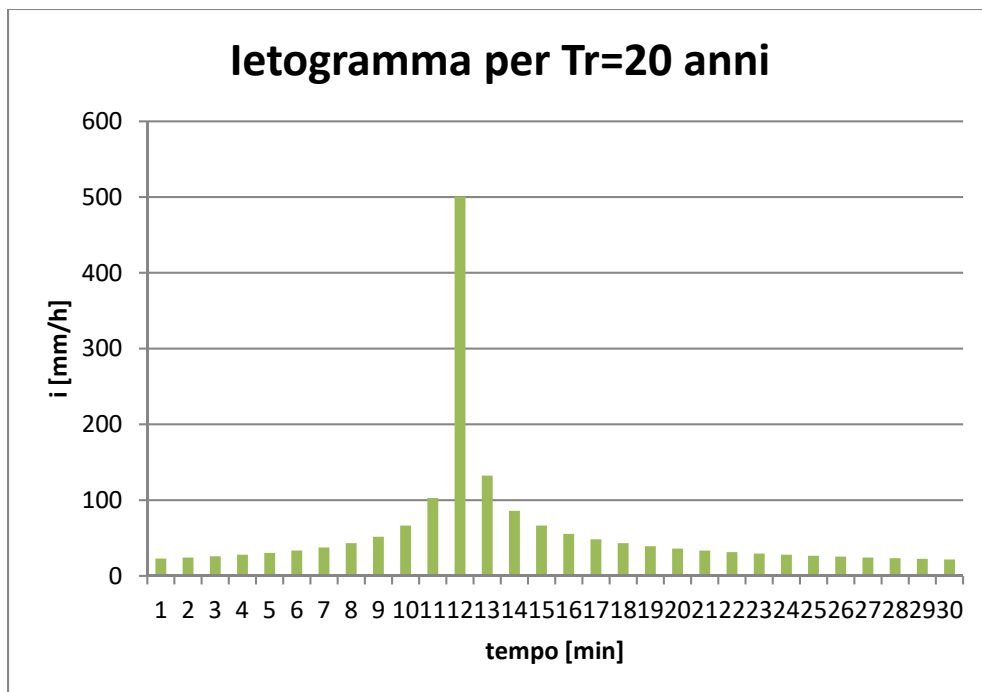


Fig. 16: ietogramma per $Tr = 20$ Anni

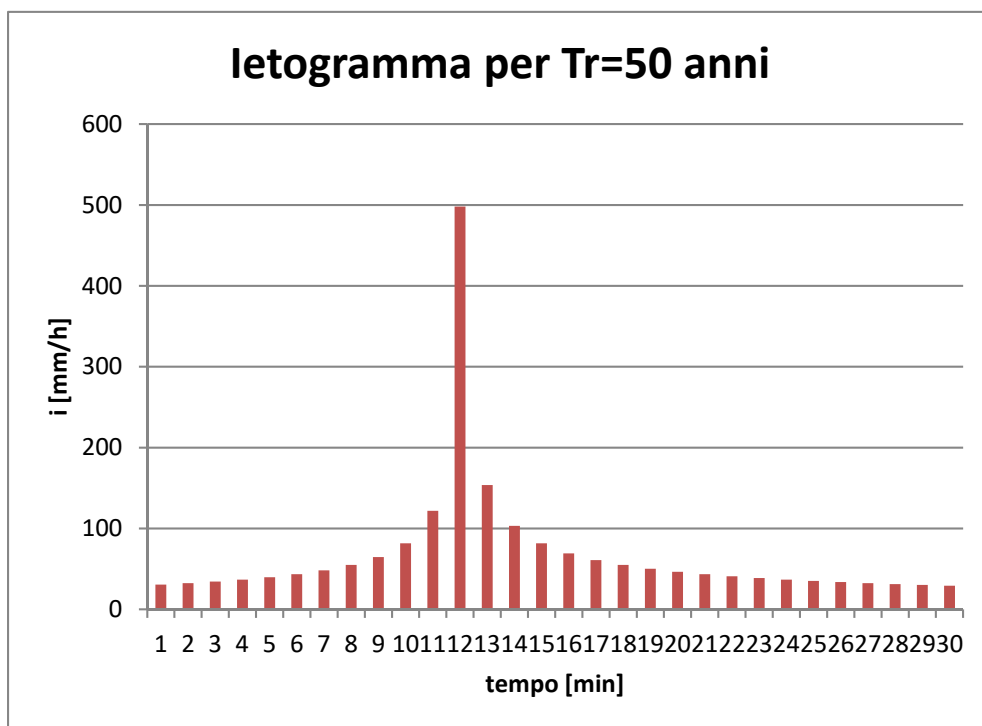


Fig. 17: ietogramma per $Tr = 50$ Anni



10. Invarianza Idraulica – Stima dell'idrogramma di piena

Per la generazione degli idrogrammi di piena si è utilizzato, come nell'allegato 3 delle linee guida, l'approccio modellistico e il software Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) della U.S. Army Corps of Engineers versione 4.2.

Questo software per il calcolo idrologico 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 che può assorbire il terreno

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

Ia: Initial Abstraction, ossia le perdite dovute alla presenza di vegetazione, all'evaporazione e altri fattori (c.d. formazione delle prime pozzanghere)

$$I_a = 0.2 \cdot S$$

	CN IIa	CN IIIa	S (mm)	Ia (mm)
Stato attuale	89.00	94.90	12.95	2.59
Stato di progetto	93.34	96.99	7.65	1.53

Fig. 18 – Tabella parametrica per 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 di piena risultante.

Si riportano di seguito i risultati dell'elaborazione condotta:

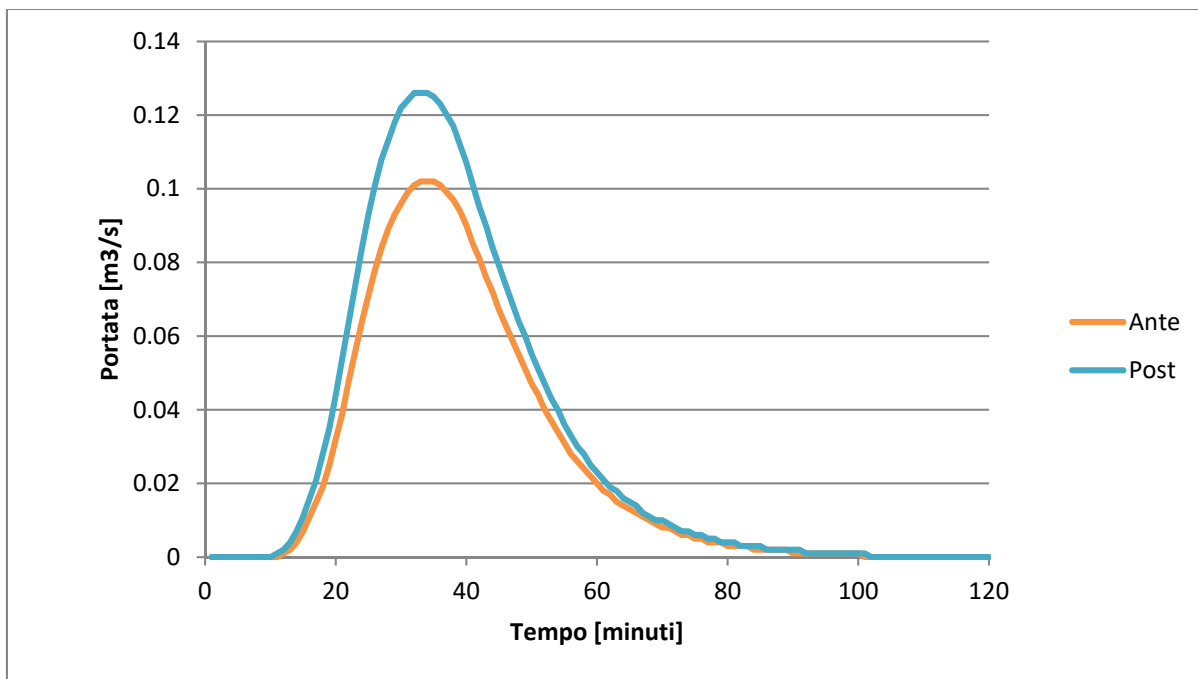


Fig. 16 – Idrogramma di piena condizione ex-ante / ex-post per TR=20 Anni

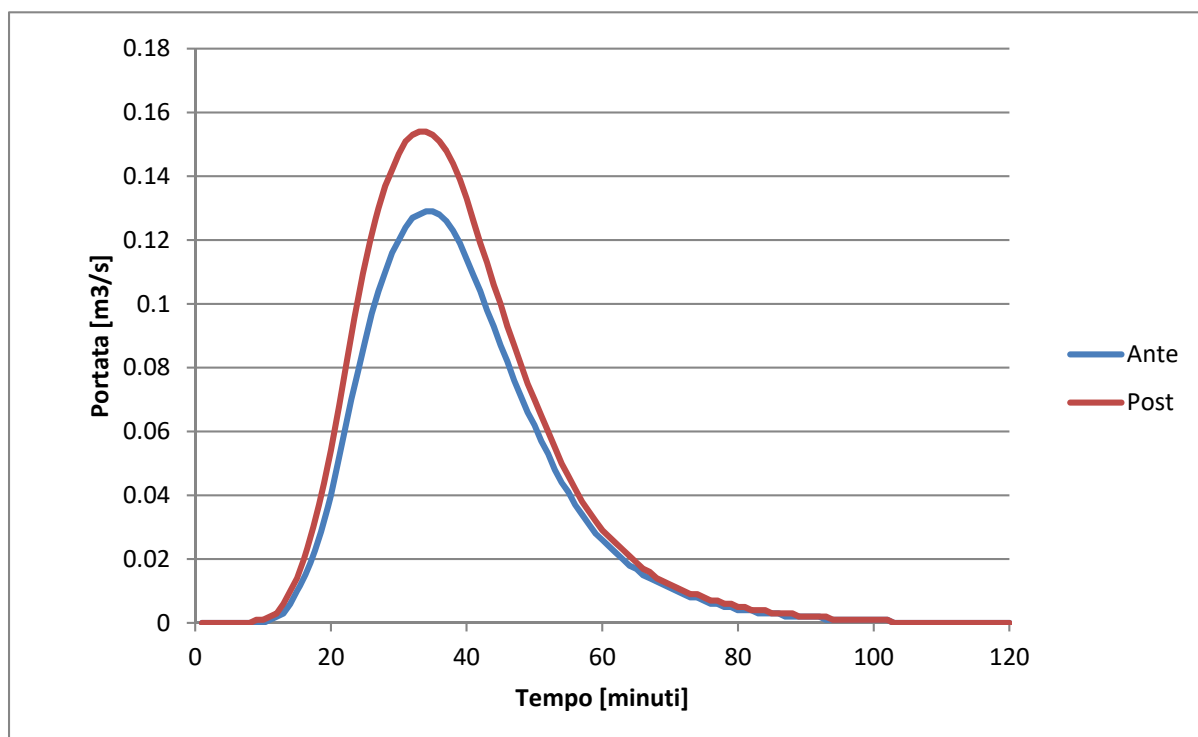


Fig. 17 – Idrogramma di piena condizione ex-ante / ex-post per TR=50 Anni



		Tr 20 Anni	Tr 50 Anni
Portata di picco (mc/s)	Configurazione attuale	0.102	0.129
	Configurazione progetto	0.126	0.154
	Differenza	0.024	0.025
Volume di piena (mc)	Configurazione attuale	184	232
	Configurazione progetto	227	277
	Differenza	43	45

Fig. 18 – Sintesi analisi svolta

Si rileva che nel caso in esame la differenza tra i volumi di piena con Tr=50 anni è pari a 45 mc. Mentre la differenza tra le portate, con lo stesso tempo di ritorno, è di 0.025 mc/s.

Una volta valutate le portate ed i volumi di progetto è necessario verificare che il recettore finale sia in grado di smaltire questi nuovi contributi generati dalla nuova area in trasformazione. In particolare è compito del Comune individuare lo stato del recettore, classificandolo sulla base di 3 differenti categorie: Alta, Media e Bassa capacità di smaltimento di ulteriori portate. A seconda della categoria di appartenenza possono essere applicati dei coefficienti correttivi alla portata massima defluente dall'intera area in trasformazione nella situazione attuale (valori Q_a CN-IIIa; Tr 50) sulla base della Tabella 4.

Capacità di smaltimento del recettore	Parametro correttivo K
Alta	1
Media	0.8
Bassa	0.5

$$Q_{a\ corr} = Q_a \cdot K$$

Nel caso specifico, è stata assunta una capacità bassa del corpo recettore ($K = 0.50$)

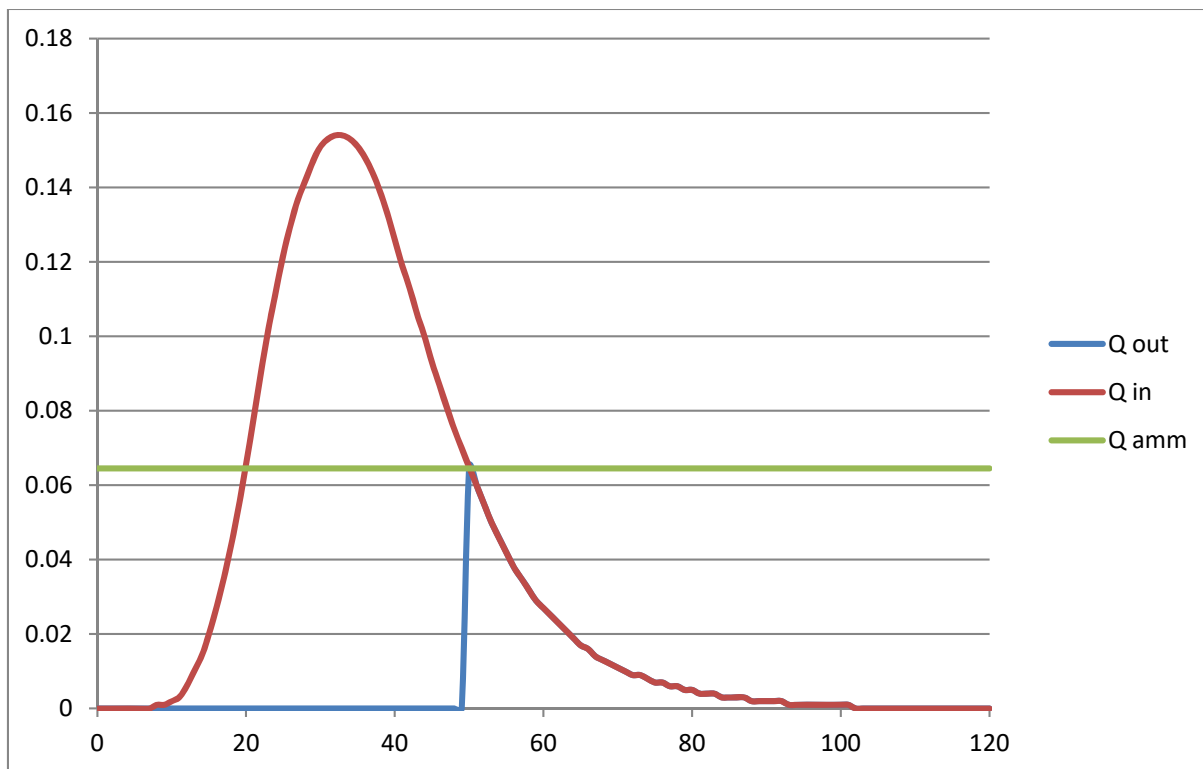


Fig. 19 – Idrogramma Portata di piena (Qin), Portata di Uscita (Qout) e Portata ammissibile nel recettore (Qamm)

Nel complesso, dalle analisi e verifiche eseguite si ritiene che la portata massima nel corpo recettore sia pari a 0.0645 mc/s, da cui si evince la necessità di immagazzinare un volume d'acqua pari a 277 mc nella configurazione di progetto per un tempo pari a circa 50 minuti.

Sono previste due vasche di laminazione, con volume pari a 173 mc per il comparto Sub 1 (Superficie 6614 mq) e di 104 mc per il comparto Sub 2 (Superficie 3924 mq).

Si rileva come questi volumi, nella configurazione di progetto siano decisamente più bassi rispetto alle superfici a destinazione verde (954 mq + 227 mq), che per lo scopo possono essere utilizzate per l'immagazzinamento delle portate di picco, le quali verranno smaltite mediante uno stramazzo a bocca tarata. Da quest'aree, verrà realizzata una nuova rete di smaltimento delle acque meteoriche verso il recettore finale individuato nella Via Piave.

Sulla base di quanto detto, si è scelto di raccogliere le acque dell'intera lottizzazione all'interno di due vasche (una per comparto) e convogliarle verso la rete mediante la posa di due condotte del diametro $\varnothing$ 315 mm. La portata massima alla rete sarà pari a 0.0645 mc/s ripartita proporzionalmente all'area dei due sub (portata Sub 1: 0.04 mc/s, portata Sub 2: 0.0245 mc/s).



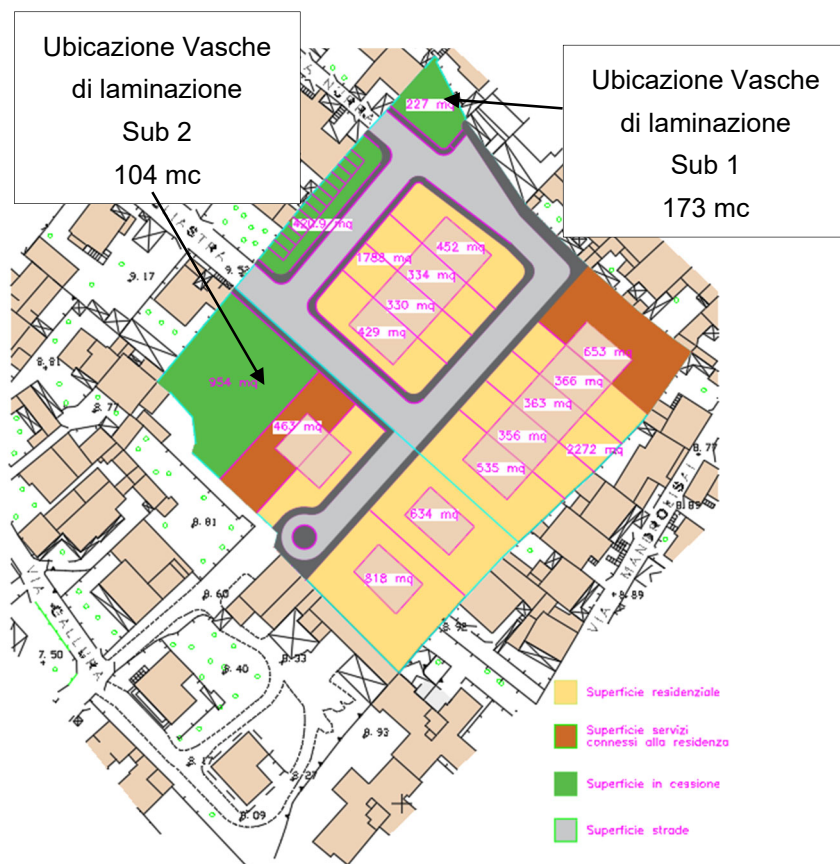
Una buona norma nella progettazione e nella verifica dei sistemi di fognatura è quello di garantire un adeguato franco di sicurezza all'interno della condotta, ovvero di limitare il massimo tirante idrico $h_{\max}$. Generalmente, per le condotte circolari con diametro inferiore a 315 mm $h_{\max}=0.5 D$.

Nel caso specifico ci si trova nella seconda condizione, per cui, imponendo tale condizione nella formula di Chezy, si è in grado di determinare la massima capacità di smaltimento del recettore.

$$Q = S\chi\sqrt{R \cdot j}$$

dove S è l'area bagnata del collettore 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 del collettore.

Diametro Nominale	D	m	0.315
Diametro interno	D_{eff}	m	0.290
Pendenza	j	m/m	0.005
Fattore di riempimento	$h_{\max}/D$	%	50
Tirante idrico	$h_{\max}$	m	0.150
Raggio idraulico	R	m	0.07
Area Bagnata	S	m^2	0.03
Coeff. Gauckler - Strickler	K_s		120
Portata ammissibile	Q_a	m^3/s	0.048



Nel complesso, dalle verifiche eseguite emerge che per l'intervento previsto in progetto è rispettato il principio di invarianza idraulica coerentemente a quanto disposto dall'art.47 delle N.A. del PAI.

Il Geologo
Dott. Geol. Manconi Simone

L'ingegnere
Dott. Ing. Antonio Dedoni