

COMUNE DI GONNESA

***PIANO DI LOTTIZZAZIONE IN ZONA
ARTIGIANALE D2.6 LOCALITA' "SU PONTI
SU FIXI"***

***STUDIO DI COMPATIBILITÀ AI SENSI
DELL'ART 8 DELLE NORME TECNICHE DI
ATTUAZIONE DEL PIANO STRALCIO PER
L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI) DELLA
REGIONE AUTONOMA SARDEGNA***

Dott. Geol. Paolo Frongia

Dott. Ing. Sandro Suella

INDICE

<i>PREMESSA</i>	<i>3</i>
<i>1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO</i>	<i>5</i>
<i>2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE ED IDROGEOLOGICO</i>	<i>9</i>
<i>2.1. GEOLOGIA</i>	<i>9</i>
<i>2.2. GEOMORFOLOGIA</i>	<i>12</i>
<i>2.3. LINEAMENTI STRUTTURALI, TETTONICA</i>	<i>12</i>
<i>2.4. IDROGEOLOGIA</i>	<i>12</i>
<i>3. INQUADRAMENTO DI PROGETTO</i>	<i>14</i>
<i>3.1. PREVISIONI DEL PIANO URBANISTICO COMUNALE</i>	<i>14</i>
<i>3.2. PROPOSTA PROGETTUALE</i>	<i>14</i>
<i>4. ANALISI DI COMPATIBILITA'</i>	<i>18</i>
<i>4.1. PREMESSA</i>	<i>18</i>
<i>4.2. DEFINIZIONI E PARAMETRIZZAZIONE DELLE AREE A RISCHIO</i>	<i>18</i>
<i>4.2.1. GENERALITA'</i>	<i>18</i>
<i>4.2.2. RISCHIO IDRAULICO</i>	<i>19</i>
<i>4.2.3. INVARIANZA IDRAULICA</i>	<i>20</i>
<i>4.2.4. APPLICAZIONE AL CONTESTO IN ESAME</i>	<i>25</i>
<i>5. CONCLUSIONI</i>	<i>38</i>

PREMESSA

Il presente elaborato di compatibilità geologico-geotecnica è redatto a supporto del progetto urbanistico del piano di lottizzazione in Località Su Ponti su fixi”, nel Comune di Gonnese, nell’ambito della quale è prevista l’esecuzione di nuove volumetrie entro e fuori terra.

Lo studio, in particolare, considera, in merito alla compatibilità idraulica, i seguenti documenti:

- “Linee guida e indirizzi operativi per l’attuazione del principio della invarianza idraulica” (articolo 47 delle NTA del PAI, aggiornamento maggio 2017
- Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.), “Interventi sulla rete idrografica e sui versanti Legge 18 Maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6 ter - D.L. 180/98 e successive modifiche ed integrazioni”, e relative Norme di Attuazione del P.A.I. coordinate con le modifiche approvate con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 148 del 26.10.2012 e n. 130 del 08.10.2013.
- Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.), adottato in via definitiva dal Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino della Regione Sardegna, con Delibera n.2 del 17.12.2015;
- Circolare dell’Autorità di Bacino n. 1/2015 recante “indirizzi interpretativi e procedurali relativi alle norme tecniche di attuazione del P.A.I.”;
- Comune di Gonnese – Studio di compatibilità idraulica e geologica-geotecnica ai sensi dell’art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione (N.A.) del Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologica (P.A.I.).

Nell’ambito del progetto di realizzazione del Piano di lottizzazione “Su ponti su Fixi, distinto al catasto Fg 15 mapp 103, 307, 1186, 1187, 104, 138, 116, 204, 115, 1037, 1038 del Comune di Gonnese con incarico conferito ai sottoscritti Dott. Geol. Paolo Frongia e Ing. Sandro Suella, è stato realizzato il presente studio di compatibilità idraulica.

Lo Studio di compatibilità idraulica e lo studio di compatibilità geologico-geotecnica sono previsti dall’art. 8 comma 2 delle norme di attuazione del P.A.I. Sardegna che recita:

“.....Indipendentemente dall’esistenza di aree perimetrare dal PAI, in sede di adozione di nuovi strumenti urbanistici anche di livello attuativo e di varianti generali agli strumenti urbanistici vigenti i Comuni tenuto conto delle prescrizioni contenute nei piani urbanistici provinciali e nel piano paesistico regionale relativamente a difesa del suolo, assetto idrogeologico, riduzione della pericolosità e del rischio idrogeologico assumono e valutano le indicazioni di appositi studi di compatibilità idraulica e geologica e geotecnica, predisposti in osservanza dei successivi articoli 24 e 25, riferiti a tutto il territorio comunale o alle sole aree interessate dagli atti proposti all’adozione.....”

Sulla base della perimetrazione del P.A.I. 2004-2006 REGIONE SARDEGNA il sito in esame non risulta cartografato con alcun grado di pericolosità idraulica; pertanto, attualmente, la perimetrazione da considerarsi è aggiornata al sopra citato studio secondo l’art.8 comma 2 delle Norme di Attuazione (N.A.) del PAI.

1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area oggetto dell'intervento è inquadrata nella Tav. I.G.M. (scala 1:25.000), F° 555 Sez. II "Portoscuso", ed. 1989, fg. 555140 Fig.2 Carta tecnica Regionale, ad un'altitudine media di 89 m s.l.m. (Fig. 1), adiacente alla strada statale n°126, in Comune di Gonnese (Fig. 2).

Nel catasto terreni del comune di Gonnese, il lotto è identificato nel F°15, mapp.li 103, 307, 1186, 1187, 104, 138, 116, 204, 115, 1037, 1038.

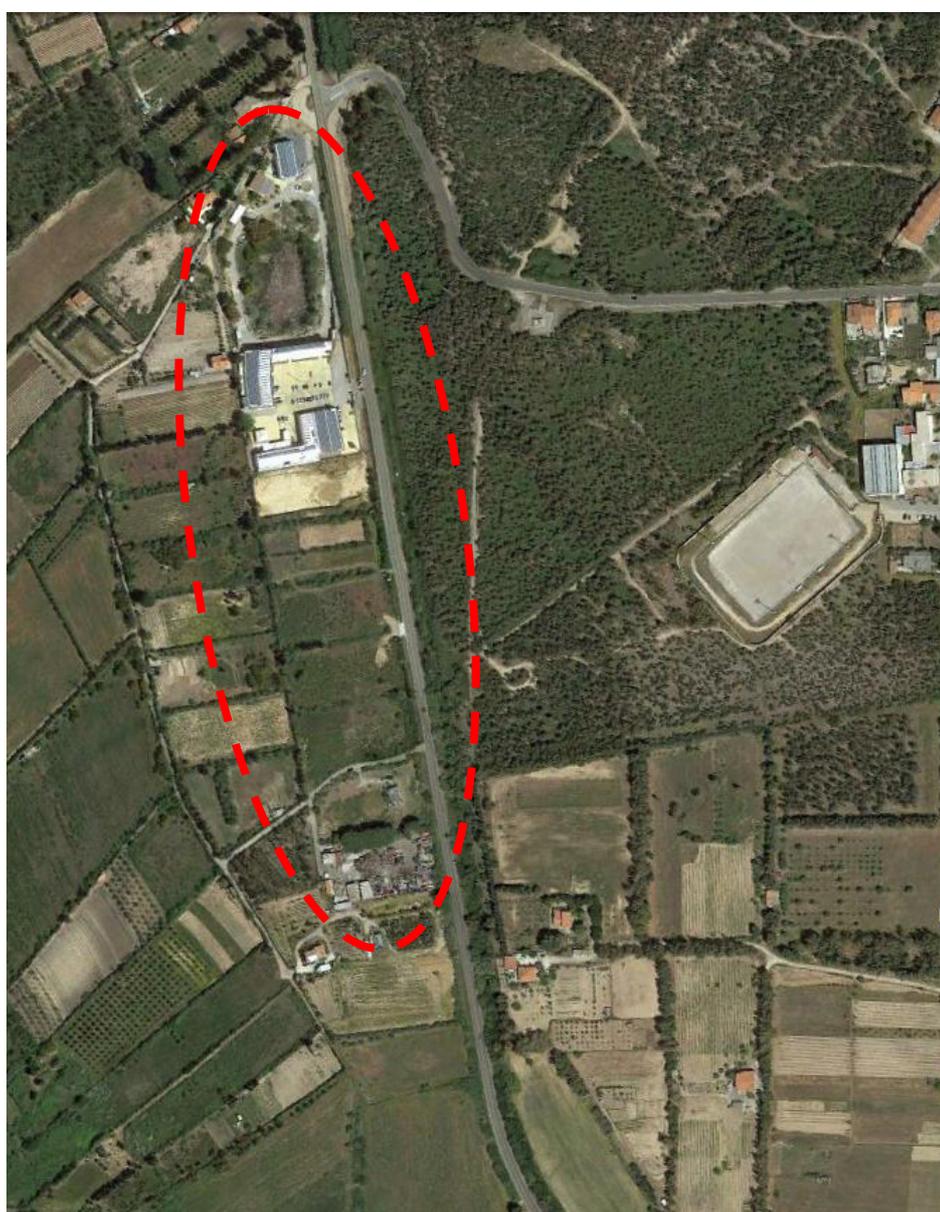


Fig. 1 – Vista in foto aerea del volo 2013 RAS, dell'area dell'intervento.

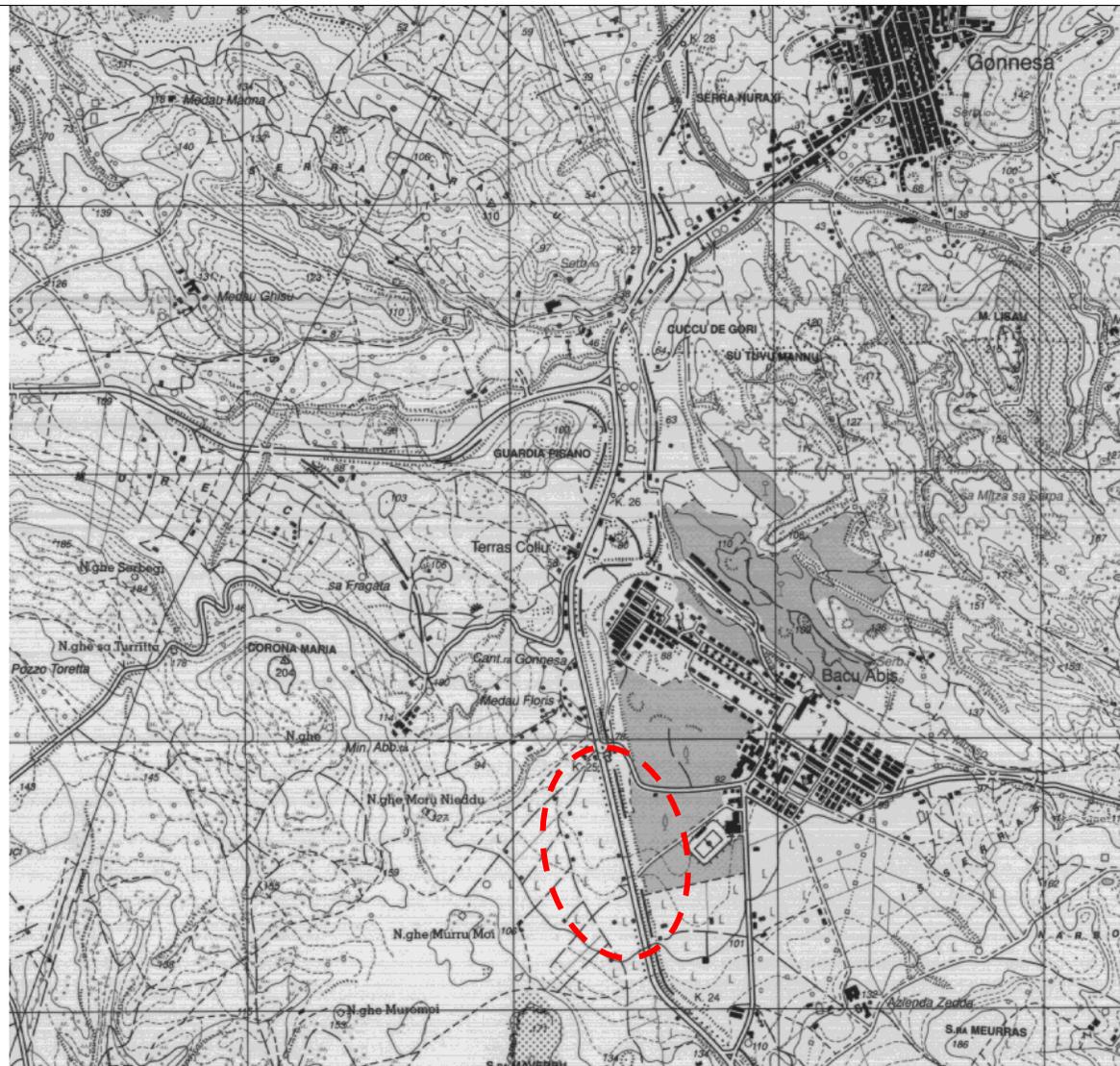


Fig. 2 – Inquadramento dell'area dell'intervento (I.G.M. F° 555 Sez. III, scala 1:25.000, mod.)



Fig. 3 – Ubicazione dell'intervento su Carta Tecnica Regionale scala 1:10.000.



Fig. 4 – Ubicazione dell'intervento su foglio catastale

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE ED IDROGEOLOGICO

2.1. GEOLOGIA

Il sito esaminato è caratterizzato dalle seguenti formazioni geologiche:

serie quaternaria

- Coltri eluvio-colluviali. Detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica. OLOCENE_b2
- Depositi alluvionali. OLOCENE_b
- Depositi antropici. Discariche minerarie. OLOCENE_h1m
- Depositi di frana. Corpi di frana. OLOCENE_a1
- Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (SINTEMA DI PORTOVESME). Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie. PLEISTOCENE SUP._PVM2a
- Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (SINTEMA DI PORTOVESME). Sabbie e arenarie eoliche con subordinati detriti e depositi alluvionali. PLEISTOCENE SUP._PVM2b

serie vulcanoclastica

- RIOLITI DI MONTE CROBU. Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica a chimismo riolitico, con cristalli liberi di Sa, Pl, e subordinati Px, Ol e Bt, da densamente saldati con tessitura eutassitica, a non saldati (tufi, tufi a lapilli e tufi-br_CBU
- RIOLITI DI NURAXI (→ Lipariti t4→ Auct.). Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica a chimismo riolitico, con cristalli liberi di Pl (con orlo di Sa), Sa, scarsi Opx, Cpx, Mag, di colore variabile da grigio ceruleo a bruno violaceo, spessore_NUR
- RIOLITI DI SERUCI. Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica a chimismo riolitico, densamente saldati, a tessitura eutassitica, con cristalli liberi di Pl, scarsi Opx, Cpx, Fa, spesso con livello vitrofirico alla base. MIOCENE INF.-MEDIO_SRC

- DACITI DI ACQUA SA CANNA. Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica a chimismo dacitico, da non saldati ad incipientemente saldati, e depositi piroclastici di caduta, di colore da grigio chiaro fino a rosato, con cristalli liberi di Pl, Bt, _AQC
- DACITI DI CORONA MARIA. Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica a chimismo dacitico, da densamente saldati a tessitura eutassitica, a non saldati (tufi a lapilli pomicei), con cristalli liberi di Pl e Fa; spesso con livello vitrofirico; ta_CNM
- DACITI DI LENZU. Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica a chimismo dacitico, densamente saldati a tessitura eutassitica, con cristalli liberi di Pl e Sa, con vitrofiro basale. Alla base depositi piroclastici di caduta. Spessore: circa 10_LNZ

Serie conglomeratica eocenica-miocenica

- CONGLOMERATI DI MONTE GENERE. Conglomerati da matrice sostenuti a clastosostenuti, costituiti principalmente da ciottoli provenienti dallo smantellamento della formazione del Cixerri e subordinate vulcaniti. Spessore: fino a 10 m. MIOCENE INF. (BURDIGALI_GNR
- FORMAZIONE DEL CIXERRI. Argille siltose di colore rossastro, arenarie quarzoso-feldspatiche in bancate con frequenti tracce di bioturbazione, conglomerati eterometrici e poligenici debolmente cementati. EOCENE MEDIO - OLIGOCENE_CIX
- LIGNITIFERO AUCT. Calcari di colore biancastro con resti di bivalvi e oogni di carofite, breccie cementate e rari livelli carboniosi; a tetto, talvolta, livello decimetrico di calcare organogeno con resti di limnee. EOCENE INF.-MEDIO (YPRESIANO SUP. - LU_LGN

Basamento Paleozoico

- Membro di Medau Murtas (FORMAZIONE DI MONTE ARGENTU). Metarenarie e metasiltiti viola e verdi, con laminazioni piano-parallele, e subordinati metaconglomerati e breccie prevalentemente quarzose. ORDOVICIANO MEDIO-SUP._AGU3

- **FORMAZIONE DI MONTE ORRI.** Alternanze di metasiltiti e metarenarie medio-fini verdastre, quarzoso-feldspatiche, con laminazioni piano-parallele ed incrociate caratterizzate da livelli millimetrici di minerali pesanti e bioturbazioni; strati metrici di met_MRI
- **FORMAZIONE DI PORTIXEDDU.** Metasiltiti e metargilliti massive grigio-verdi scure, raramente rossastre, con rari livelli millimetrici piano-paralleli e orizzonti a noduli fosfatici bianchi; la formazione è molto ricca in brachiopodi, briozoi, crinoidi, tr_PTX.

Dal punto di vista geologico, nel settore in esame affiorano litologie dell'Olocene e Miocene ascrivibili alla classica sequenza terrigena-carbonatica presente nelle colline di Gonnese e alla serie vulcano clastica piroclastica dacitica miocenica, con la sequenza conglomeratica argillitica della formazione del Cixerri.

Nello specifico, la ricostruzione della sequenza stratigrafica di seguito riportata è dedotta dai riscontri delle prove dirette (perforazione con carotaggio continuo) effettuate in aree adiacenti e dai rilievi di campagna effettuati in aree circostanti, esaminando inoltre sezioni e tagli stradali, e con l'analisi dei pozzetti realizzati nel sito in cui verrà effettuato l'intervento, volto a uno specifico supporto della progettazione dei volumi previsti.

L'area in esame è costituita in affioramento da depositi di sabbie eoliche ben classate, con una debole presenza di argilla, per uno spessore di circa 6 metri, risalenti all'Olocene (PVM2b).

Al di sotto, questi depositi giacciono su coltri eluvio-colluviali, con detriti grossolani in matrice sabbioso-ciottolosa e locali accumuli di carbonato di calcio in noduli, croste e lenti più o meno induriti (Olocene), riconosciuti fino a profondità di circa 8.00 m dal p.c.

Il substrato è rappresentato dai litotipi della sequenza vulcanica dacitico-riolitica (NUR- CBU) del basso Sulcis, risalente al Miocene inferiore-medio; tali litologie si presentano compatte e con spessori elevati, talvolta variabili da 50 a 100 m, con sottostante formazione del bacino carbonifero del Sulcis, dell'Eocene.

2.2. GEOMORFOLOGIA

Dal punto di vista geomorfologico l'area è inserita nel tessuto agrario continuo di Gonnese; il settore è composto, negli orizzonti più superficiali, essenzialmente da depositi sedimentari alluvionali continentali e di riporto, sabbie eoliche e depositi eolici antichi; presenta morfologia pressoché pianeggiante, con un leggero declivio verso nord, con debole pendenza tra 0 e 5%. A ovest-sud ovest, sono presenti rilievi, con quote comprese tra i 150 e e 170 m slm, quali Serra Maverru, costituiti da cornici rocciose di formazioni dacitico-riolitiche, con scarpate più acclivi aventi pendenze intorno al 50%, mentre i versanti a quote comprese tra i 130 e i 110 m slm, si presentano più dolci e ben modellati, anche a causa dei litotipi più erodibili di cui sono formati i conglomerati della formazione del Cixerri. Sempre verso sud, alle pendici di serra Maverru, è presente un deposito di frana a1, che attualmente non presenta cenni di movimenti recenti e instabilità, che tuttavia dista circa 1 km dall'are di studio. Verso est non si hanno pendenze elevate, e il paesaggio è ben modellato, anche se sono presenti cumuli di discariche minerarie h1m, che non presentano allo stato attuale segni di instabilità.

2.3. LINEAMENTI STRUTTURALI, TETTONICA

Dal punto di vista tettonico il settore è inquadrabile nel sistema strutturale del Sulcis Iglesiente; subito a sud del bacino metallifero dell'iglesiente e all'interno del "bacino carbonifero del Sulcis"; quest'ultimo è caratterizzato da un insieme di faglie con direzioni principali circa N-S, in cui è ben evidente la faglia normale (in blu sulla carta geologica), al contatto tra la formazione del Cixerri e le rioliti daciti di Serra Maverru.

Allo stato attuale, nell'area esaminata non sono evidenti indizi o elementi morfologici di dinamiche in atto o riferibili ad una tettonica recente.

2.4. IDROGEOLOGIA

Per quanto riguarda i caratteri idrogeologici, il sito indagato, costituito negli orizzonti più superficiali della sequenza stratigrafica da depositi pressoché omogenei, è caratterizzato dall'assenza di un acquifero ben definito; la circolazione idrica sotterranea risulta maggiore dove prevalente è la componente sabbiosa, piuttosto rallentata dove risulta preponderante la presenza di frazione più fine.

Tuttavia il livello della falda riscontrato nel corso delle indagini svolte in situ all'atto della stesura della presente relazione mette in evidenza la presenza di una superficie piezometrica sub-orizzontale, impostata a poco meno di 6 metri dal p.c., con un primo acquifero che satura parzialmente i sedimenti sabbioso-argillosi. Anche il substrato dacitico-riolitico è contraddistinto dalla presenza di un acquifero, seppur di modesta consistenza (che si ritrova da elevate profondità talvolta variabile dai 5 fino ai 100 m), data la permeabilità "in grande" dovuta alle caratteristiche di faglie e fratture del litotipo.

Nell'area interessata dall'intervento, sono presenti in affioramento depositi di sabbie eoliche antiche con livelli alluvionali con prevalenti ghiaie **PVM2b**.

I dati disponibili, desumibili dall'esecuzione di pozzi nell'intorno del sito, indicano una permeabilità variabile tra 1,7 e $3,3 \times 10^{-4}$ m/s ed una trasmissività compresa tra 7 e 25×10^{-3} m²/s.

3. INQUADRAMENTO DI PROGETTO

3.1. PREVISIONI DEL PIANO URBANISTICO COMUNALE

Il Piano Urbanistico Comunale vigente classifica l'area in oggetto come D2.6 industriale, assoggettando l'attuazione degli interventi edificatori alla redazione di uno specifico progetto unitario atto ad assicurare un'adequata urbanizzazione dell'area ed una funzionale organizzazione dei nuovi edifici nel rispetto dei parametri edificatori, riportati nella seguente tabella:

TABELLA PARAMETRI URBANISTICI	
PARAMETRO	PUC vigente
Densità territoriale	1,00 mc/mq
Densità abitativa	<2 mc/mq
Superficie minima del P.d.L.	1,00 Ha
Dotazione spazi pubblici	10% mq/mq
Rapporto di copertura	1/3 mq/mq
Altezza massima	7,50 m
Distanza dai confini	5,00 m
Distanza dalle strade	5,00÷10,00 m
Distanza tra pareti	10,00 m

3.2. PROPOSTA PROGETTUALE

La lottizzazione industriale prevede la realizzazione di una volumetria complessiva convenzionale di circa 36000 mc con un'altezza non superiore ai 7,5 m.

Il progetto si sviluppa su una fascia lunga circa 400 metri e di profondità 100 metri, fronteggianti la strada statale n. 126, inserendo le aree per standards urbanistici principalmente nelle porzioni a confine con la summenzionata strada ed in parte sul lembo sudovest dell'ambito di interesse, con ingresso dallo stradello comunale esistente. Lo studio è però esteso all'intero sub comparto perimetrato in zona D2.6 dal PUC del Comune di Gonnese.

Per quanto attiene gli interventi edilizi, il progetto propone la realizzazione di edifici con soluzioni architettoniche e caratteristiche di omogeneità tra i vari fabbricati in modo da consentire unitarietà di intervento e l'integrazione dell'aspetto esteriore degli edifici e delle strutture nel contesto paesaggistico locale, selezionando modalità costruttive e materiali in funzione del contesto, con forme regolari, a pianta generalmente quadrata o rettangolare, con un massimo di due piani fuori terra ed uno interrato.

Infine, per quanto concerne le reti tecnologiche, il progetto contempla l'allacciamento del nuovo complesso alla rete esistente di fornitura dell'energia elettrica con cavidotti interrati. Non sono previsti allacciamenti riguardanti acque reflue nere, demandando ai singoli insediamenti, nelle more della realizzazione di un collettore di raccolta pubblico, lo smaltimento autonomo con le modalità prescritte dal D.Lgs 152/2006 e dalla Direttiva Regionale sugli scarichi.



Fig. 5 – foto satellitare con ingombro del piano di lottizzazione (in rosso le aree oggetto di piano attuativo, in blu quelle oggetto di pianificazione assentita)

Non sono previste strade di piano, dato che tutti i lotti previsti in progetto affacciano su viabilità pubblica esistente. E' però previsto l'adeguamento di piattaforma dello stradello comunale, per l'estensione interna alla lottizzazione, con corsie da 3,50 metri per senso di marcia, e marciapiede da 1,50 metri.

4. ANALISI DI COMPATIBILITA'

4.1. PREMESSA

L'area oggetto dell'intervento è inquadrata nella Tav. I.G.M. (scala 1:25.000), F° 555 Sez. III "Portoscuso", ed. 1989 (Fig. 2), fg. 555140 della Carta tecnica Regionale, ad un'altitudine media di 89 m s.l.m. (Fig. 3), adiacente alla strada statale n°126, in Comune di Gonnesa.

Né il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), né il Piano Stralcio per le Fasce Fluviali (PSFF) hanno perimetrato, nelle pertinenti cartografie delle aree esondabili per un dato tempo di ritorno, aree di pericolosità e/o di rischio.

L'orografia è pressoché pianeggiante per un raggio di circa mezzo chilometro. Oltre, in direzione sudovest, la conformazione dei terreni è caratterizzata dal versante che delimita l'altopiano di Nuraxi Figus. Non sono presenti scorrimenti superficiali di rilievo. Le aree sono caratterizzate, in particolare sui versanti con maggiore acclività, da una copertura regolare e fitta di macchia mediterranea; i fondi compresi nella zona pianeggiante sono tenuti a seminativo o a pascolo. L'ambito comprendente le aree in esame è stato parzialmente urbanizzato con la costruzione della strada comunale di penetrazione che dalla S.S. n. 126 si inoltra nei fondi limitrofi verso sudovest. Non sono presenti reti per lo smaltimento delle acque meteoriche il cui deflusso è demandato allo scorrimento superficiale, né quelle per lo smaltimento delle acque nere. Le acque di piattaforma della suddetta strada statale sono indirizzate, attraverso la cunetta al piede, fino al canale in cls, recentemente realizzato a valle della nuova rotatoria di ingresso a Bacu Abis.

4.2. DEFINIZIONI E PARAMETRIZZAZIONE DELLE AREE A RISCHIO

4.2.1. GENERALITA'

Per l'analisi del grado di pericolosità e rischio introdotto a seguito dell'esecuzione delle opere del piano di lottizzazione si fa riferimento alle indicazioni contenute nelle linee guida delle "Attività di individuazione e di perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia, D.L. 180 e legge 267 del 3-08-1998" pubblicate a cura dell'Assessorato Lavori Pubblici della Regione Sardegna.

4.2.2. RISCHIO IDRAULICO

Il Rischio Idraulico, R_i , è definito come il prodotto di tre fattori secondo l'espressione:

$$R_i = H_i E V$$

R_i = rischio idraulico totale, quantificato secondo 4 livelli riportati in Tabella 1, dove sono evidenziati gli estremi superiore delle classi.

Tabella 1: descrizione delle classi di rischio idraulico e loro quantificazione

Rischio Idraulico Totale			Descrizione degli effetti
Classe	Intensità	Valore	
R_{i1}	Moderato	$\leq 0,002$	danni sociali, economici e al patrimonio ambientale marginali
R_{i2}	Medio	$\leq 0,005$	sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.
R_{i3}	Elevato	$\leq 0,01$	sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale
R_{i4}	Molto elevato	$\leq 0,02$	sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione delle attività socio-economiche

H_i = pericolosità (natural Hazard) ossia la probabilità di superamento della portata al colmo di piena; in accordo al DPCM 29/09/98 è ripartita in 4 livelli, pari a 0.02, 0.01, 0.005, 0.002, che corrispondono ai periodi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni.

E = elementi a rischio; ai sensi del citato DPCM sono costituiti da persone e cose suscettibili di essere colpiti da eventi calamitosi. Ai fini del presente lavoro si classificano secondo la Tabella 2, nella quale ad ogni classe è stato attribuito un peso secondo una scala tra [0, 1].

Tabella 2: descrizione delle classi di aree e relativi pesi

Classe	Elementi	Peso
E ₁	Aree libere da insediamenti e aree improduttive; zona boschiva; zona agricola non edificabile; demanio pubblico non edificato e/o edificabile	0,25
E ₂	Aree con limitata presenza di persone; aree extraurbane, poco abitate; edifici sparsi. Zona agricola generica (con possibilità di edificazione); zona di protezione ambientale, rispetto, verde privato; Parchi, verde pubblico non edificato; infrastrutture secondarie	0,50
E ₃	Nuclei urbani non densamente popolati; infrastrutture pubbliche (strade statali, provinciali e comunali strategiche, ferrovie, lifelines, oleodotti, elettrodotti, acquedotti); aree sedi di significative attività produttive (insediamenti artigianali, industriali, commerciali minori); zone per impianti tecnologici e discariche RSU o inerti, zone a cava.	0,75
E ₄	Centri urbani ed aree urbanizzate con continuità (densità abitativa superiore al 20% della superficie fondiaria); nuclei rurali minori di particolare pregio; zone di completamento; zone di espansione; grandi insediamenti industriali e commerciali; servizi pubblici prevalentemente con fabbricati di rilevante interesse sociale; infrastrutture pubbliche (infrastrutture viarie principali strategiche); zona discarica speciali o tossico nocivi; zona alberghiera; zona campeggi e villaggi turistici; beni architettonici, storici e artistici.	1,00

V = vulnerabilità intesa come capacità a resistere alla sollecitazione indotte dall'evento e quindi dal grado di perdita degli elementi a rischio E in caso del manifestarsi del fenomeno. Ogni qualvolta si ritenga a rischio la vita umana, ovvero per gli elementi di tipo E₄, E₃ e parte di E₂, la vulnerabilità, secondo quanto si evince dal DPCM, sarà assunta pari all'unità. Per quanto concerne gli elementi di alto tipo occorrerebbe provvedere ad effettuare analisi di dettaglio sui singoli cespiti ma esse esulano dai limiti delle attività previste dal dispositivo di legge e, pertanto, anche a tali elementi si attribuirà un valore di vulnerabilità ancora unitario.

4.2.3. INVARIANZA IDRAULICA

L'articolo 47 delle Norme di Attuazione del PAI, ha introdotto il principio dell'invarianza idraulica. Esso statuisce che le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei recettori naturali o artificiali di valle non devono essere maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione. Le linee guida per l'applicazione del principio summenzionato, pubblicate dall'Autorità di Bacino della Regione Sardegna, con delibera n. 2 del 17/05/2017, commisurano le metodologie di analisi e l'approfondimento tecnico che deve essere prodotto in fase progettuale, a giustificazione del

rispetto del principio predetto, con l'aumentare della superficie interessata dal piano attuativo, secondo la ripartizione di cui alla seguente tabella:

Tabella 3: classi di applicazione principio di invarianza

Classe	Livello di impermeabilizzazione potenziale	Superficie territoriale
a	trascurabile	Inferiore a 0,1 ha
b	modesta	compresa tra 0,1 e 0,5 ha
c	significativa	compresa tra 0,5 e 10 ha
d	sostanziale	Superiore a 10 ha

In ordine alla classificazione suddetta, la lottizzazione in esame ricade nella classe C, poiché le superfici interessate dall'intervento ammontano a poco più di due ettari.

La descrizione delle procedure richieste per singola classe di intervento è fornita sinteticamente come segue:

Classe a - Trascurabile impermeabilizzazione potenziale

Data l'esigua superficie interessata (<1000 mq) dalla trasformazione dell'uso del suolo, in linea di massima i benefici conseguibili in termini di compensazione dei deflussi non giustificano gli oneri connessi alla previsione di opere di compensazione. È, pertanto, sufficiente adottare buoni criteri costruttivi delle reti di dreno assicurando adeguato margine di franco nelle sezioni adottate, ridurre le superfici impermeabili, quali le superfici di viabilità privata e parcheggi, adottare opportuni criteri realizzativi, quali le pavimentazioni inerbite, tetti verdi.

Classe b - Modesta impermeabilizzazione potenziale

È opportuno sovradimensionare la rete di dreno rispetto alle sole esigenze di trasporto della portata di picco realizzando nelle condotte e nei canali volumi compensativi cui affidare funzioni di laminazione. A tal fine, in questi casi è opportuno che i tiranti idrici massimi assicurino un'adeguata maggiorazione del franco nelle luci della rete di dreno. Il calcolo della portata sia nella situazione attuale che in quella di progetto può essere

effettuata considerando l'attribuzione dei coefficienti di afflusso calcolati sulla base delle caratterizzazioni del territorio nelle due situazioni.

Classe c - Significativa impermeabilizzazione potenziale

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

Classe d - Sostanziale impermeabilizzazione potenziale

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

Rispetto alla classe precedente, è richiesta ulteriormente l'analisi dell'intervento in esame nel contesto più ampio del bacino idrografico di appartenenza. Dovranno essere esaminate varie tipologie per la realizzazione di opere compensative considerando le possibili interazioni con il bacino idrografico nel quale il sistema è inserito e i vincoli che da questo possono derivare.

La verifica complessiva del principio di invarianza idraulica dev'essere realizzata con riferimento al tempo di ritorno $Tr=50$ anni. Il dimensionamento della rete di dreno interna all'intervento di trasformazione territoriale è realizzata con riferimento al tempo di ritorno minimo di $Tr=20$ anni. Quest'ultima assunzione può essere modificata, esclusivamente in

termini di aumento del valore del tempo di ritorno, in relazione alla tipologia di urbanizzazione prevista.

La procedura di verifica per i piani ricompresi nella classe C prescrive che il calcolo della portata di progetto per le eventuali opere di compenso ed i corrispondenti volumi, sia articolato secondo la procedura di seguito descritta:

Stato attuale

Preliminarmente è necessaria la caratterizzazione geo-pedologica dell'area in esame mediante uno studio specifico geo-pedologico realizzato nell'ambito della progettazione dell'intervento di trasformazione territoriale.

Il primo passo consiste nell'individuare il tipo di suolo a cui appartiene l'intervento in oggetto, con riferimento al metodo SCS-CN del *Soil Conservation Service*, di cui alla seguente tabella:

Tabella 4: tipi di suolo

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 Deflusso superficiale potenziale moderatamente alto	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-limosa, franco-argilloso-sabbioso, franco-argillosa, e franco-argilloso-limosa. 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 deflusso superficiale potenziale alto	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.

I parametri caratteristici dei diversi tipi di suolo, come sopra classificati, sono di seguito riportati:

S = sabbiosa; SF = sabbiosa-franca; FS = franco-sabbiosa; F = franca; FL = franco-limoso; FAS = franco-argillosa-sabbiosa; FA = franco-argillosa; FAL = franco-argillosa-limoso; L = limoso; A = argillosa; AS = argillosa-sabbiosa; AL = argillosa-limoso; NR = non rilevato; NC = non classificato

Gruppo idrologico di suolo	Classe tessiturale	Profondità dello strato impermeabile all'acqua (cm)	Profondità della superficie piezometrica (cm)	K_{sat} 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				

Il passo successivo consiste nell'individuare le diverse classi di uso del suolo ante intervento sulla base della classificazione Corine Land Cover RAS - 2008 e tramite studi specificatamente condotti sull'area in esame.

Utilizzando una procedura di media pesata, dalla combinazione della classe di tipo di suolo e dell'uso del suolo, tramite la tabella dei valori del Curve Number è possibile stimare il valore del CN-IIa medio dell'intera area in esame nello stato attuale.

Stato post intervento

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

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) 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 $r = 0.4$.

Utilizzando il valore del CN calcolato nello stato attuale CN-III a e nello stato post intervento CN-III p, è possibile definire lo ietogramma di pioggia netta e, utilizzando un modello di trasformazione afflussi-deflussi, l'andamento dei corrispondenti idrogrammi di piena.

4.2.4. APPLICAZIONE AL CONTESTO IN ESAME

Le superfici interessate dal piano di lottizzazione ammontano a circa 3,5 ettari. Sono situate nella parte terminale di un versante di lunghezza esigua, di circa 540 metri, con dislivello di circa 70 metri e pendenza media di poco superiore al 1%.

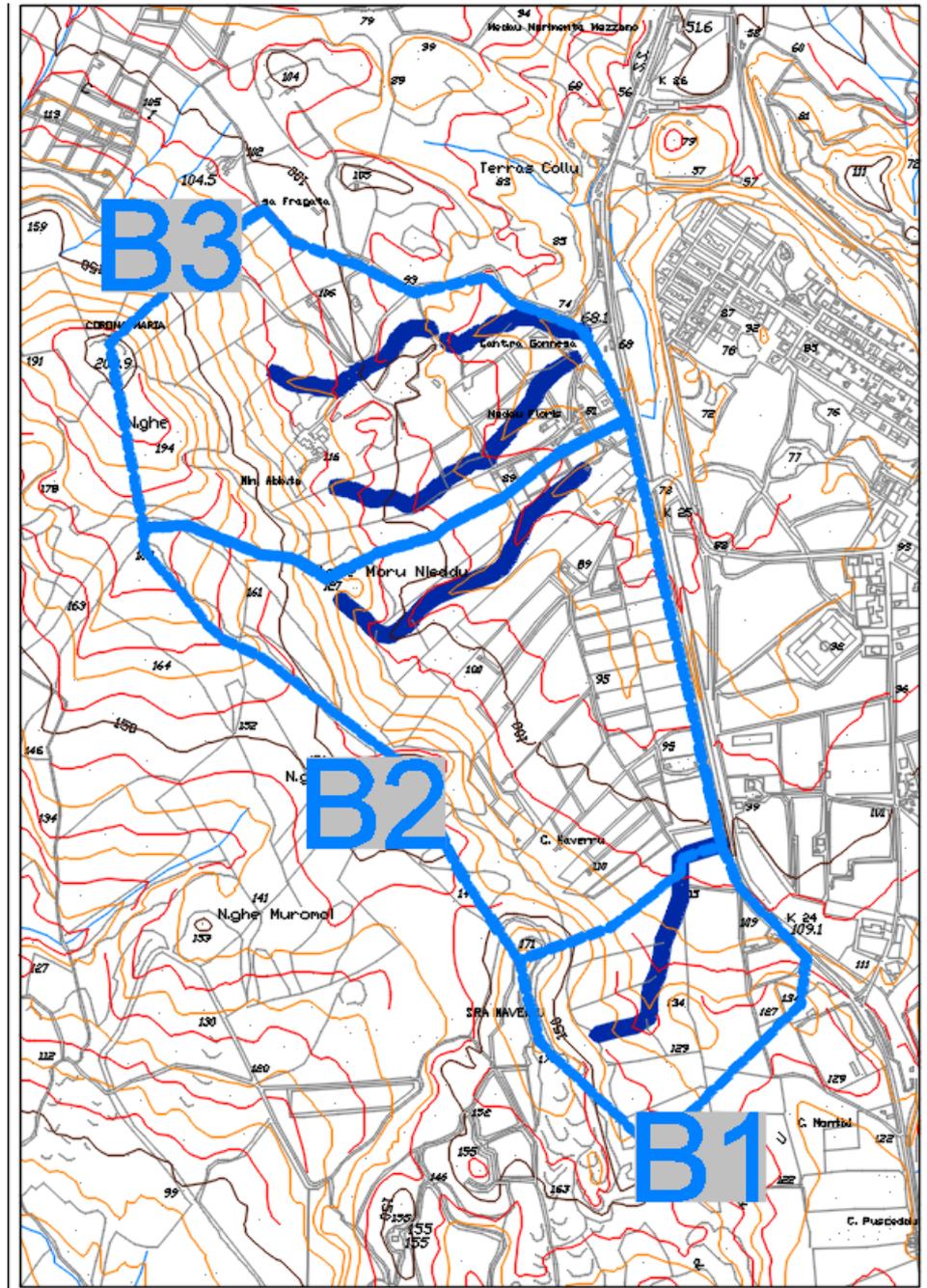
Degli appezzamenti componenti il piano attuativo, uno di superficie 5000 mq ha superficie quasi interamente pavimentata in calcestruzzo. Le rimanenti aree sono tenute a incolto improduttivo.

Nell'ambito del piano di cui trattasi, né nelle aree limitrofe, sono state perimetrate zone di pericolo idraulico di alcuna classe.

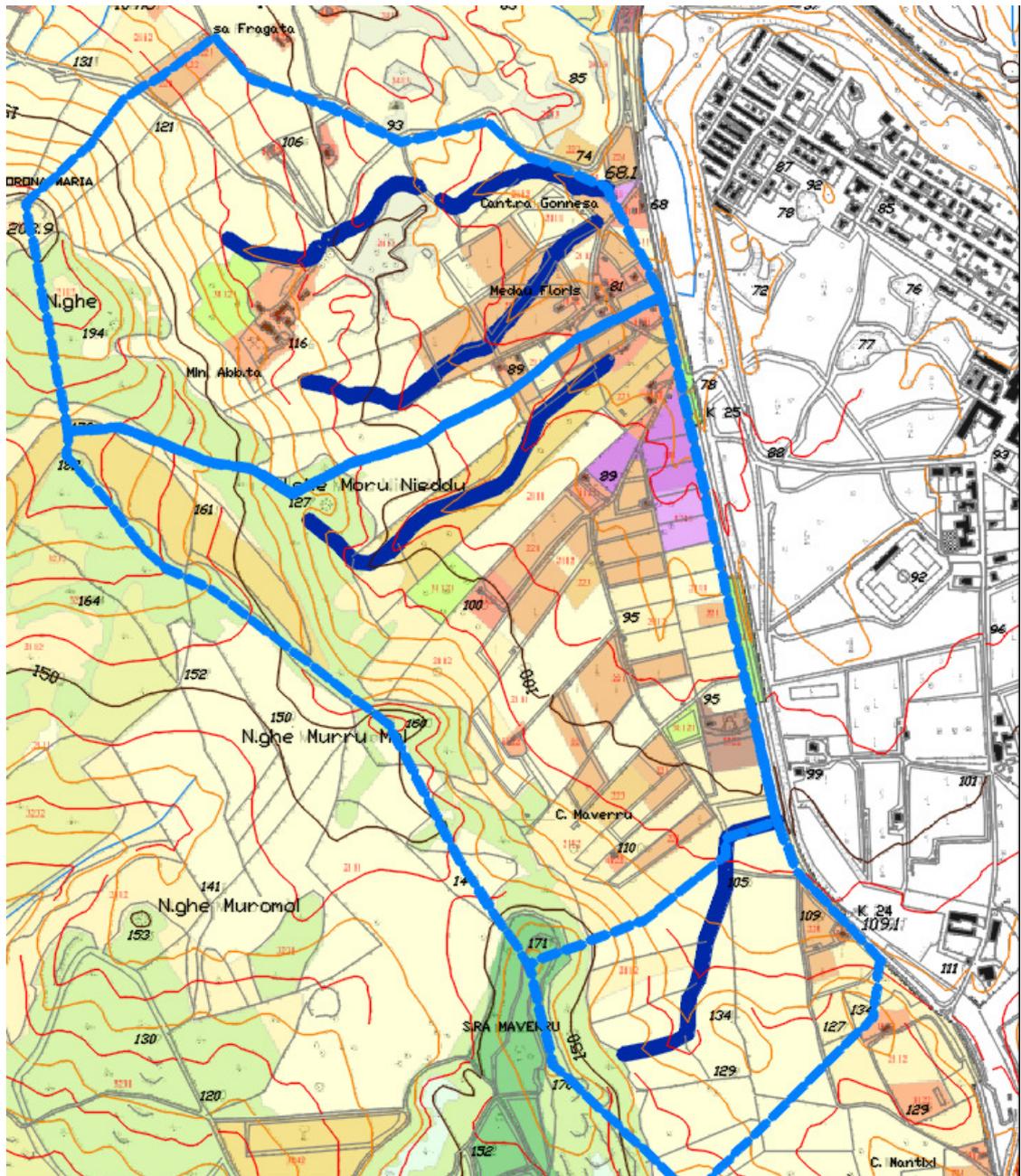
Le aree interessate dal piano attuativo, poste a ragguardevole distanza dal centro urbano, difettano della rete di raccolta e smaltimento delle acque bianche, eccettuato il canale in cls, di recente costruzione, a valle della rotonda di accesso all'abitato di Bacu Abis, sulla strada statale n. 126.

In ordine alle sistemazioni ante operam, le informazioni dedotte dalla carta dell'uso del suolo allegata al PUC e dai rilievi in loco, portano ai valori di seguito descritti del CN:

Il territorio interessato dallo studio di compatibilità è stato suddiviso in tre sottobacini, ognuno caratterizzato da una propria asta, confluenti a valle nel canale di recente realizzazione di cui si è precedentemente accennato.



Nel primo sottobacino sono state inserite le aree di piattaforma stradale che scaricano lateralmente, sulla cunetta al piede, le acque meteoriche.



I valori ottenuti sono sintetizzati nella tabella seguente:

BACINO	SUPERFICIE [kmq]	CNIla [media pesata]	CNIlla [media pesata]	CNIlp [media pesata]	CNIllp [media pesata]
B1	0,2385	59,07	77,05	59,07	77,05
B2	0,5690	65,45	81,50	67,25	82,69
B3	0,5500	50,23	70,13	50,45	70,31

Le sistemazioni post operam sono schematizzate ipotizzando lo sfruttamento completo della superficie copribile e la sistemazione delle rimanenti aree con pavimentazione del tipo P4, in osservanza alle prescrizioni delle NTA del piano attuativo. Le aree a verde, riservate quali standard urbanistico, sono state cautelativamente considerate alla stregua di incolto o sterrato, non essendo possibile stimare a priori la qualità e durata delle attività di gestione delle stesse.

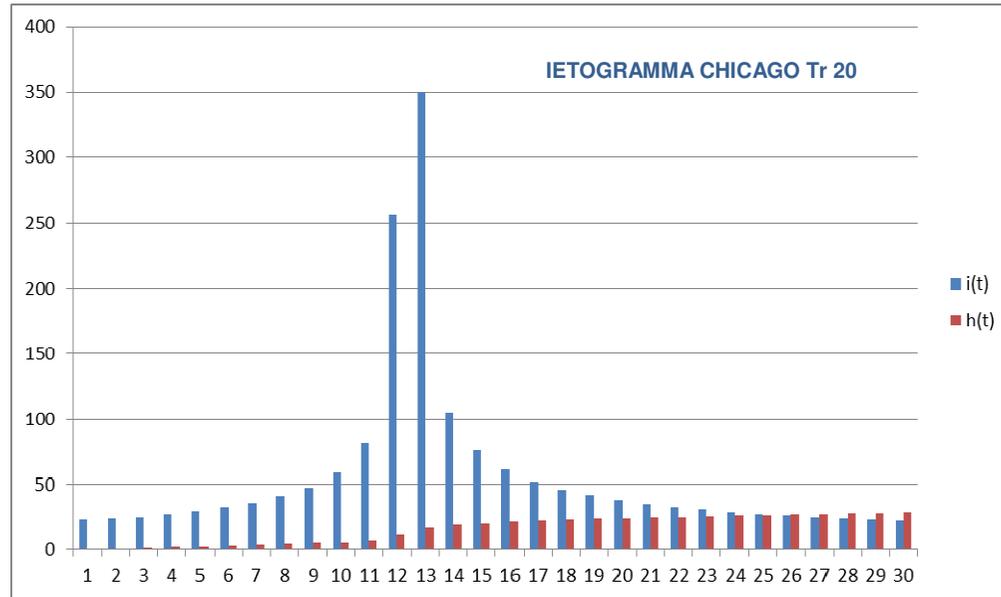
Per la stima della portata e dell'idrogramma di piena deve essere considerato uno ietogramma Chicago avente una durata di 30 minuti con posizione del picco $r = 0.4$ e con passo temporale Δt di 1 minuto. Nel caso di lottizzazioni appartenenti alla classe di intervento C) devono essere considerati i due differenti tempi di ritorno (T_r) 20 e 50 anni che verranno utilizzati rispettivamente per il dimensionamento della rete di drenaggio interno alla lottizzazione e per il dimensionamento della vasca di accumulo e della portata massima scaricabile nel recettore finale.

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 ai due diversi Tempi di ritorno.

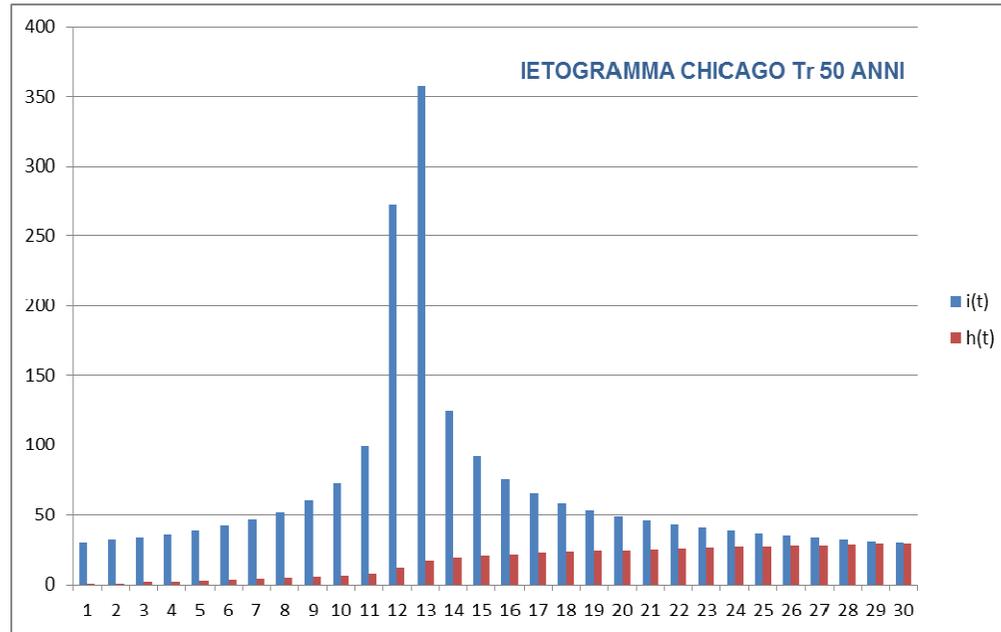
Tempo di ritorno	20 anni	50 anni
SZO	1	1
μ_g	50,944	50,944

Durata ietogramma [ore]	0,50	0,50
a	37,796	46,403
n	0,37832	0,43018

con i quali è possibile determinare gli ietogrammi, di seguito graficamente rappresentati nella forma discreta:

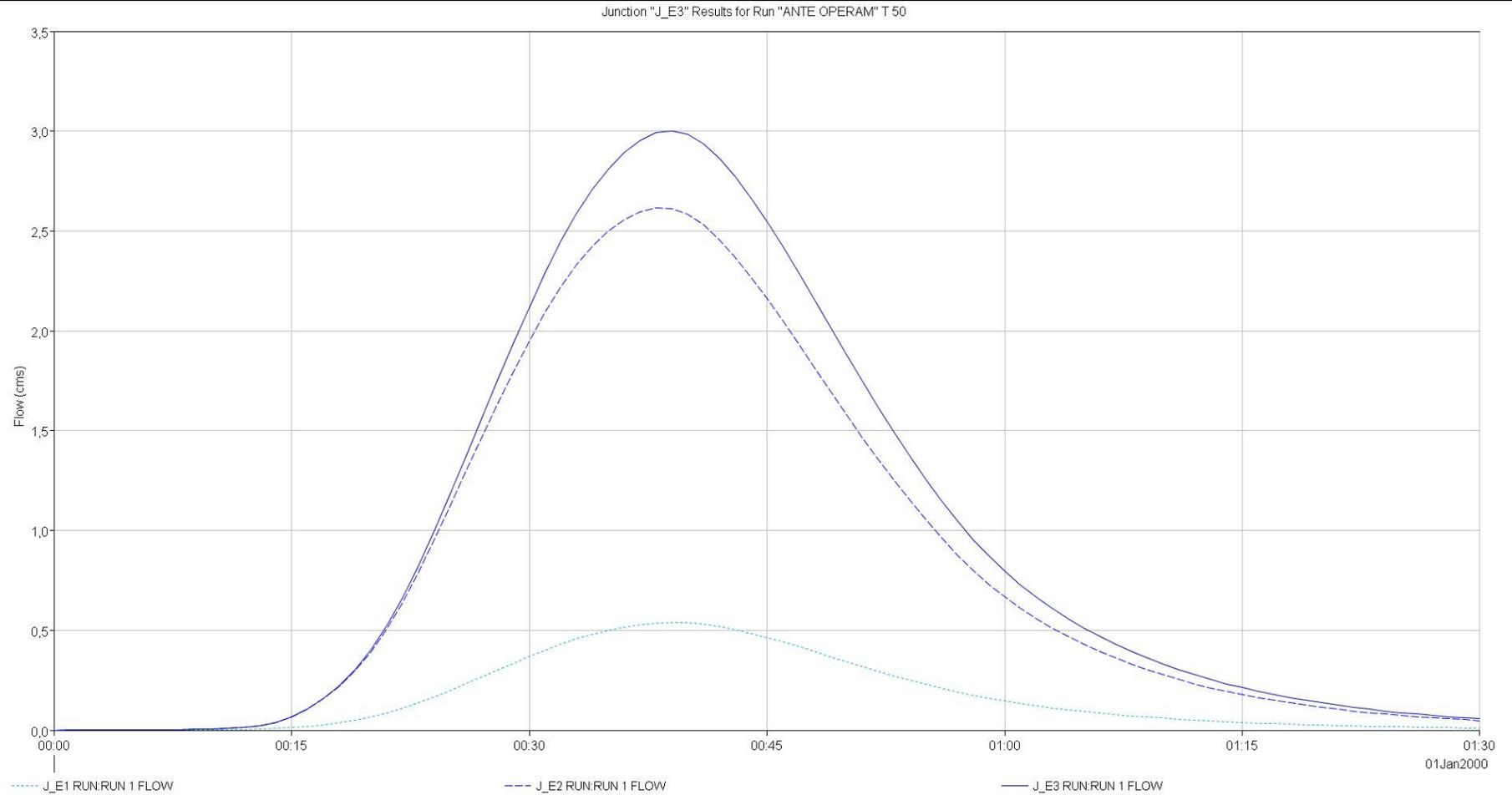


T [min]	a	n	h [mm]	I [mm/h]
0	37.796	0.37832	0	0
1	37.796	0.37832	0.376641	22.59843066
2	37.796	0.37832	0.775221	23.91484234
3	37.796	0.37832	1.199425	25.45224042
4	37.796	0.37832	1.654052	27.27762495
5	37.796	0.37832	2.145549	29.4897894
6	37.796	0.37832	2.682908	32.24153336
7	37.796	0.37832	3.279311	35.78419343
8	37.796	0.37832	3.955425	40.56682275
9	37.796	0.37832	4.746957	47.4919405
10	37.796	0.37832	5.725946	58.73935233
11	37.796	0.37832	7.088067	81.72723365
12	37.796	0.37832	11.35664	256.2680825
13	37.796	0.37832	17.20207	350.5157042
14	37.796	0.37832	18.95469	105.1572482
15	37.796	0.37832	20.21434	75.57907417
16	37.796	0.37832	21.2328	61.10719221
17	37.796	0.37832	22.10274	52.19674348
18	37.796	0.37832	22.87013	46.04300357
19	37.796	0.37832	23.56154	41.48471415
20	37.796	0.37832	24.19394	37.94408505
21	37.796	0.37832	24.7789	35.09772507
22	37.796	0.37832	25.32472	32.74902923
23	37.796	0.37832	25.83757	30.77088138
24	37.796	0.37832	26.32219	29.07707353
25	37.796	0.37832	26.7823	27.60686514
26	37.796	0.37832	27.2209	26.31610056
27	37.796	0.37832	27.64043	25.17183235
28	37.796	0.37832	28.04291	24.14892684
29	37.796	0.37832	28.43004	23.22784371
30	37.796	0.37832	28.80326	22.39313896

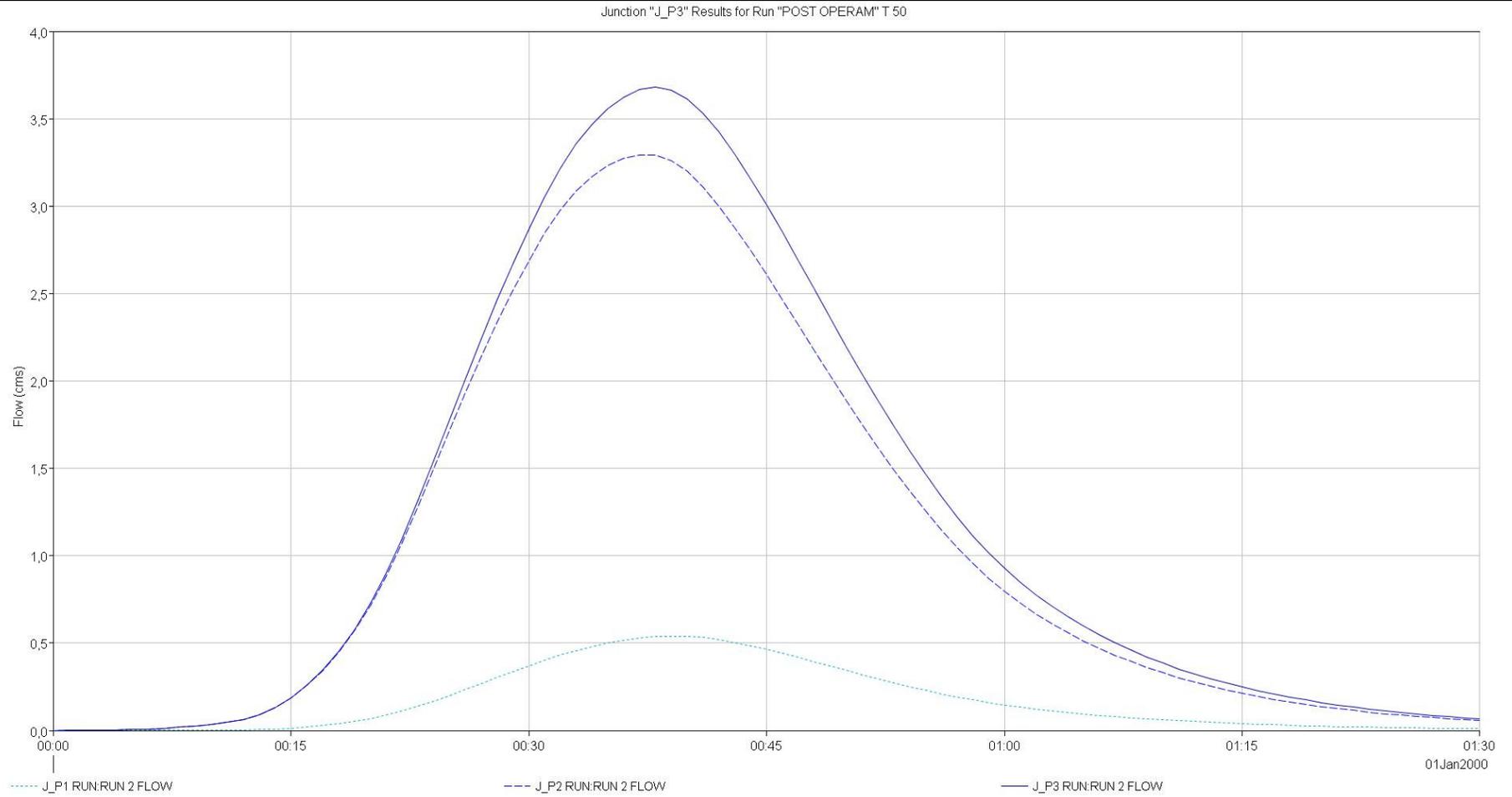


T [min]	a	n	h [mm]	I [mm/h]
0	46.403	0.43018	0	0
1	46.403	0.43018	0.506096	30.3657411
2	46.403	0.43018	1.039148	31.9831404
3	46.403	0.43018	1.603526	33.86267991
4	46.403	0.43018	2.204893	36.08204042
5	46.403	0.43018	2.850812	38.75512059
6	46.403	0.43018	3.551761	42.05696684
7	46.403	0.43018	4.322985	46.27341837
8	46.403	0.43018	5.188165	51.91081585
9	46.403	0.43018	6.187769	59.9762408
10	46.403	0.43018	7.402258	72.86931276
11	46.403	0.43018	9.045489	98.59387578
12	46.403	0.43018	13.58106	272.2978077
13	46.403	0.43018	19.54053	357.3533448
14	46.403	0.43018	21.61085	124.2196384
15	46.403	0.43018	23.141	91.80894459
16	46.403	0.43018	24.40042	75.56480444
17	46.403	0.43018	25.49047	65.40307621
18	46.403	0.43018	26.46214	58.3004497
19	46.403	0.43018	27.34528	52.98809049
20	46.403	0.43018	28.15908	48.82805373
21	46.403	0.43018	28.91675	45.46020711
22	46.403	0.43018	29.62781	42.66400746
23	46.403	0.43018	30.29941	40.29595249
24	46.403	0.43018	30.93705	38.2581712
25	46.403	0.43018	31.54507	36.48135501
26	46.403	0.43018	32.12699	34.91488698
27	46.403	0.43018	32.68567	33.5208385
28	46.403	0.43018	33.2235	32.27016297
29	46.403	0.43018	33.74251	31.14019593
30	46.403	0.43018	34.24439	30.11296336

Per la generazione dell'idrogramma di piena si è utilizzato l'approccio modellistico e il software Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) della U.S. Army Corps of Engineers, utilizzando la curva standard (PRF484) dell'idrogramma unitario del SCS, con lag time 18 minuti (valore ottenuto e adottato dal SCS nel 1972). Gli idrogrammi di piena ottenuti sono riportati di seguito per il nodo in cui confluiscono gli apporti dei tre sottobacini, corrispondente al canale in cls di cui si è ripetutamente accennato:



IDROGRAMMA DI PIENA ANTE OPERAM, $Q_{picco} = 3,0 \frac{m^3}{s}$



IDROGRAMMA DI PIENA POST OPERAM, $Q_{picco} = 3,68 \frac{m^3}{s}$

Le Linee Guida sul principio di invarianza, pubblicate dalla Regione Sardegna, indicano che una volta valutate le portate ed i volumi di progetto è necessario verificare che il recettore finale sia in grado di smaltire i 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 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, sulla base della tabella seguente:

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

$$Q_{amm} = k \cdot Q_{prog}$$

Alcuni dei fattori che possono determinare la scelta comunale di assegnazione ad una delle citate categorie sono la presenza di aree di pericolosità a valle del punto di immissione nel recettore, l'insufficienza della rete di drenaggio urbano esistente alla quale si deve collegare il nuovo intervento di trasformazione urbana nonché eventuali valutazioni autonome da parte dell'Amministrazione Comunale contenute in atti di pianificazione territoriale.

Il canale in calcestruzzo posto a valle della rotatoria di ingresso a Bacu Abis ha sezione quadrata, con lato di 100 cm, pendenza del 6%. Nel tratto finale attraversa la strada statale n. 126 con un tombino rettangolare, largo 200 cm e alto 80 cm, di pendenza circa 5%, per poi confluire su un'ampia cunetta al piede del percorso della ferrovia dismessa per S. Giovanni Suergiu. La verifica idraulica del canale e del tombino sulla strada sono ampiamente verificate per la portata di progetto ($Q_{prog} = 3,68 \text{ m}^3/\text{s}$), con tiranti idrici di rispettivamente di 60 cm e 35 cm, considerando per entrambi un coefficiente di scabrezza per tubi in servizio corrente con depositi e incrostazioni.



Fig. 6 – fotografia del canale in cls esistente in prossimità della rotatoria di ingresso a Bacu Abis.

Per quanto attiene le sistemazioni in progetto, nella fattispecie la rete di drenaggio interna alla lottizzazione, è stata determinata la portata di picco per tempo di ritorno pari a 20 anni, conformemente alle prescrizioni delle citate linee guida regionali, ed in funzione di questa dimensionata la rete, con tubazioni per fognature in PVC SN4 SDR41, il cui dettaglio è illustrato nell'allegato grafico n. 6.2. La rete interna indirizza le acque raccolte al

pozzetto e cavalcafosso esistenti all'ingresso della zona commerciale sulla S.S. n. 126.



Fig. 7-8 – fotografia (7, monte – 8 valle) del tubolare in cls esistente in prossimità dell'ingresso della zona commerciale sulla S.S. n. 126.

Il tombino circolare esistente ha diametro 1 metro e pendenza di 2,5%. La portata da smaltire, pari a 0,507 m³/s, defluisce nel tubolare con un tirante inferiore a 25 cm, calcolato con coefficiente di scabrezza per tubi in servizio corrente con depositi e incrostazioni. All'uscita di questo le acque sono convogliate in una cunetta trapezia di sezione notevolmente superiore a quella del tubolare e di pendenza analoga.

5. CONCLUSIONI

Alla luce di quanto esposto, la realizzazione delle opere in progetto porterà ad un aumento della quantità d'acqua effluente rispetto alla situazione attuale, con portata di picco che passa da $3,0 \text{ m}^3/\text{s}$ a $3,7 \text{ m}^3/\text{s}$.

La rete esistente è in grado di smaltire gli apporti delle nuove aree impermeabili, mantenendo i tiranti idrici entro limiti di sicurezza. Anche la rete di drenaggio interna della lottizzazione, è dimensionata per smaltire le portate di picco col presupposto di contenere l'area bagnata sempre entro il 50÷60 % della sezione geometrica.

Pertanto, gli interventi previsti non comporteranno un aggravio delle condizioni di deflusso idrico rispetto allo stato esistente nè un aumento dell'esistente livello di rischio idraulico.