

COMUNE DI ASSEMINI

Piano di lottizzazione

“La Cittadella Sud” e “La Cittadella Nord”

Località Truncu is Follas

Studio di Compatibilità Idraulica

Committente

Progettista

La Cittadella dell'anziano Onlus in liquidazione

Ing. Gianluigi Corongiu



INDICE

1. PREMESSA	3
1.1 Metodologia di studio e finalità	3
2. CONTESTO DI RIFERIMENTO	4
2.1 Inquadramento territoriale	4
2.2 Inquadramento geologico e morfologico del territorio	4
2.3 Inquadramento idrografico e idrogeologico	8
2.4 Caratterizzazione sismica	12
2.5 Considerazioni geotecniche	15
3. ANALISI STORICA	16
3.1 Climatologia	16
3.2 Dati anemometrici	17
3.3 Dati pluviometrici	17

3.4 Dati idrometrici	21
4. ANALISI IDROGEOLOGICA	23
4.1 Parametri morfometrici	23
4.2 Curve Number	24
4.3 Tempo di corrivazione	24
4.4 Determinazione della portata di piena	25
4.5 Determinazione delle portate di piena	32
5. ANALISI IDRAULICA	33
5.1 Schematizzazione geometrica	33
5.2 Condizioni al contorno	34
5.3 Coefficiente di scabrezza	34
5.4 Perimetrazioni della pericolosità idraulica al contorno	34

6. INVARIANZA IDRAULICA	36
6.1 Definizione della classe di intervento	36
6.2 Invarianza del punto di recapito	37
6.3 Invarianza delle quote altimetriche	37
6.4 Invarianza della capacità di dreno delle aree limitrofe	38
6.5 Calcolo idraulico	39
7. INDICAZIONI PROGETTUALI	49
8. VALUTAZIONE DEL PROGETTO AI FINI DEL PAI	49
9. VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DEL PROGETTO SULLA PERICOLOSITA' E SUL RISCHIO AI FINI DEL P.A.I. E CONCLUSIONI	51

1. PREMESSA

Il presente elaborato riporta lo studio di compatibilità idraulica sulla base delle indicazioni delle Norme Tecniche di Attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Autonoma della Sardegna relativo al Piano di lottizzazione “La Cittadella Sud” e “La Cittadella Nord” del Comune di Assemini, Località Truncu is Follas.

Tale studio è predisposto nell'ambito dello studio di compatibilità idraulica di cui all'articolo 24 suddette norme di attuazione così come previsto dall'Allegato E di suddette norme. La relazione dopo un inquadramento geo-morfologico, idro-geologico e geologico-tecnico del sito e del territorio di riferimento, analizza i dati storici relativi a pluviometria, idrometria ed eventi di piena. L'elaborato descrive i bacini idrografici analizzando i parametri che permettono di definirne per ciascuno i parametri morfometrici e le caratteristiche planimetriche. L'analisi segue con l'illustrazione delle metodologie utilizzate per l'individuazione delle portate di massima piena. Dopo una ipotesi di modellazione delle dinamiche di piena, viene determinata la portata di massima piena utilizzate nell'ambito dello studio del PSFF per la determinazione delle aree a pericolosità idraulica attraverso modellistica numerica. Per la determinazione delle portate di piena si fa riferimento al Piano Stralcio Fasce Fluviali (Regione Autonoma della Sardegna - Piano Stralcio delle Fasce Fluviali - Sub-Bacino 07 Flumendosa-Campidano-Cixerri ; Relazione monografica di bacino idrografico; Flumini Mannu; Rev. 02 Aprile 2013), che include l'area di interesse nell'ambito idrografico *Flumini Mannu (04)*, appartenente alla macro-area Flumendosa-Campidano-Cixerri costituito dall'insieme dei bacini idrografici che caratterizzano la parte sud-orientale della Regione Sardegna ed in prevalenza sfociano nel Golfo di Cagliari. Vengono analizzate anche le condizioni previste dallo Studio del territorio comunale di cui all'art. 8 comma 2. delle N.A. del PAI così come emendato da Deliberazione n.4 del 07.07.2015 del Comitato Istituzionale della Autorità di Bacino della Sardegna "Aggiornamento Studio compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del P.A.I. - Recepimento cartografico pericolosità idraulica del Piano Stralcio Fasce Fluviali (P.S.F.F.) nel Piano Urbanistico Comunale (P.U.C.) di Assemini”

1.1 Metodologia di studio e finalità

Per la valutazione della pericolosità idraulica dell'area di intervento si è proceduto all'analisi della bibliografia presente al fine di individuare le aree storicamente soggette a dissesto idrogeologico. In particolare, si sono considerati dati climatologici, pluviometrici ed idrometrici dell'area oggetto di studio. Per l'individuazione delle aree storicamente soggette a dissesto idrogeologico si è fatta una ricerca bibliografica di ulteriori informazioni finalizzate all'inquadramento storico e si sono considerati gli studi già presenti per l'area di progetto.

L'analisi storica è stata seguita da un'analisi dello stato attuale dei luoghi al fine di valutare se vi fossero evidenze geomorfologiche indicative di aree a pericolosità idrauliche superiori a quelle già

mappate al fine di valutare l'eventuale approfondimento degli studi idraulici nell'area di studio.

E' importante evidenziare che in riferimento al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Regione Sardegna (P.A.I.) l'area di interesse ricade all'interno del Sub bacino 7 "Flumendosa-Campidano-Cixerri" ed è stata oggetto di uno studio a scala comunale (Art. 8 comma 2 Norme di Attuazione del PAI) finalizzato all'adeguamento del PUC al PAI così come emendato da Deliberazione n.4 del 07.07.2015 del Comitato Istituzionale della Autorità di Bacino della Sardegna "Aggiornamento Studio compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del P.A.I. - Recepimento cartografico pericolosità idraulica del Piano Stralcio Fasce Fluviali (P.S.F.F.) nel Piano Urbanistico Comunale (P.U.C.) di Assemini". Le considerazioni di base sono state quindi effettuate a partire dal PSFF e dallo studio di cui all'Art.8 comma 2 succitato. Non si è rilevata la presenza di ulteriori aste fluviali meritevoli di analisi. Infine, si è proceduto alla valutazione dell'invarianza idraulica secondo le recenti linee guida proposte per la valutazione dell'invarianza idraulica ai sensi dell'art. 47 delle N.T.A. del P.A.I di cui alla Deliberazione del C.I. n. 2 del 17.05.2017.

2. CONTESTO DI RIFERIMENTO

2.1 Inquadramento territoriale

L'area interessata dallo studio ricade all'interno del territorio Comunale di Assemini, nella località Truncu Is Follas, raggiungibile percorrendo la SS130 con svolta a destra nello svincolo lungo la strada San Giorgio, e successivamente svolta a sinistra sulla via Truncu Is Follas in direzione della Via dei Pini. Morfologicamente trattasi di un'area, con una quota altimetrica di circa 18.0m s.l.m.m, pianeggiante alluvionale terrazzata [bna → depositi alluvionali terrazzati ghiaiosi con subordinate sabbie (Olocene) e livelli limosi argillosi sabbiosi].

2.2 Inquadramento geologico e morfologico del territorio

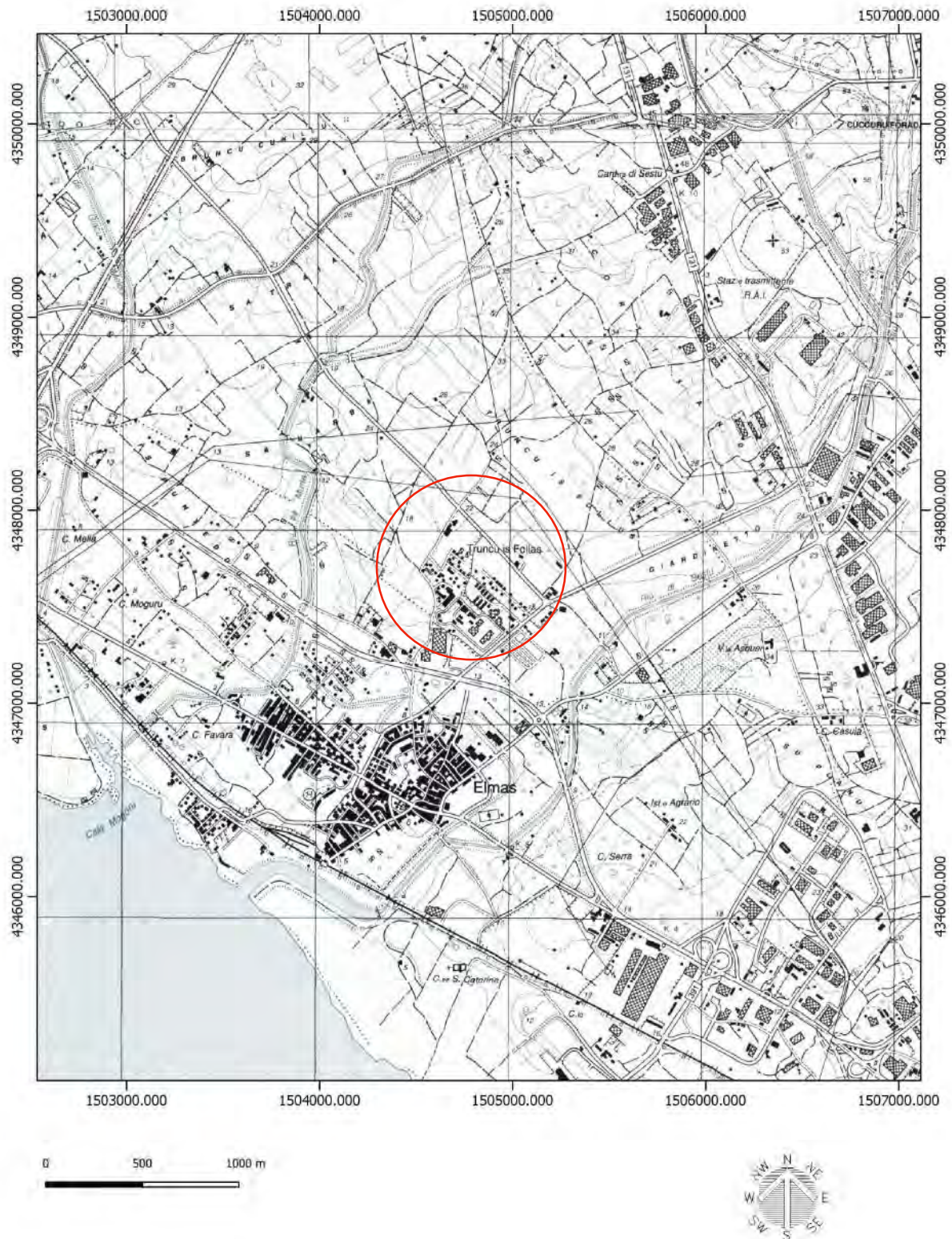
Corograficamente è inquadrabile nei seguenti Fogli Regionali:

- Foglio **I.G.M.** N. 557 – sez III quadrante denominato Cagliari;
- Foglio **C.T.R.** N. 557-090 denominato Elmas della Carta Tecnica della Sardegna in scala

1:10.000.

L'area in esame è individuabile all'interno del cerchio rosso riportato nella cartografia qui riportata.

INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO REGIONALE
SU BASE IGM FOGLIO 557 SEZ. III° QUADRANTE [CAGLIARI]
SCALA 1:25.000



L'area in esame ricade all'estremità meridionale della piana del Campidano, a NW della città di Cagliari. Il Campidano rappresenta la parte più depressa della fossa tettonica Campidanese, colmata nella sua parte superficiale dai depositi marini trasgressivi del Terziario e dai successivi discordanti episodi alluvionali del Quaternario. Il Graben Campidanese, di età Plio-Pleistocenica, si è sovrapposto nel settore meridionale del "Rift Sardo", la cui età risale invece all'Oligo-Miocene (Vardabasso, 1963). L'origine del Rift Sardo, intimamente legata alla più generale evoluzione geodinamica del Mediterraneo Centro-Occidentale (Cherchi e Montardet, 1982), è conseguenza del distacco del blocco Sardo-Corso dal margine provenzale dell'Europa e della sua rotazione antioraria, attraverso la quale la Sardegna ha raggiunto, nel Burdigaliano Medio, l'attuale posizione d'isolamento nel Mediterraneo (Letouzey, 1982; Cherchi e Tremolieres, 1984). Il substrato dell'area è costituito da terreni, che hanno avuto origine dalla trasgressione marina, che ha colmato il Rift Sardo Oligo-Miocenico (Vardabasso, 1963). L'ingressione marina nella Sardegna meridionale, associata inizialmente a manifestazioni vulcaniche a carattere calco-alcalino (Coulon et al., 1974), si è attuata su di un substrato tettonizzato, costituito da sedimenti continentali paleogenici (Formazione del Cixerri, Pecorini & Pomesano Cherchi, 1969); ancora oggi, nel bordo orientale del Campidano è ben osservabile la linea di costa lungo la quale la serie miocenica è prevalentemente conglomeratico - paleogenica (Maxia et al., 1970). Dal Miocene medio, la sedimentazione marina è continuata, in condizioni di stasi vulcanica, fino al Messiniano evaporitico, in un bacino debolmente subsidente.

I depositi marini miocenici di questo settore, in facies calcareo-marnosa e poi, prevalente, marnosa arenacea, costituiscono una serie continua di terreni dal piano Aquitaniano al Tortoniano, che caratterizzano il substrato dell'area urbana di Cagliari, (G. Barrocu, T. Crespellani, A. Loi, 1981- Caratteristiche geologico-tecnico del sottosuolo dell'area di Cagliari). La giacitura delle varie formazioni della serie è in genere orizzontale o sub-orizzontale. Importanti fasi erosive hanno agito durante i periodi di continentalità, la cui dinamica è riconoscibile attraverso paleo-superfici e successioni stratigrafiche, quanto nelle morfologie residue attuali. La trasgressione Oligo-Miocenica è stata preceduta da una fase tettonica distensiva post-ercinica e dalle prime manifestazioni calcoalcaline (Coulon et al. 1974; Savelli, 1975). La trasgressione ha avuto inizio nell'oligocene superiore e si è attuata su di un substrato tettonizzato, costituito da sedimenti continentali paleogenici (Formazione del Cixerri, Pecorini & Pomesano Cherchi, 1969) e localmente da terreni paleozoici. Nella Sardegna meridionale, a partire dal miocene medio, la sedimentazione marina si è attuata, in condizioni di stasi vulcanica, fino al Messiniano evaporitico, in un bacino debolmente subsidente, che interessava tutta la fascia mediana dell'isola.

Il settore comprende un tratto del Campidano meridionale, conformato da ampi terrazzi (prossimità C. Mogoru, Carmine) e faglie dirette "certe" (prossimità di Elmas), modellati da terreni le cui età vanno dal miocene - pliocene fino al quaternario antico e recente. Le coltri alluvionali quaternarie poggiano su una formazione continentale detritica d'ambiente da torrentizio a lacustre,

che a colmato la depressione Campidanese a partire dal Pliocene; a sua volta poggia su di un substrato sedimentario terziario.

L'area di sedime è stata interessata da deposizioni di materiale ghiaioso in matrice limoso-argillosa da molto addensato a cementato al di sopra di un substrato sabbioso passante a marnoso arenaceo miocenico in profondità. Inoltre sono presenti, a settori, bancate da limose argillose grigiastre (Olocene) ad argillose, di piccolo spessore.

Depositi continentali del Quaternario (Olocene): gli affioramenti più estesi nell'area di sedime, sono costituiti da depositi di facies fluvio-lacustre e depositi antropici attuali, passanti localmente (poco più a nord-ovest) a depositi alluvionali del periodo olocenico. Si tratta essenzialmente di:

- *Depositi alluvionali terrazzati (b_{na})*: si tratta di depositi alluvionali grossolani con limitati livelli e lenti di sabbie e ghiaie fini, in forma di terrazzi, posti ai lati dei letti attuali o dei tratti di alveo regimati, non interessati dalle dinamiche in atto. Tuttavia alcuni tratti di quest'unità possono essere interessate da dinamiche alluvionali durante eventi idrometrici eccezionali. Le pianure alluvionali del passato erano molto più estese di quelle attuali a indicare la presenza, anche con tempi di ritorno molto lunghi, di eventi idrometeorici di estrema importanza che riattivavano settori molto ampi della pianura.
- *Depositi alluvionali recenti ($b_{a/b}$)*: si tratta di livelli di ghiaie da medie a grossolane con lenti e sottili livelli di sabbie e/o di depositi sabbiosi posti lungo le aree interessate dalle dinamiche alluvionali attuali;
- *Coltri eluvio-colluviali (b_2)*: si tratta di depositi in cui sono presenti percentuali di materiali fini (sabbia, silt), più o meno pedogenizzati ed arricchiti della frazione organica, frammisti a sedimenti più grossolani. Sono il risultato dell'erosione olocenica dei terreni affioranti unitamente all'alterazione fisica del substrato in posto. Localmente al loro interno sono stati osservati suoli ad accumulo di carbonato di calcio in noduli, croste e lenti più o meno induriti.

Il Flumini Mannu si estende nel tratto tra Assemini e lo Stagno di Santa Gilla con uno sviluppo di circa 5 km. Il PSFF illustra come dal punto di vista geomorfologico, tutto il corso d'acqua presenti un tipo di alveo monocursale ad andamento rettilineo orientato N-S e si sviluppa interamente in pianura.

L'asta è arginata sia in destra che in sinistra per tutta la sua lunghezza, mantenendo una larghezza stabile e uniforme della sezione di deflusso, con un profilo di fondo a bassa pendenza. La realizzazione delle arginature ha stabilizzato il tracciato planimetrico dell'alveo; al di fuori di esse

il rilievo si individuano numerose evidenze delle piene storiche su entrambe le sponde, come pure le divagazioni storiche sono testimoniate dalle numerose tracce di modellamento fluviale ancora visibili. Il confronto tra la situazione attuale dell'alveo e quella riportata sulla cartografia I.G.M. risalente agli anni '40 dello scorso secolo, non evidenzia variazioni significative del tracciato dell'alveo.



Figura 3: Reticolo idrografico del bacino idrografico del Flumini Mannu

2.3 Inquadramento idrografico e idrogeologico

In riferimento al rischio idrogeologico la Regione Sardegna ha elaborato dei piani cui bisogna rapportarsi per qualsiasi opera o intervento da realizzarsi.

- Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), elaborato dalla Regione Sardegna ai sensi della L. 18.05.1989 n. 183 e dalla L. 03.08.1998 n. 267, approvato con D.P.G.R. n. 67 del 10.07.2006 e aggiornato con D.P.G.R. 148 del 26.10.2012, è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo, alla prevenzione del rischio idrogeologico, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato.
- Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.) approvato definitivamente dal Comitato istituzionale con Delibera n.2 del 17.12.2015, è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo, mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti le fasce fluviali; costituisce un approfondimento ed una integrazione del Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

- *Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvione (PGRA).*

Sulla base di quanto disposto dalla normativa P.A.I per il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Sardegna "Allegato E/F" (criteri per la predisposizione degli studi di compatibilità idraulica e geologica-geotecnica di cui agli articoli 24/25 delle norme di attuazione del PAI Titolo III cap. I), si è proceduto a verificare se nell'area è presente questo tipo di vincolo. Dall'osservazione diretta della perimetrazione Regionale delle aree a pericolosità idraulica (Hi) e pericolosità geomorfologia (Hg) da frana, il cui bacino di riferimento è l'U.I.O. del Flumini Mannu, si evince che il nostro sito interessato dagli interventi di *Piano Attuativo La Cittadella Nord e La Cittadella Sud*, si trova all'esterno della perimetrazione da frana Hg (Art. 8 – Rev. 42) e idraulica Hi (Art. 8 - Rev. 59) dettata dalla presenza dei corsi d'acqua Rio Sestu e Rio Murta, secondo quanto disposto dagli artt. 23-24-25 delle norme di Attuazione del P.A.I.

L'area studiata trovandosi all'esterno dell'area urbana di Sestu lungo la ex SS131 al Km 8.50 direzione Monastir, è interessata superficialmente dalla presenza di terreni essenzialmente quaternari alluvionali terrazzati sovrastanti, a seconda dell'assetto litostratigrafico deposizionale, il miocene marino costituito in prevalenza da litotipi sabbiosi arenacei, marnosi e/o marnosi arenacei. Le alluvioni superficiali possono avere spessori variabili da zona a zona tra 5.0m - 15.0metri e oltre, e vengono rappresentate essenzialmente da materiali sabbiosi ghiaiosi in matrice fine coesiva.

L'unità idrogeologica principale nel settore di studio è caratterizzata dall'Acquifero Detritico-Alluvionale Plio-Quaternario del Campidano: si tratta di terreni alluvionali conglomeratici, sabbiosi, argillosi con permeabilità da medio-alta per porosità nei livelli a matrice più grossolana, a medio-bassa in corrispondenza delle coltri alluvionali antiche ben costipate o cementate. Oltre ai due fiumi principali (Flumini Mannu e Rio Cixerri per estensione del bacino), riveste un'importanza non trascurabile il Rio di Sestu e Rio Murta, di cui il primo drena le acque della parte meridionale delle colline del Parteolla e, dopo aver attraversato l'area pianeggiante tra Sestu ed Elmas, termina il suo corso nello Stagno di Santa Gilla.

Gli apporti detritici alluvionali nel territorio in esame provengono principalmente dal Flumini Mannu e dal Rio Cixerri, entrambe caratterizzati da estesi bacini idrografici. Il primo attraversa e raccoglie le acque del Campidano e va a sfociare nella laguna di S. Gilla, così come il Rio Cixerri che scorrendo in direzione ovest-est drena le acque dell'omonima valle. I corsi d'acqua sono caratterizzati da un regime torrentizio con portate generalmente limitate o nulle (piccoli corsi d'acqua) e piene violente e improvvise in occasione di precipitazioni intense che accadono con una frequenza abbastanza ravvicinata.

Il territorio ricade all'interno del bacino idrografico del Flumini Mannu appartenente all'Unità Idrografica Omogenea (U.I.O.) del Flumini Mannu di Cagliari-Cixerri. Il complesso acquifero che caratterizza il territorio, nell'ambito della U.I.O. di appartenenza, è rappresentato dall' *Unità idrogeologica delle alluvioni Plio-Quaternarie*: comprende depositi alluvionali, conglomeratici, arenacei, argillosi, depositi palustri, depositi antropici a permeabilità per porosità complessivamente medio-bassa nelle coltri ben costipate, localmente medio-alta nei livelli a matrice più grossolana. Nella pianura del Campidano prevalgono terreni alluvionali antichi (plio-

pleistocenici) e recenti (olocenici), e subordinatamente crostoni calcarei (Pala A., Pecorini G., Porcu A., 1977- Struttura idrogeologica della soglia di Siliqua), dove sono presenti falde idriche più o meno profonde.

La falda freatica riveste particolare importanza nelle alluvioni sabbioso-ciottolose più recenti delle zone di pianura, percorse dai corsi d'acqua principali, tra cui il Flumini Mannu e Cixerri, e subordinatamente Rio Sestu.

Il complesso acquifero della zona è costituito da una successione di livelli sabbioso-ghiaiosi con intercalati strati limoso-argillosi scarsamente permeabili, che localmente danno origine a variazioni di permeabilità e livelli piezometrici differenti; per questo motivo si parla di falda multistrato.

L'alternanza di sedimenti a differente composizione granulometrica, grado d'addensamento e consistenza, tipica dei sedimenti alluvionali, determina, localmente, variazioni di permeabilità. La permeabilità è una proprietà caratteristica delle terre/rocce ed esprime l'attitudine delle stesse a lasciarsi attraversare dall'acqua. Essa quindi si manifesta con la capacità di assorbire le acque piovane e di far defluire le acque sotterranee. Poiché il terreno non è un corpo omogeneo, all'interno dello stesso variano sia le caratteristiche chimico-fisiche sia le proprietà idrogeologiche. Vista la possibile disomogeneità sedimentologica, la permeabilità non è rappresentata da un unico valore del coefficiente "K" (in m/s) ma da un intervallo di questo. I depositi alluvionali olocenici, recenti e attuali, incoerenti e poco costipati rispetto le alluvioni antiche (da cui spesso derivano per rimaneggiamento), sono complessivamente permeabili per porosità, ma con valori suscettibili di variazioni dovute al contenuto di matrice (da sabbiosa ad argillosa) e del grado di compattazione del deposito.

Nell'area in oggetto di piano attuativo, vista la mappatura (PSFF, PAI) attualmente vigente, non sussistono aree soggette **a pericolosità idraulica**, come anche evidenziato dalla figura successiva che raffigura l'area in esame al di fuori delle aree interessate dalle norme di riferimento



2.4 Caratterizzazione sismica

Nella determinazione dell'azione sismica di progetto, in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, è stata definita la “pericolosità sismica di base” del sito, che rappresenta l'azione di filtro e di amplificazione nonché l'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico – relativo a una formazione rocciosa di base substrato o bedrock – subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie (deposito di copertura). In relazione all'andamento morfologico del sito, la categoria topografica, sulla base TABELLA 3.2.IV delle N.T.C., si può assumere “T1”, corrispondente o assimilabile a *superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$* .

L'Appendice A delle N.T.C 08, prevede, specificatamente, che le valutazioni relative alla definizione della “pericolosità sismica di base” debbano derivare da studi condotti a livello nazionale, su dati aggiornati, con procedure trasparenti e metodologie validate. La pericolosità sismica in un generico sito deve essere descritta in modo tale da renderla compatibile con le NTC 2008, dotandola di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali; tali condizioni possono ritenersi soddisfatte in quanto i risultati dello studio di pericolosità sono forniti:

- In termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri (F_0 , T_c^* etc.) che permettono di definire gli spettri di risposta, ai sensi delle NTC 08, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale (categ. A), in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (la rete nazionale è definita da nodi che non distano più di 10 km);
- Per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o per diversi periodi di ritorno TR ricadenti in un intervallo di riferimento (variabile tra 30 e 2475 anni).

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, con le modalità precisate dalle NTC 08, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni stratigrafiche locali del sottosuolo, effettivamente presenti nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie; tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale (RSL). Quindi, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi (vedi cap. 3.2.2 NTC08); in assenza di tali analisi, si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III), attraverso la misura delle V_{s30} o di altri parametri geotecnici;

questo approccio, introdotto dall'OPCM n. 3274/03, allo stato, appare quasi sempre utilizzato nella comune pratica professionale.

L'area in esame è classificata come zona sismica 4, in riferimento al D.M. 14/01/2008:

- Zona 4: È la meno pericolosa. Nei 3.488 Comuni o porzioni di essi per i quali $[ag/g] < 0,05g$ le possibilità di danni sismici sono basse.

L'Ordinanza che regola la normativa sismica in vigore, con l'attribuzione alle diverse località del territorio nazionale, attribuisce un valore di scuotimento sismico di riferimento, espresso in termini di incremento dell'accelerazione al suolo. L'ordinanza propone l'adozione di un sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo, Per identificare la categoria di sottosuolo (§ 3.2.2. NTC 2018) finalizzata alla definizione dell'azione sismica di progetto, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s . I valori di $V_{s,eq}$ possono essere ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

Per velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati nei primi metri di profondità dal piano di posa della fondazione, dove per le fondazioni superficiali è riferita al piano di posa delle stesse. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H = 30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Nota: indagini sismiche pregresse (Geotest srl – 2020) hanno evidenziato per questa porzione di territorio un suolo C.

Secondo lo schema presente nell'Ordinanza (NTC 2018) si tratta di un suolo appartenente alla Classe C.

Che identifica la Classe C come “Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m,

caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.”.

Si ricorda, che quando si calcolano i dati sismici locali è fondamentale considerare la Vita nominale V_N di un'opera, convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali.

Nelle NTC 2018 i valori minimi di V_N per costruzioni standard è 50.

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto V_N per il coefficiente d'uso C_U .

Nelle NTC 2018 scompare la limitazione di 35 anni come periodo minimo di riferimento per la valutazione dell'azione sismica. Questo comporta valutazioni differenti del periodo di ritorno T_R per le Costruzioni temporanee e provvisorie. Rimangono inalterati i valori del coefficiente d'uso C_U , definito al variare della classe d'uso, con un valore di 1,0 per la classe d'uso II “Normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziale. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente”.

Nota: nelle NTC 2018 viene eliminata la possibilità di usare il Metodo delle Tensioni Ammissibili per le strutture ricadenti in Zona sismica 4.

Dati sismici sul sito (spettri di risposta)

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento, a partire dai tre parametri validi:

a_g = accelerazione massima del terreno [$g/10$];

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_C = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

Dati sull'area SENSIBILE – Truncu Is Follas:

X = 1504645.2155 longitudine **E**

Y = 4347765.8639 latitudine **N**

Dati sulla costruzione:

Classe d'uso: 2 (normali affollamenti)

Vita Nominale: 50 anni

Coefficiente d'uso: 1.000000

Vita di riferimento: 50.000000 anni

S.L.E (NTC 2018)

Dati sulla costruzione (**SLO**) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.810000
(SLO) Periodo di ritorno: 30.11 (anni): Valori finali calcolati: $a_g = 0.0127$ g, $F_o = 2.5776$, $T_c^* = 0.1400$ sec.

Dati sulla costruzione (**SLD**) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.630000
(SLD) Periodo di ritorno: 50.29 (anni): Valori finali calcolati: $a_g = 0.0171$ g, $F_o = 2.5500$, $T_c^* = 0.1500$ sec

Dati sulla costruzione (**SLV**) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.100000
(SLV) Periodo di ritorno: 474.56 (anni): Valori finali calcolati: $a_g = 0.0439$ g, $F_o = 2.5026$, $T_c^* = 0.3100$ sec.

Dati sulla costruzione (**SLC**) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.050000
(SLC) Periodo di ritorno: 974.79 (anni): Valori finali calcolati: $a_g = 0.0555$ g, $F_o = 2.5550$, $T_c^* = 0.3400$ sec.

2.5 Considerazioni geotecniche e relative alle falde

Nell'ambito del progetto di "Piano Attuativo La Cittadella Nord - La Cittadella Sud" in località Truncu Is Follas – Assemini (Ca) ” nel mese di Settembre 2020 è stato condotto uno studio di verifica geognostica avente lo scopo di caratterizzare l'area da un punto di vista geo-litologico e geotecnico. Sulla base delle evidenze emerse nella parte geologica, si può affermare che l'area è impostata principalmente su litologie continentali quaternarie, alluvionali terrazzate Oloceniche costituite da ghiaie sabbiose in matrice fine limosa argillosa, con presenza clastica.

Sulla base delle condizioni topografiche e litostratigrafiche e della relativa vicinanza con il rio Sestu e Rio Murta nell'area sensibile in esame, la falda freatica superficiale sulla base di esperienze pregresse, e dalla disamine del Portale ISPRA 464/96 (Geological Survey of Italy Portal) si colloca ad una profondità (ricerca idrica a circa 200m dal lotto) media a partire da circa - 15.0m dal p.c. con punte statiche di circa 10.0m/12.0m, anche meno, in direzione della zona Grogastu.

3. ANALISI STORICA

Per l'individuazione delle aree pericolose e a rischio idraulico si è proceduto all'analisi della bibliografia presente al fine di individuare le aree storicamente soggette a dissesto idrogeologico. In particolare, si sono considerati dati climatologici, pluviometrici ed idrometrici dell'area oggetto di studio. Per l'individuazione delle aree storicamente soggette a dissesto idrogeologico si è fatto riferimento al Progetto Aree Vulnerate Italiane (AVI), all'inventario dei fenomeni franosi in Italia (Progetto IFFI) e si è inoltre fatta una ricerca bibliografica di ulteriori informazioni finalizzate all'inquadramento storico.

3.1 Climatologia

Per la descrizione delle caratteristiche climatiche dell'area sono stati utilizzati i dati termometrici e anemometrici registrati nella vicina stazione di Decimomannu, posta ad una distanza inferiore ai cinque km ed alla medesima quota.

Per quanto riguarda le temperature sono riportati i valori delle rilevazioni effettuate giornalmente dal 1969 al 1992 e riassunti nella tabella seguente. L'intervallo temporale considerato non è pari o superiore ai 30 anni consecutivi, come raccomandato dalla organizzazione meteorologica mondiale tuttavia, con i suoi 23 anni si può ritenere rappresentativo delle condizioni medie della località.

Stazione	Q u o t a M e t r i	Periodo di Osserva zione	A n n i	Temperature medie mensili °C												A n n o ° C
				G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	
Decimomannu	21	1969 - 1992	23	9 . 8	1 0 . 5	1 2 . 1	1 4 . 0	1 7 . 8	2 2 . 0	2 5 . 1	2 5 . 5	2 2 . 5	1 8 . 5	1 3 . 8	1 0 . 8	1 6 . 9

La temperatura media annua è di 16,9 °C, in linea con i valori medi della maggior parte delle località di pianura del Campidano meridionale. Tra le caratteristiche degne di nota vi è la prolungata stagione “calda” che, non di rado, permette alle temperature medie di superare la soglia dei 20°C per quasi cinque mesi, dalla metà del mese di maggio alla metà del mese di ottobre. Nei mesi di giugno, luglio ed agosto le temperature massime possono raggiungere (e superare) i 40°C, talvolta per diversi giorni consecutivi. Nel complesso appare evidente per la località in esame il prolungamento delle condizioni “tardo-estive” anche nella prima parte della stagione autunnale.

Per contro, i valori minimi invernali si attestano intorno agli 0°C, e sono più frequenti in gennaio e febbraio quando la Sardegna è maggiormente esposta alle irruzioni di aria fredda di origine polare. Da segnalare che anche nel caso di Assemini la sensazione di caldo o di freddo percepibile nei due periodi prima descritti è spesso influenzata dalla umidità dell'aria, che si mantiene generalmente elevata, conseguenza della posizione prossima alla costa, agli stagni di Cagliari ed Elmas, e, soprattutto nelle ore notturne, permette spesso il raggiungimento del punto di rugiada.

L'escursione termica tra la notte e il giorno è generalmente compresa entro 10 - 12°C con punte massime intorno ai 15 - 17 °C nelle situazioni di cielo sereno (alta pressione) e forte irraggiamento notturno.

3.2 Dati anemometrici

Come si ricava dalle osservazioni della vicina stazione di Decimomannu, il regime dei venti mostra una netta prevalenza delle correnti provenienti da W (ponente), NW (maestrale) e da SE (scirocco). Il primato di queste direzioni di provenienza è dovuto sia alla interazione tra l'area considerata e la circolazione atmosferica sul Mediterraneo sia al regime delle brezze che risulta ancora attivo in questo settore del Campidano.

Come è noto le fasi tipiche del passaggio sulla Sardegna di una perturbazione proveniente da ovest comportano un iniziale afflusso dai quadranti meridionali, fronte caldo, seguito da una rotazione a ovest nord ovest in seguito al sopraggiungere del fronte freddo. Questa evoluzione, sebbene valida in generale, può mostrare differenze a livello locale in conseguenza della posizione della stazione e/o della morfologia della costa. I venti del primo quadrante, che soffiano dall'interno verso il mare, sono piuttosto rari e tendono a manifestarsi quasi esclusivamente in inverno.

L'intensità massima è raggiunta dal maestrale che, prevalentemente in inverno e primavera, può superare i 100 km orari con punte di 130 km/h.

3.3 Dati pluviometri

Nelle tabelle successive si riportano i dati pluviometrici della vicina stazione pluviometrica di Decimomannu e della stazione "Decimomannu Vivaio". I dati delle due stazioni riportano le altezze di pioggia espresse in mm mensili e annuali rispettivamente nei periodi 1922-1986 e 1969-2010.

Le piogge sono normalmente di intensità debole-moderata tuttavia nel periodo autunnale e, secondariamente, in quello primaverile possono verificarsi manifestazioni temporalesche, con precipitazioni particolarmente intense conseguenti alla formazione di imponenti cumulonembi la cui origine è da ricercare nella interazione tra i fronti, il mare, i non lontani rilievi del Sulcis e, nei casi più importanti, con i concomitanti minimi di geopotenziale ai livelli superiori della troposfera.

Come si può notare la piovosità mensile indica un regime di tipo AIPE (autunno – inverno – primavera – estate) con i valori medi più elevati, 50 mm e oltre, nei mesi di Novembre e Dicembre. Valori medi intorno ai 10 mm si registrano in Giugno e agosto, mentre in Luglio difficilmente si superano i 5 mm e non sono rari gli anni in cui, in questo mese, non si verifica alcuna precipitazione.

An no	ge n	fe b	mar	ap r	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	M ed ia A nn o
1 9 2 2	5 4. 9	2 3. 6	7 4. 1	2 3	5. 2	0	0	0	3 7. 2	6 5. 7	0	0	28 3. 7
1 9 2 3	5 8. 4	6 7. 2	2 6. 2	5 7. 2	6. 2	1 4. 7	0	0	3 1. 2	7. 2	6 4. 2	5 1. 7	38 4. 2
1 9 2 4	3 9. 2	7 0. 5	8 8	5. 7	7. 7	8. 5	0	0	0	3 3. 5	1 6. 5	9 7. 3	36 6. 9
1 9 2 5	6	5 9. 1	4 4. 6	4 9. 5	4 1. 3	1 0	1 3	0	5 1	8 2. 3	1 1 8. 5	1 2. 5	48 7. 8

1 9 2 6	1 9. 5	5 5. 5	1 1. 3	5 2	7 9	7. 5	0	3 8	1 5. 1	1 0	1 3 7	3 6	46 0. 9
1 9 2 7	9 0	1 0	4 1	8. 1	1 9	1 5. 5	0	0	8	4 6	6 8. 1	9 2. 5	39 8. 2
1 9 2 8	9 4	1 8. 5	1 1 0	1 5	2 0. 5	0	0	0	1 0 1	1 2 8	1 0 5	8 7	67 9. 0
1 9 2 9	1 6 7	4 3	6	3 6	3 2	5	0	2 6	4 3	1 2 4	8 3. 5	8 0	64 5. 5
1 9 3 0	2 6 0	1 4 9	9 5	1 3 8	4 7	1 3	1 3	5	2 3	5 4	1 7	1 3 3	94 7. 0
1 9 3 1	2 9	7 3	4 3	1 6	2 1	0	0	0	7. 5	2 7	9 8	1 4 0	45 4. 5
1 9 3 2	7	1 0 9. 1	3 0. 3	2 3	0	4 0	0	1 7	7	7 1	7 2	4 3. 7	42 0. 1

1 9 3 3	3 8	6 4. 6	1 7. 4	1 2	2	7	0	3 6. 8	2 8. 3	1 9	3 0 6. 4	8 7. 1	61 8. 6
1 9 3 4	6 4. 9	4 3. 5	9 5. 5	8 7. 1	4 0. 5	1 1. 5	1	1 0	5 0. 1	2 2. 5	6 7. 3	1 0 6. 3	60 0. 2
1 9 3 5	9 3. 3	2 8. 7	7 7. 5	4 7	8 7. 3	3	3 3. 5	0. 8	7 8	5 5. 3	8 5	7 1. 3	66 0. 7
1 9 3 6	5 2	4 6. 5	1 0 1	9 0. 6	6 5. 3	4 6. 5	0	1 2	1 5	1 2 1. 4	3 8. 3	3 8. 8	62 7. 4
1 9 3 7	2 1. 5	5 8	1 5 0	2 5. 5	2 0	9. 5	0	1 2	2 3. 5	6 6. 5	4 3. 5	9 4. 8	52 4. 8
1 9 3 8	3 5	2 1. 8	1 7. 5	4 3. 5	4 0	0	0	1 0. 5	4 1	3 8	5 5	5 8	36 0. 3
1 9 3 9	7 5	2 7	5 3. 5	4 0	8 9. 6	1 8	0	8 1. 5	9 0. 7	5 4	2 6. 5	8 3	63 8. 8

1 9 4 0	1 3 2	1 3	1 8	2 8. 5	8 5	3 4	0	0	0	1 7 0	1 2	3 7. 5	53 0. 0
1 9 4 1	8 9	8 1	2 3. 5	9 1. 5	4 6. 5	1	0	0	0	4 8. 6	9 1. 5	4 0	51 2. 6
1 9 4 9	9 9. 5	3 2. 2	4 6. 6	1 6. 5	7 9. 1	6. 7	1 4. 1	0. 5	0	7 7. 8	6 9	4 4. 6	48 6. 6
1 9 5 0	2 4. 8	3 1. 1	3 4. 6	6 2. 4	2 8. 9	2 0. 5	0	0	4 3. 7	3 8. 4	2 3. 7	8 1. 4	38 9. 5
1 9 5 1	4 2. 2	2 1. 2	5 1. 2	8. 4	4 2. 2	5. 8	0. 4	1 2	2 0. 5	2 4 1. 7	2 3. 3	3 3. 3	50 2. 2
1 9 5 2	4 2	5. 2	1 0. 1	2 8. 8	2 2	0	5	3. 8	4 5. 5	2 7. 7	3 5. 3	6 3. 1	28 8. 5
1 9 5 3	4 1. 9	5 3. 7	2 3 3. 9	1 8	1 0 0. 2	6 3. 2	0	1 0. 1	3. 6	3 9. 5	3 1. 7	1 1	60 6. 8

1 9 5 4	5 7. 6	4 2	7 7. 7	2 9. 8	2 3. 5	2. 3	1. 3	1 0. 2	1 0. 2	2	4 3. 9	2 5. 6	32 6. 1
1 9 5 5	7 7. 2	7 2. 6	9 9. 4	1 4. 5	2. 6	3. 9	0. 7	1 1. 4	6 0. 7	1 2. 4	2 6. 7	3 4. 5	41 6. 6
1 9 5 6	1 1. 7	9 4. 8	9 0. 7	5 5. 4	1 8. 2	0. 5	0	0	4 2. 5	3 6. 4	1 4 2. 5	2 2. 4	51 5. 1
1 9 5 7	1 1 2. 2	1	9	3 6. 6	5 2. 8	1 3. 2	0. 2	3. 9	1 1. 7	1 4 4	8 1	1 2 3. 9	58 9. 5
1 9 5 8	2 1. 4	1 4	3 2. 7	5 2. 2	8. 3	0. 7	0	0	4	4 1. 2	1 0 2	1 1 0. 1	38 6. 6
1 9 5 9	3 1. 9	9 6. 5	4 5. 8	2 4	8 7. 6	1. 1	0	1. 3	2 7. 4	1 1 2	7 0. 9	5 6. 5	55 5. 0
1 9 6 0	7 0. 9	1 4. 3	6 6. 3	4 1. 2	1 7. 5	0. 4	0	0	6 4. 8	5 2. 6	4 9. 3	1 2 3. 5	50 0. 8

1 9 6 1	5 3. 7	4	1. 7	1 8	1. 4	4 5. 1	0	0	4. 5	8 9. 6	1 0 2. 4	4 4	36 4. 4
1 9 6 2	6. 7	3 1. 3	1 1 6	2 5. 9	5. 5	3 3. 2	0	0	1 1. 3	4 8. 1	1 4 2. 8	2 4. 9	44 5. 7
1 9 6 3	4 3. 3	1 7 6	2 4	5 1	1 6. 2	2 0. 1	4 7. 9	1 9	1 0 8. 9	5. 3	2 8. 5	1 4 4. 4	68 4. 6
1 9 6 4	1 1. 6	7 4. 9	3 5. 5	4 8	4. 3	0. 8	0	4 4. 5	1 5. 5	7 6. 5	4 5. 2	2 4 7. 5	60 4. 3
1 9 6 5	1 0 2. 5	6 1. 7	7 8. 1	1 3	8. 6	0	0	0	4 7. 4	1 2 0. 8	6 9. 6	4 7. 2	54 8. 9
1 9 6 6	5 6. 1	4 4. 3	2 5. 4	4 8. 5	4 9. 3	5. 4	0	0	1 2. 7	9 3	1 1 0. 6	4 4. 1	48 9. 4
1 9 6 7	5 0. 7	6 8. 4	9. 1	4 1. 4	1 7. 5	1. 2	0	1. 8	3 0. 9	1 6. 3	6 7. 3	1 2 4. 3	42 8. 9

1 9 6 8	3 8. 2	5 8. 4	3 4. 5	4 3. 1	1 1. 9	4 0. 4	0. 1	4. 1	5. 5	1 3. 3	8 4. 9	1 6 2. 1	49 6. 5
1 9 6 9	2 6. 3	8 1. 6	3 3. 5	3 8	1 7. 2	7. 9	1 9. 7	7 1. 7	8 2. 6	6 8. 8	6 4. 4	1 0 8. 8	62 0. 5
1 9 7 0	5 9. 9	2 0	1 3. 7	7. 3	1 2	0	0	0. 4	0	3 7. 1	2 1	4 2. 3	21 3. 7
1 9 7 1	1 3	3 2. 1	3 9. 4	3 0. 6	1 5. 9	0. 2	1. 2	1. 3	2 3. 8	4 8. 4	1 0 7. 7	4 4. 3	35 7. 9
1 9 7 2	8 7. 8	1 3 2. 1	3 7	4 2. 1	1 2 3. 2	1 5. 2	0. 3	1. 5	3 6. 6	1 3. 7	1 3. 1	1 1 1. 7	61 4. 3
1 9 7 3	9 6. 4	5 9. 8	9 0. 5	1 2. 9	0. 5	1 6. 7	0. 4	0	3 8. 5	3 8. 5	1 1. 3	1 7. 8	38 3. 3
1 9 7 4	2 3. 9	1 7 6. 6	1 1 8. 1	1 3 7. 2	3. 1	1	2. 5	0. 1	1 7. 9	9 3. 7	4 2	1 0. 6	62 6. 7

1 9 7 5	1 0. 8	8 3. 8	7 2. 2	1 0. 1	3 7. 6	1 4	0	5 5. 4	2. 2	5 7. 9	7 4. 8	3 6. 2	45 5. 0
1 9 7 6	1 5. 4	1 1 5. 8	6 7. 1	3 5. 9	4 1. 4	4 2. 7	8. 4	1 6 2. 5	6 5. 6	7 4. 5	8 6. 9	1 2 0. 1	83 6. 3
1 9 7 7	8 0. 6	1 6. 8	1 9. 5	6 4. 6	1 1. 5	4 1. 6	3. 5	4 2. 1	1 6. 2	6 3. 2	2 8. 1	2 4. 4	41 2. 1
1 9 7 8	9 6. 8	5 3. 4	1 0 9. 6	1 4 8. 1	4 2. 4	7. 4	0. 2	0. 3	1 9. 2	5 8. 9	1 7 4	8 7. 8	79 8. 1
1 9 7 9	5 6. 5	4 2. 6	4 0. 9	8 7. 4	1 1	4 2. 4	2 3. 6	1 6. 9	7 1. 8	3 9. 7	4 1. 7	5 9. 8	53 4. 3
1 9 8 0	6 4. 4	1 4. 4	5 6. 7	3 1. 8	1 0 5. 1	0. 1	0. 1	0	0. 3	7 2. 7	8 7. 9	8 6. 4	51 9. 9
1 9 8 1	2 5	5 5. 2	1 3. 1	6 7. 1	2 6. 9	1 5. 8	0. 2	3. 8	3 1. 8	2 9. 5	1. 3	6 6. 7	33 6. 4

1 9 8 2	1 6	4 3. 1	2 2. 9	1 4. 7	2 8. 7	2. 4	0	3. 2	1 0 9. 4	1 3 0. 8	5 5. 9	5 9. 3	48 6. 4
1 9 8 3	1	9 5. 7	3 7. 6	3. 3	4. 4	4. 8	9. 5	1 1	7 6. 4	1 2	9 7. 8	4 5. 1	39 8. 6
1 9 8 4	1 4. 5	9 6. 5	4 7. 2	4 1. 1	6 1. 5	4. 7	0	1. 8	5 4. 8	2 8. 4	1 0 3. 6	8 2. 4	53 6. 5
1 9 8 5	9 0. 6	5 3. 2	1 8 5. 6	1 9. 8	2 9. 8	0. 4	7. 6	0	5 7. 8	1 5 0. 2	8 1. 6	1 1. 8	68 8. 4
1 9 8 6	8 4. 4	7 5. 6	4 3. 4	4 5. 2	0	4 4. 2	1. 2	0	3 1. 8	1 0 9. 2	1 0 6. 6	3 7. 1	57 8. 7
M e d i a m e n s i l e	56. 6	57. 0	56. 8	41. 4	33. 2	13. 3	3.6	12. 8	33. 8	63. 1	69. 9	69. 2	51 0.8

Altezze pluviometriche mensili e annuali per la stazione pluviometrica di Decimomannu. Fonte: Regione Autonoma della Sardegna

	g e n	f e b	m a r	a p r	m a g	g i u	l u g	a g o	s e t	o t t	n o v	d i c	Medi a Ann o
1969	3 3 . 4	9 3 . 2	4 4 . 6	3 4 . 8	1 8 . 6	1 1	9 . 6	0	8 3 . 6	7 6	7 4	1 1 4 . 8	593. 6
1970	7 2 . 4	3 7 . 6	3 4 . 2	1 9	1 6 . 6	0	0	0 . 4	0	4 5 . 6	2 7 . 8	5 1 . 6	305. 2
1971	4 2 . 2	4 6 . 8	5 7 . 8	3 8 . 2	1 7 . 4	0	2	2 . 8	5 1	5 1 . 2	1 3 4 . 8	3 9 . 2	483. 4
1972	8 1 . 2	1 2 1 . 8	3 5 . 2	3 8 . 4	1 1 2	1 3	0	1 . 8	3 4 . 8	1 5 . 4	1 2	1 0 1 . 8	567. 4
1973	1 0 4	4 8 . 2	8 7	1 0 . 4	0	1 2 . 6	0	0 . 2	4 2	3 5 . 4	1 0 . 4	1 8 . 2	368. 4

1974	2 7 · 2	1 6 7 · 2	1 0 4	1 1 3 · 2	4 · 2	1	1 · 4	0	1 3 · 4	8 5 · 6	3 5 · 6	8 · 8	561. 6
1975	1 6 · 2	8 0 · 2	7 2 · 2	6 · 4	3 7 · 6	1 0 · 8	0	2 6	1 · 4	5 1 · 4	7 0 · 4	5 1 · 4	424. 0
1976	1 2 · 2	9 9	5 9 · 8	3 7 · 4	3 1	2 8 · 2	1 5 · 6	1 0 8 · 8	6 0 · 4	7 5 · 8	7 4	1 1 7 · 2	719. 4
1977	7 7 · 4	1 5 · 8	1 3 · 4	5 8	4 4 · 4	3 1 · 8	1 · 6	3 3 · 2	1 2 · 2	5 0 · 2	4 8 · 6	2 3	409. 6
1978	7 4 · 4	4 9 · 2	8 3 · 8	1 1 9	3 1 · 2	3 · 2	0	0	1 6 · 2	5 2 · 4	2 0 2 · 8	8 1 · 4	713. 6
1979	5 5	5 9 · 9	3 8 · 2	8 1	3 9 · 4	4 3 · 8	1 8	1 3 · 5	7 7 · 8	5 6 · 5	3 7 · 6	6 9 · 2	589. 9
1980	6 5	1 7 · 4	5 0	3 7 · 6	1 0 1 · 8	0 · 4	0 · 4	0	2	6 4 · 4	7 7 · 4	7 8 · 6	495. 0

1981	2 8	4 7 4	1 6 8	5 6 2	2 4 8	1 5 6	0 2	2 8	3 3 4	3 2	1	6 0 4	318. 6
1982	8 8	3 2 2	2 4 4	1 0 4	1 9	1 6	0	5 2	1 0 7 4	1 4 1 8	5 4 2	6 4 6	469. 6
1983	0 8	1 0 0 1	3 4 6	5	4 1	5	7 2	1 5	8 2 5	2 4 7	9 4	5 1 3	424. 3
1984	2 1 4	8 9 3	5 2 2	3 8	4 4 7	4 9	0	1 1 9	5 6 2	2 4 3	1 0 2 2	9 4 2	539. 3
1985	8 1	4 0 8	1 5 5 6	1 5 6	2 6 4	0	3 6	0	5 8 4	1 4 4 6	7 3 6	1 3 4	613. 0
1986	7 8 7	7 7 9	3 2	3 7 4	1 3 6	2 1 2	1 4	0	1 3 8	9 8 8	9 1 6	2 6 2	492. 6
1987	3 6 4	9 3	1 3 4	0 6	1 0 4	1 2 6	0	0	2	2 1 8	2 0 4	2 1 8	232. 4

1988	1 1 1 · 6	2 6	2 5	3 2 · 2	1 1 · 2	2 · 2	2	0	1 7 · 2	3 0 · 8	1 6 · 8	2 5 · 6	300. 6
1989	2 8 · 8	3 4 · 2	2 0 · 6	5 9 · 4	8 · 2	6 · 4	1	6 · 2	3 9 · 4	2 · 8	5 2 · 2	4 3 · 4	302. 6
1990	1 7 · 4	9 · 8	1 7 · 8	6 8	4 2 · 6	6 · 4	4	2 6	0 · 4	1 3 3 · 2	5 0 · 8	8 0 · 4	456. 8
1991	3 6 · 4	1 2 2 · 2	3 5	8 4 · 2	2 3 · 5	3 · 8	3 · 5	1 0 · 2	6 7 · 3	8 4	6 9 · 5	2 7 · 9	567. 5
1992	2 2 · 2	1 3 · 8	7 1 · 8	2 6 · 6	3 1 · 2	5 0 · 8	1 4	0	0 · 6	1 2 7 · 6	4 5 · 4	9 0 · 4	494. 4
1993	8 · 2	6 1	5 0 · 8	6 1	7 1 · 6	3 · 4	0 · 4	0	5 7	4 6 · 4	2 3 8 · 8	5 1 · 6	650. 2
1994	5 8	2 8 · 2	0	5 9 · 8	2 · 8	1 · 2	2 · 8	0 · 6	5 2 · 6	3 8 · 6	6 4 · 8	5 4 · 6	364. 0

1995	1 6 6	0 6	2 7 2	4 0 2	9 8	7	1 5 6	2 0 6	3 7	1 1 2	9 1 2	6 7	344. 0
1996	3 4 8	7 5	6 9	4 5 2	3 2 6	1 0 2	3 2	1 3 6	6 6 8	5 9	4 0	1 2 0 6	661. 8
1997	0	0	3 2	2 5 2	2 8	6	0	1 6	8 6	8 7 2	2 1 3	4 4 8	432. 0
1998	9 2	3 6	1 7 4	3 8 4	3 3 8	2 2	0	1 0 8	2 9 8	3 6 8	2 1 6	4 4 8	280. 8
1999	4 6 6	2 6 4	5 0 2	2 0 8	2 2 6	2	1 3 2	0 8	5 4 4	1 7	6 2 6 4	5 0 4	930. 8
2000	1 5 6	1 1 2	2 4 8	4 3 8	7 2	2 8	6 4	0	3	4 3 4	7 8 2	8 3 6	345. 2
2001	6 2	2 0 8	1 1 8	1 9 8	1 8 8	0	0 2	0 8	8 8	1 6	5 8 4	3 2	235. 0

2002	1 9 . 4	1 6 . 6	2 8 . 6	7 5 . 4	2 2 . 6	6 . 4	5 . 4	4 4 . 6	2 4 . 4	3 7 . 2	7 7 . 6	5 6	414. 2
2003	8 9 . 6	1 6 8 . 8	3 9	2 9	6 . 8	6 . 8	0	0	6 3 . 6	8 7 . 4	6 3 . 2	9 9	653. 2
2004	3 5 . 2	2 8 . 6	3 9 . 8	1 6 4	4 7 . 6	0	0	0	5 2 . 6	1 8 . 2	2 0 6 . 8	1 3 9 . 2	732. 0
2005	2 1 . 2	1 1 9 . 2	2 1 . 4	7 5 . 6	1 2 . 4	2 7 . 4	0	5 . 1	7	2 . 8	1 4 4 . 2	8 8 . 8	525. 1
2006	6 4 . 6	2 5 . 6	2 1	2 1 . 6	0 . 4	2 . 8	3 0 . 8	1 . 2	1 6 3	4 3 . 6	2 3 . 4	6 9 . 4	467. 4
2007	1 3 . 6	3 3 . 6	3 4 . 8	6 9 . 6	9 . 6	4	0 . 2	0	3 3 . 8	2 7	2 5	3 1 . 6	282. 8
2008	4 0 . 2	2 0	4 3 . 6	1 1 . 2	2 7 . 8	4 . 6	0	0	2 7 . 6	9 3 . 6	1 0 3 . 8	1 1 7 . 8	490. 2

2009	1 2 2	2 2	3 4	1 1 7	0 . 4	3	0	0	6 6 . 8	2 3 . 6	1 8 . 2	2 2 . 4	429. 4
2010	1 5 3	6 4	2 5 . 4	3 7	5 4 . 6	3 7 . 2	0 . 2	2	7 . 8	1 1 2 . 2	1 1 0 . 8	5 6 . 2	660. 4
M ed ia m en sil e	4 6 . 2	5 4 . 3	4 1 . 0	4 7 . 2	2 6 . 7	1 2 . 6	3 . 9	9 . 1	3 9 . 0	5 5 . 1	8 7 . 7	6 1 . 5	484. 3

Altezze pluviometriche mensili e annuali per la stazione pluviometrica di Decimomannu Vivaio. Fonte: Regione Autonoma della Sardegna.

3.4 Dati idrometrici

All'interno del progetto AVI, che considera gli eventi di piena noti fino al 1998, relativamente al Comune di Assemini sono indicati quattordici eventi di piena. I dati sintetici degli eventi così come riportati nel progetto AVI sono indicati di seguito:

Numero piena	Data
--------------	------

600001	05/04/1906
600003	21/10/1907
600091	26/10/1946
600194	13/11/1961
600195	22/11/1961
600377	23/08/1975
600431	07/04/1978
600506	18/12/1982
600516	28/09/1983
600548	27/10/1985

600551	31/01/1986
600579	07/10/1986
4600004	22/11/1961
6600012	31/10/1993

4. ANALISI IDROLOGICA

L'analisi idrologica riportata di seguito fa riferimento agli elaborati del Piano Stralcio Fasce Fluviali della Regione Autonoma della Sardegna. Al fine dell'analisi idrologica, il PSFF suddivide il Flumini Mannu 041 ed il Flumini Mannu in 22 sottobacini. I sottobacini sono stati individuati individuando le sezioni dell'asta principale sul quale valutare le portate di piena con il seguente criterio:

- sezione di testata;
- a monte e valle di ogni affluente con superficie $\geq 10\%$ di quella del bacino principale delimitato dalla sezione a monte dell'affluente stesso;
- per ogni incremento del bacino residuo tra il 10% e il 20% del bacino principale delimitato dalla sezione posta immediatamente a monte.

4.1 Parametri morfometrici

Le caratteristiche morfometriche del bacino sono state determinate utilizzando il sistema temporale Temporal Analyst, operante in ambiente ArcGIS della ESRI. Lo studio è stato condotto considerando il DEM con passo 10 m, la carta CTR 1:10 000, le tavolette IGM in scala 1:25 000 e la carta di uso del suolo. Per ciascun bacino sono stati calcolati con metodologia GIS:

Superficie del bacino	A
Altezza media del bacio	H_m
Pendenza media del bacino	i_b
lunghezza dell'asta principale	L
Lunghezza dell'asta principale	L_a
Pendenza media dell'asta principale	j_m
Quota alla sezione di chiusura	H_0
Quota massima	H_{max}

4.2 Curve Number

La metodologia di calcolo del parametro di assorbimento CN è stata ricavata nel PSFF secondo la metodologia elaborata dal CIMA (Centro di Ricerca Interuniversitario in Monitoraggio Ambientale, Savona) per conto e in coordinamento della Protezione Civile Nazionale; tale attività è peraltro estesa su tutto il territorio nazionale. La carta CN è costruita sulla base delle informazioni sull'uso suolo, la litologia e la permeabilità a disposizione. La procedura prevede inizialmente l'associazione ad ogni tipologia di copertura del territorio di un valore di CN, determinata sulla

base della carta di uso del suolo CORINE. Tali valori sono stati poi corretti sulla base della carta geologica in scala 1:25000 della Regione Sarda, considerando le caratteristiche di permeabilità e gli aspetti geologici preminenti, in maniera tale da stimare dei coefficienti di variazione del CN, con un intervallo di valori -5÷+15. Si rimanda ai documenti originali per approfondimenti.

4.3 Tempo di corrivazione

Per il calcolo del tempo di corrivazione vengono in genere utilizzate alcune formule empiriche; le più conosciute sono le seguenti:

Formula di Ventura:

$$T_c = 0.127 \cdot \sqrt{\frac{\overline{A}}{J_m}}$$

Formula di Giandotti:

$$T_c = \frac{1.5 \cdot L_a + 4 \cdot \sqrt{A}}{0.8 \cdot \sqrt{H_m - H_0}}$$

Formula di Pasini:

$$T_c = 0.108 \cdot \frac{\sqrt[3]{A \cdot L_a}}{\sqrt{J_m}}$$

Soil Conservation Service :

$$T_c = 0.00227(1000L)^{0.8} \left(\frac{1000}{CN} - 9\right)^{0.7} i_b^{-0.5}$$

dove

A = superficie del bacino [Km^2];

L_a = lunghezza dell'asta principale [Km];

H_m = altitudine media del bacino [m];

H_0 = altitudine della sezione finale del bacino [m];

J_m = pendenza media dell'asta principale del corso d'acqua [m/m];

s : pendenza media del bacino [%]

Tali formule, tramite l'osservazione e l'esperienza maturata nei bacini reali risultano, una più dell'altra, adatte a particolari condizioni geomorfologiche e topografiche. Tra i cinque il PSFF utilizza la formula proposta dal Soil Conservation Service.

4.4 Determinazione della portata di piena

La determinazione delle portate di piena può avvenire con diverse metodologie in relazione ai dati disponibili per la loro valutazione. Si possono individuare dei metodi diretti basati sull'elaborazione di misure di portata disponibili per il bacino di studio o per bacini idrologicamente simili a quello considerato, e dei metodi indiretti facendo ricorso a equazioni che permettano di ottenere la sola portata al colmo oppure tramite modelli di trasformazione afflussi-deflussi. I metodi diretti prescindono dall'influenza che i diversi fattori morfologici hanno nella formazione dei deflussi, si fondano sull'analisi probabilistica di una o più serie storiche di misura di portata della piena. I metodi indiretti possono invece essere ulteriormente suddivisi in empirici e analitici. I metodi empirici consentono la valutazione della portata massima di piena sulla base dei parametri morfometrici del bacino imbrifero, mentre i metodi analitici prendono in considerazione tutte quelle relazioni che hanno un fondamento fisico e si basano, anche in maniera semplificata, sull'impostazione di un bilancio idrologico relativo all'evento di piena.

Metodi diretti

Nel caso della Regione Sardegna, la stima delle portate attraverso metodi diretti può essere effettuata con attraverso i metodi diretti attraverso due metodi di stima basati sulle distribuzioni probabilistiche lognormale e TCEV (Two Components Extreme Values) applicati a dati massimi annuali di portata al colmo.

Per quanto concerne il campo di applicazione di questa metodologia, si rileva che essa deriva dall'analisi di serie storiche relative alle stazioni che sottendono bacini di estensione superiore a circa 60 Km². Tale metodo è stato applicato nel PSFF nei bacini di estensione superiore a tale valore, e nel caso di bacini di dimensioni nell'intorno di tale valore, si procede all'applicazione sia di questo metodo che di quello razionale (utilizzato per bacini di piccole dimensioni, si veda il paragrafo seguente), scegliendo criticamente quale sia più adatto allo studio del bacino di interesse.

Metodo lognormale - Formula di Lazzari (1968)

La metodologia lognormale distingue per la Sardegna due diversi bacini e considera che la variabile $y = \log_{10} Q_c$, abbia distribuzione normale, con varianza regionale $\sigma^2 y$, e media μy dipendente da un fattore morfometrico $Ab \cdot Hm$.

La formulazione considera due diverse formulazioni:

- per bacini occidentali

$$y = 0.3583z_p + 0.956 \log_{10}(AHm) - 2.995$$

- per bacini orientali

in cui:

$$y = 0.4431z_p + 0.746\log_{10}(AHm) - 1.781$$

- Q_c è la portata al colmo di piena in m^3/s ;
- A è l'area del bacino in km^2 ;
- H_m è la quota media del bacino s.l.m. in metri;
- z_p è il frattile della distribuzione normale standardizzata relativo alla probabilità di non superamento

-

$P = 1 - 1/T$, con T pari al tempo di ritorno in anni).

Tale formula è valida nel caso in cui il fattore morfometrico $A \cdot H_m > 50000 m \cdot km^2$.

Metodo lognormale aggiornato

La metodologia di Lazzari è stata più di recente aggiornata. In particolare nella nuova formulazione si assume che la variabile $y = \ln Q_c$ abbia distribuzione normale, con varianza σ^2_y regionale, e media μ_y dipendente dall'area del bacino A_b . La formulazione in questo caso non ha particolari restrizioni e vale:

- per bacini occidentali

$$y = 0.8152z_p + 0.9104\ln(A) - 0.6547$$

- per bacini orientali

$$y = 1.0224z_p + 0.6388\ln(A) - 1.534$$

in cui:

- Q_c è la portata al colmo di piena in m³/s;
- A è l'area del bacino in km²;
- z_p è il frattile della distribuzione normale standardizzata relativo alla probabilità di non superamento

-

$P = 1 - 1/T$, con T pari al tempo di ritorno in anni).

Distribuzione TCEV (Cao et al. 1988)

Tale metodo valuta la probabilità di non superamento attraverso la miscela di due distribuzioni esponenziali.

$$Q_c = \mu(Q_c)KT = \beta \exp(\alpha)KT$$

Parametri per i bacini occidentali:

$$KT = -0.833 + 1.345\ln T$$

$$\alpha = -1.1954 + 0.9235 \ln A$$

$$\beta = 2.381$$

Parametri per i bacini orientali:

$$KT = -0.977 + 1.451 \ln T$$

$$\alpha = 0.9882 + 0.06452 \ln A$$

$$\beta = 2.670$$

Dove

- KT è il coefficiente di crescita;
- $\mu(Q_c)$ è la piena indice (media di massimi annui di piena) in m³/s;
- A è l'area del bacino in km²;
- T il tempo di ritorno in anni.

Metodi indiretti

Questi metodi nascono dalla scarsa disponibilità di osservazioni storiche di portata, unita alla necessità di avere a disposizione stime sui vari parametri caratterizzanti le diverse sezioni idrologiche lungo i corrispondenti tronchi critici. Tale metodologia stima la portata al colmo a partire dalla precipitazione nell'ipotesi che la frequenza di accadimento di quest'ultima caratterizza quella della portata al colmo.

Secondo le indicazioni delle Linee Guida PAI, la portata al colmo è derivata con il metodo razionale. Tale metodo è basato sull'ipotesi che l'evento meteorico, che inizia istantaneamente e ha intensità costante nello spazio e nel tempo, abbia una portata che aumenti fino ad un tempo pari al tempo di corrivazione t_c , quando tutta l'area del bacino contribuisce al deflusso. La portata al colmo è allora pari a il prodotto tra l'intensità di precipitazione (i), di assegnata durata e periodo di ritorno (T_r), il coefficiente di assorbimento (Φ), la superficie del bacino (A), il coefficiente di laminazione $\varepsilon(t)$:

$$Q_c = i[\theta, T_r, r(\theta, A)]\phi A\varepsilon(\theta)$$

Dove:

i : intensità di precipitazione di assegnata durata d e periodo di ritorno T_r

Φ : coefficiente di assorbimento,

A : superficie del bacino

$\varepsilon(\theta)$: coefficiente di laminazione

θ : durata critica

$r(\theta, A)$: il fattore di ragguaglio della precipitazione all'area del bacino

Si descrivono di seguito descritte le ipotesi e le metodologie di stima dei suddetti parametri.

La durata di pioggia critica (θ), è assunta pari alla somma del tempo di formazione del deflusso superficiale (t_f) e del tempo di corrivazione (t_c):

$$\theta_c = t_f + t_c$$

Il tempo di formazione t_f è ricavato iterativamente con la formula seguente, e successivamente sommato a t_c per il calcolo della durata critica :

$$t_f = I_a/[I(\theta, r)]$$

Il tempo di corrivazione è stato valutato le formule illustrate in precedenza e, al fine dei calcoli idrologici, si è scelto di usare la formula del Soil Conservation Service con CN (III) che, oltre a fornire dei tempi bassi (ponendosi dunque in una condizione conservativa rispetto agli altri), mutua la metodologia per il calcolo delle portate adottata dal PSFF.

L'intensità di precipitazione $i[\theta, TR, r(\theta, A)]$ che determina la massima portata di piena (intensità critica) è ottenuta dalla curva di possibilità pluviometrica che esprime la legge di variazione dei massimi annuali di pioggia in funzione della durata della precipitazione, d , ad assegnata frequenza di accadimento o periodo di ritorno TR . La determinazione della pioggia lorda è stata condotta con le curve di possibilità pluviometrica Log- Normale e TCEV, come indicato di seguito.

L'altezza di pioggia ragguagliata ottenuta calcolata per la durata critica θ di ogni bacino viene quindi ragguagliata all'area tramite il parametro r , secondo la formulazione utilizzata nel VAPI, che fa riferimento al FloodStudies Report

$$r = 1 - (0,0394A^{0.354})\theta(-0.40 + 0.0208\ln(4.6 - \ln(A))) \quad \text{per } A < 20\text{km}^2$$

$$r = 1 - (0,0394A^{0.354})\Theta(-0.40+0.003832(4.6-\ln(A)))$$

per $A > 20\text{km}^2$

dove:

Θ è la durata critica della precipitazione;

A è la superficie del bacino (espressa in km^2).

L'altezza di pioggia netta, ovvero la quota parte della precipitazione totale (lorda) al netto delle perdite di bacino dovute all'infiltrazione nei suoli, alla intercezione fogliare delle piante e agli accumuli d'acqua nelle piccole depressioni, può essere calcolata con il metodo SCS-Curve Number, in cui

$$h_N = \frac{(h_r(\theta) - 0.2S)^2}{h_r(\theta) - 0.8S} [\text{mm}]$$

dove

h_r = precipitazione meteorica ragguagliata (mm);

S = massima capacità di assorbimento del bacino per infiltrazione (mm).

Il valore S è calcolato dall'equazione:

Il valore S è calcolato dall'equazione:

$$S = 254 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right) [\text{mm}]$$

in cui il valore del CN è valutato come indicato precedentemente.

Il coefficiente di laminazione, $\varepsilon(t)$, dovrà essere opportunamente valutato a seconda dell'estensione e delle caratteristiche topografiche del bacino idrografico sotteso facendo riferimento ai ben noti modelli concettuali della corrivazione e dell'invaso. Nell'analisi effettuata, questo è stato posto pari a 1.

1. Curva di possibilità pluviometrica della distribuzione TCEV

La curva di possibilità pluviometrica della distribuzione TCEV utilizzata è la seguente:

$$hT(\tau) = \mu(\tau)KT(\tau) = (a_1 a_2) \tau^{n_1} n_2$$

con la pioggia indice di durata τ (ovvero la media dei massimi annui delle piogge di durata τ) espressa come funzione della stessa durata e della pioggia indice giornaliera:

$$\mu(\tau) = a_1 \tau^{n_1}$$

dove i coefficienti a_1 e n_1 si possono determinare in funzione della pioggia indice giornaliera $\mu(g)$:

$$a_1 = \mu(g) / (0,886 \cdot 24^{n_1})$$

$$n_1 = -0,493 + 0,476 \log_{10} \mu(g)$$

La pioggia indice giornaliera μ_g viene stimata sulla base della carta delle isoiete riportata in

Figura 7.

L'altezza di pioggia $h_T(\tau)$ di durata τ con assegnato tempo di ritorno T in anni si ottiene moltiplicando la pioggia indice $\mu(\tau)$ per un coefficiente di crescita:

$$KT(\tau) = a_2 \tau n_2$$

a_2 e n_2 si ricavano, per tempi di ritorno superiori ai 10 anni, con le seguenti relazioni, distinte per sottozona così come individuate di seguito. I bacini oggetto di studio sono appartenenti alla sottozona SZO 2.

SZO 1

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

$$n_2 = -0,18449 + 0,23032 \log_{10} T - 3,3330 \cdot 10^{-2} (\log_{10} T)^2 \quad \text{per } \tau \leq 1 \text{ ora}$$

$$n_2 = -1,0563 \cdot 10^{-2} - 7,9034 \cdot 10^{-3} \log_{10} T \quad \text{per } \tau \geq 1 \text{ ora}$$

SZO 2

$$a_2 = 0,44182 + 1,0817 \log_{10} T$$

$$n_2 = -0,18676 + 0,24310 \log_{10} T - 3,5453 \cdot 10^{-2} (\log_{10} T)^2 \quad \text{per } \tau \leq 1 \text{ ora}$$

$$n_2 = -5,6593 \cdot 10^{-3} - 4,0872 \cdot 10^{-3} \log_{10} T \quad \text{per } \tau \geq 1 \text{ ora}$$

SZO 3

$$a_2 = 0,41273 + 1,1370 \log 10T$$

$$n_2 = -0,19055 + 0,25937 \log 10T - 3,8160 \cdot 10^{-2} (\log 10T)^2 \quad \text{per } \tau \leq 1 \text{ ora}$$

$$n_2 = 1,5878 \cdot 10^{-2} - 7,6250 \cdot 10^{-3} \log 10T \quad \text{per } \tau \geq 1 \text{ ora}$$

Recenti studi per la Sardegna mostrano che il modello probabilistico TCEV ben interpreta le caratteristiche di frequenza delle serie storiche motivo per il quale è stato adottato nella procedura VAPI per la derivazione delle curve di possibilità pluviometrica.

Anche per il metodo indiretto il calcolo della portata (e dei relativi parametri sopraccitati) è stato svolto considerando i 5 tempi di ritorno previsti da PSFF (2, 50, 100, 200 e 500 anni).

2. *Curva di possibilità pluviometrica della distribuzione lognormale*

La curva di possibilità pluviometrica della distribuzione Log-Normale utilizzata è invece la seguente:

$$h(\tau) = 10A + Bz\tau C + Dz$$

i cui parametri, determinati dagli studi di Cao et al. (1991) sono i seguenti:

	A	B	C	D
Gruppo I	1.273175	0.179731	0.305043	-0.0171463
Gruppo II	1.296258	0.167487	0.359699	-0.0179413
Gruppo III	1.379027	0.164598	0.418225	0.0090927
Gruppo IV	1.460799	0.191831	0.497194	0.0412504

I quattro gruppi (e le relative curve pluviometriche) sono stati determinati con criteri statistici utilizzando i dati di

46 stazioni pluviografiche. A questo studio non ha fatto seguito l'attribuzione delle numerose stazioni pluviometriche ai gruppi omogenei. La determinazione della curva di possibilità pluviometrica in un generico punto è stata fatta attribuendo lo stesso gruppo della stazione più vicina, così come attribuite nello studio originale di Puddu (1974)(vedi Figura 8).

4.5 Determinazione delle portate di piena

Per la determinazione delle portate di piena il PSFF ha tenuto conto della presenza della diga di Is Barroccus, ubicata in corrispondenza della chiusura del bacino D, che influenza in modo significativo le piene sull'intero bacino. La portata è stata valutata preliminarmente utilizzando il metodo diretto, in tutte le sezioni del corso d'acqua, senza tenere in considerazione l'effetto di laminazione

L'effetto di laminazione è stato poi valutato attraverso l'applicazione dell'equazione di continuità sul lago, considerando l'idrogramma in ingresso per ciascuna portata di piena di differente tempo di ritorno, le caratteristiche del lago stesso e degli organi di scarico. e portate per i sottobacini a valle della diga sono state valutate attraverso la metodologia di Marone, procedimento che tiene conto delle principali variabili che governano il processo di laminazione. Tali portate sono quelle utilizzate per la determinazione delle fasce fluviali del PSFF, e che verranno considerate nell'ambito del presente studio nell'analisi idraulica.

Tempo di ritorno	2 an ni	50 anni	100 anni	200 anni	500 anni
Portata senza effetto di laminazione	45 0	334 4	4073	4794	4099
Portata con effetto di laminazione	44 9	334 0	4060	4780	5740

Valutazione delle portate al colmo con e senza effetto di laminazione per il sottobacino del Flumini Mannu di interesse.

5. ANALISI IDRAULICA

Le verifiche idrauliche di seguito riportate sono state eseguite nell'ambito degli studi del Piano Stralcio Fasce Fluviali della Regione Autonoma della Sardegna con l'ausilio del software Hec-RAS della US Army Corps of Engineering Center che effettua calcoli idraulici monodimensionali di un'intera rete di canali sfruttando le equazioni classiche dell'idraulica del moto permanente e del moto vario. Più precisamente, la definizione del profilo idraulico avviene attraverso l'integrazione delle equazioni di conservazione dell'energia della corrente tra due sezioni di calcolo consecutive. Le perdite di energie considerate tra le due sezioni sono quelle dovute alla resistenza dell'alveo e alle variazioni di sezione.

La sezione viene suddivisa in porzioni a differente scabrezza e per ognuna viene calcolato il valore della portata. La portata in ogni sezione è ottenuta come somma di questi contributi. In ogni sezione l'altezza cinetica media della corrente è valutata come media pesata dell'altezza cinetica di ogni porzione in cui si è divisa la singola sezione trasversale assumendo come peso la portata che transita in ognuna delle suddette porzioni.

Le perdite di energia continue dovute alla resistenza dell'alveo sono valutate secondo la formula di Manning. Le perdite di carico dovute alle variazioni di sezioni sono invece valutate secondo l'usuale formula della perdita di carico concentrata, funzione del quadrato delle velocità a monte e a valle della variazione di sezione.

Lo studio è limitato all'elaborazione dei profili in moto permanente con i dati di portata relativi ai tempi di ritorno di 2, 50, 100, 200 e 500 anni scaturiti dallo studio idrologico.

5.1 Schematizzazione geometrica

La geometria del tratto del Flumini Mannu analizzato è stata schematizzata nel PSFF sulla base di 128 sezioni trasversali appositamente rilevate, di cui 4 ubicate nel tratto di circa 2 km al di sopra del lago di Is Barroccus e 124 in quello sub-lacuale.

Oltre alle sezioni topografiche citate, sono state inserite nel modello le seguenti sezioni:

- alla foce è stata aggiunta una sezione identificata con il numero "0", in corrispondenza della quale è stata imposta la condizione al contorno;
- in corrispondenza di attraversamenti o opere idrauliche trasversali significative (es.: briglie, soglie o traverse) le sezioni sono state replicate nel modello numerico per una più corretta schematizzazione.

I valori dei coefficienti di contrazione ed espansione delle sezioni trasversali richiesti dal modello numerico sono stati assunti rispettivamente pari a 0,1 e 0,3, come suggerito dal manuale tecnico in presenza di variazioni graduali.

5.2 Condizioni al contorno

La definizione delle condizioni al contorno è funzione della tipologia di moto.

Le condizioni al contorno di monte sono caratterizzate dalle portate di piena ad assegnata frequenza o dai relativi idrogrammi di progetto. In particolare, si è assunta in ingresso al tratto la portata di piena idrologica stimata per il bacino chiuso alla sezione di valle del tratto in studio.

La condizione al contorno di valle del singolo tratto è definita di volta in volta in funzione dei livelli di piena corrispondenti alla portata di piena a stessa frequenza indotti presenti nella sezione di monte del tratto appena a valle. Utilizzando il codice "Hec-Ras" ciò è stato realizzato dividendo l'intera asta in studio nei tratti previsti utilizzando la procedura "junction" tra i diversi tratti. Una volta introdotta tale elemento andrà valutato di volta in volta se calcolarvi i livelli in base alla sola equazione di conservazione dell'energia o a quella globale del moto. La condizione di valle di ciascun tratto è stata opportunamente scelta. Le confluenze, come singolarità idraulica non sono considerate perché lo studio è esteso alla sola asta principale.

5.3 Coefficiente di scabrezza

Il PSFF effettua una scelta dei parametri di scabrezza sulla base di un criterio per quanto possibile deterministico nella caratterizzazione della singola sezione o porzione di territorio, definendo quindi una metodologia tale da poter essere adottata in modo standardizzato su tutti i corsi d'acqua della Regione Sardegna oggetto del Piano Stralcio Fasce Fluviali. La metodologia definita prevede la suddivisione di ogni sezione trasversale in cinque tratti caratterizzati da scabrezza omogenea: l'alveo attivo, le sponde e le fasce golenali. La definizione della scabrezza per l'alveo attivo è stata basata sulle caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo nei tratti

focivi e sulla formulazione proposta dal manuale “Open channel hydraulics”, Ven te Chow nei tratti di monte; la stessa formula empirica è stata applicata alle fasce golenali mentre per le sponde si è messo a punto un metodo di dettaglio basato sui rilievi vegetazionali eseguiti. In base alla presenza-assenza, tipologia e densità di vegetazione sono state definite delle classi- tipo sulla base delle quali si sono definiti dei tratti di scabrezza omogenei per ciascuna sezione trasversale. I valori adottati nel PSFF sono riportati in Tabella 6. Per ulteriori approfondimenti sui coefficienti di scabrezza utilizzati, si rimanda allo studio originale.

5.4 Perimetrazioni della pericolosità idraulica

Considerando le simulazioni eseguite nell'ambito del Piano Stralcio Fasce Fluviali, la zona di interesse è localizzata a valle della sezione di modellazione idraulica del Flumini Mannu 4.1 e a monte della sezione 3. Si rileva che le perimetrazioni dipendono prevalentemente dalle esondazioni legate alla sezione di valle. Considerando le quote del DTM 1x1 e le altezze dei peli idrici in corrispondenza delle sezioni 4.1 e 3, si confermano i risultati delle analisi del PSFF.

6. INVARIANZA IDRAULICA

In base all'art.47 delle NA del PAI per invarianza idraulica si intende il principio in base al quale *“le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei recettori naturali o artificiali di valle non siano maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione”*.

Secondo le Linee guida approvate con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 del 17.05.2017 è necessario verificare che la realizzazione delle opere di realizzazione del territorio mantengano invariate le caratteristiche di risposta idraulica dell'area oggetto di intervento. La sua valutazione deve quindi tenere conto di diversi aspetti, quali:

- l'invarianza del punto di recapito;
- l'invarianza delle quote altimetriche;
- l'invarianza della capacità di dreno delle aree limitrofe;

- l'invarianza delle portate e dei deflussi nell'area interessata dall'intervento, attraverso i calcoli idraulici ed idrologici.

Di seguito si procederà alla definizione della classe di intervento sulla base delle definizioni riportate nelle succitate Linee guida, e si procederà successivamente all'analisi dei punti sopra riportati ed ai calcoli necessari per la valutazione delle misure di compensazione previste.

6.1 Definizione della classe di intervento

Le linee guida riportano la suddivisione in quattro diverse classi di intervento, a seconda delle dimensioni della superficie interessata dalla trasformazione.

	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

Classificazione degli interventi

A seconda della classe di intervento varia l'approccio metodologico richiesto per la valutazione dell'invarianza.

Nel caso in esame, poiché l'area in esame è di circa 1.6 ha, si ricade nella *Classe c – Significativa impermeabilizzazione potenziale*. In tal caso le linee guida indicano che il dimensionamento dei tiranti idrici deve far in modo che la portata massima defluente non sia superiore ai valori precedenti all'intervento e devono essere valutate le misure compensative per garantire l'invarianza idraulica.

6.2. Invarianza del punto di recapito

Il convogliamento delle acque di drenaggio non subirà alcuna modifica rispetto a quello attuale, e dunque le acque piovane saranno convogliate nel corpo idrico recettore che le raccoglieva precedentemente. In questo modo, così come richiesto dalle Linee Guida, non si andranno ad aggravare le reti limitrofe.

6.3 Invarianza delle quote altimetriche

Sulla base delle evidenze emerse nella parte geologica, si può affermare che l'area è impostata principalmente su litologie continentali quaternarie, alluvionali terrazzate Oloceniche costituite da ghiaie sabbiose in matrice fine limosa argillosa, con presenza clastica. Superficialmente, si ritrova una copertura eluvio colluviale ghiaiosa sabbiosa in matrice fine coesiva, con molta probabilità rimaneggiato inizialmente per attività antropiche per uno spessore stimato di circa 0.80m/1.0m. Sulla base delle condizioni topografiche e litostratigrafiche e della relativa vicinanza con il rio Sestu e Rio Murta nell'area sensibile in esame, la falda freatica superficiale sulla base di esperienze pregresse, e dalla disamine del Portale ISPRA 464/96 (Geological Survey of Italy Portal) si colloca ad una profondità (ricerca idrica a circa 200m dal lotto) media a partire da circa -15.0m dal p.c. con punte statiche di circa 10.0m/12.0m, anche meno, in direzione della zona Grogastu. Più in profondità sono rilevabili elementi ghiaiosi sabbiosi da grossi a medio grossi, da addensati a molto addensati, con presenza di clasti eterometrici e poligenici, in matrice fine coesiva diversamente distribuita, con presenza di screziature carbonatiche, con intercalazioni di livelli limosi argillosi addensati, a tratti sabbiosi, di debole spessore. Si tratta in pratica della sequenza sedimentaria della zona caratterizzata prevalentemente da un'alternanza di materiali granulari, clastici a tessitura matrice sostenuta dove presenti (paraconglomerati) in una matrice fine coesiva (limi - argille) diversamente distribuita lungo una verticale, soprastanti livelli limoso argillosi a tratti frammisti a sabbia fine, il tutto poggiante (non rilevabile) su sedimentazioni Terziarie mioceniche. Lo spessore

dei livelli ghiaiosi sabbiosi in matrice limoso argillosa addensati, e delle intercalazioni più francamente limose argillose sabbiose, sono variabili e non costanti in quanto la giacitura non é orizzontale, essendo un'area interessata da inondazioni antiche (es. Rio Sestu) ed erosione superficiale spinta. Tali alternanze nella composizione tessiturale del deposito sedimentario sia in senso verticale sia nello sviluppo orizzontale sono imputabili principalmente alle variazioni del regime di flusso delle acque durante gli eventi alluvionali che hanno interessato l'area nella storia pregressa. L'indagine ha confermato che la copertura sedimentaria Olocenica presente nel contesto, si estende uniformemente su tutta l'area interessata dal progetto e oltre, com'era facile prevedere dalle considerazioni geologiche precedenti, ma è importante evidenziare una presenza più rilevante di depositi clastici costituiti da una matrice a grana fine sabbiosa che tiene assieme ciottoli di varia natura (eterometrici) rispetto alla facies alluvionale grossolana contenente livelli di ghiaie e sabbie corrispondente alla facies bna riportata dalla cartografia ufficiale. La frazione grossolana rappresentata da ghiaie e ciottoletti risulta, invece, discontinua e dispersa nella matrice fine.

L'eterogeneità granulometrica legata alla maggiore o minore presenza della componente sabbiosa ghiaiosa, della frazione fine coesiva che funge da legante, la presenza di ciottoli a tessitura matrice sostenuta, il contenuto naturale di umidità, la presenza di intercalazioni limose argillose a debole frazione sabbiosa fine, influenzano lo stato di addensamento/consistenza e la condizione geotecnica generale propria di questi depositi; si tratta in generale di livelli da addensati a molto addensati sino a duri, compatti, con caratteristiche generali resistenza alla penetrazione di punta (R_p) mediocri/discrete con l'aumentare della profondità e il grado di addensamento/consistenza presente. Dal punto di vista del loro comportamento geomeccanico, presentano caratteristiche variabili da litologia incoerente nei termini più attrattivi, a coesiva nei termini più limosi argillosi. In funzione di ciò, i terreni hanno mostrato una certa variabilità della resistenza alla penetrazione da prove S.P.T (Standard Penetration Test). Questa disomogeneità, è congruente alla tipica variabilità litologica dei depositi di ambiente sedimentario continentale e marino. Le caratteristiche geomeccaniche, utili alla determinazione del carico limite e della generale idoneità del terreno riguardo all'opera d'intervento, sono state ricavate da esperienze lavorative eseguite in aree limitrofe, litologicamente omogenee e correlabili, oltre dalle verifiche puntuali (osservazioni litologiche in affioramento) svolte sui luoghi di contesto. Nota la natura granulare di questi terreni, è importante stimare l'entità dei cedimenti indotti sotto al piano di appoggio della fondazione, nel nostro caso a trave rovescia, con il suo carico, che tuttavia saranno di modesta entità, in quanto quasi immediati (il drenaggio dell'acqua avviene quasi simultaneamente all'applicazione del carico, per la discreta permeabilità del terreno e si esauriscono in gran parte all'atto della costruzione.

Le quote delle urbanizzazioni, piazzali e strade, dovranno essere riportati agli attuali livelli morfologici previa bonifica (strade) di circa 30/40cm di terreno limoso per la creazione di un idoneo pacchetto di fondazione stradale, che riporterà la quota delle sistemazioni a quote compatibili con le attuali.

6.4 Invarianza della capacità di dreno delle aree limitrofe

L'intervento non prevede la modifica della capacità di dreno delle aree limitrofe. Le aree pubbliche prossime all'area di intervento, non saranno modificate, mantenendo le scoline attualmente presenti e non andando a caricarla ulteriormente. Si può dunque affermare che non vi sarà nella modifica alla capacità di dreno delle aree limitrofe

6.5 Calcolo idraulico

Preliminarmente a calcolo della portata è necessaria la caratterizzazione geo-pedologica dell'area in esame al fine di individuare il tipo di suolo a cui appartiene l'intervento in oggetto con riferimento al metodo SCS-CN secondo la classificazione riportata in Tab. 2. Nel caso in esame, le aree abitate ricadono nella tipologia di suolo B, mentre i terreni agricoli ricadono nella tipologia di suolo C.

Tipo di suolo	
A deflusso superficiale e 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 (K_{sat}) 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	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 (K_{sat}) 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

superficial e potenziale moderata mente basso	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 superficial e potenziale moderata mente 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 superficial e 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.

Così come previsto dalle Linee guida, si sono individuate le diverse classi di uso del suolo sulla base della classificazione Corine Land Cover RAS - 2008 e tramite studi specificatamente condotti sull'area in esame.

In particolare, la copertura di uso del suolo RAS 2008 individua nell'area oggetto di lottizzazione tre diverse tipologie di uso del suolo, ovvero

- 1111 - Tessuto residenziale compatto e denso (gruppo idrologico di suolo B)
- 1221 - Rete stradale e spazi accessori (gruppo idrologico di suolo B)
- 2121 - Seminativi semplici e colture orticole a pieno campo (gruppo idrologico di suolo C)

Le analisi di campo svolte hanno confermato le tipologie di uso del suolo presenti attualmente nel terreno, che sono state tuttavia rimappate ad una scala di dettaglio e sulla base delle più recenti foto aeree a disposizione.

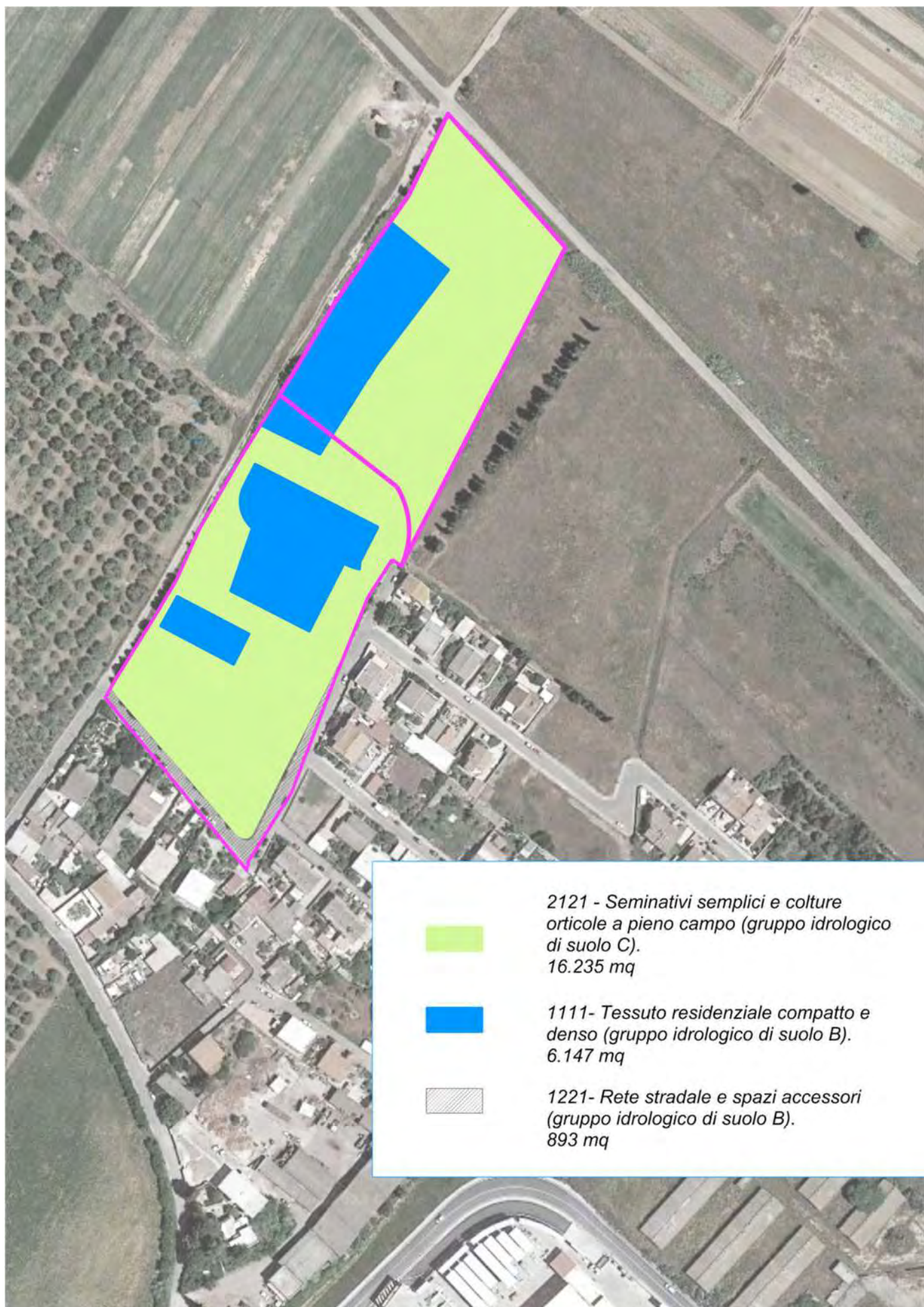
Considerando l'uso del suolo e la tipologia di suolo si sono stimati i valori di CN-II. Questi sono riportati in tabella sottostante rappresentati in figura

Definite le classi di uso del suolo si è stimato attraverso una media pesata il valore del CN-II_{ante} (AMC II) medio dell'intera area del comparto in esame nello stato attuale. Tale CN-II_{ante} è stato poi convertito in CN- III_{ante} (AMC III) secondo la metodologia SCS.

Tipo di suolo SCS- CN	UDS	Superficie	C N- II_{ante}	Per centuale copertura	SxCN
C	1111 - Tessuto residenziale compatto e denso	6147	94	20%	577818

B	1221 - Rete stradale e spazi accessori	893	98	4%	87514
C	2121 - Seminativi semplici e colture orticole a pieno campo	16235	85	76%	1379975
	Superficie totale	23275			2045307
	CN-II^{ante}			87,88	
	CN-III^{ante}			94,40	

Nella pagina successiva è riportata la planimetria dell'area in oggetto allo stato di fatto con in evidenza le superfici corrispondenti le classi sopracitate:



Calcolo del CN post intervento

Per la valutazione del CN post intervento si è fatto riferimento all'*Allegato 1 - Tabella dei coefficienti di afflusso e valori del CN* delle Linee Guida. 13126 + 10149 23275

La valutazione del CN-II per ciascuna tipologia di superficie ed il calcolo del CN-II_{post} e del CN-III_{post} (AMC III) calcolato secondo la metodologia SCS sono riportati nella tabella successiva.

Descrizione superfici	C N- II _p ost	Superfi cie	Percent uale copertu ra	SxCN
<i>S1 Superfici a verde su suolo profondo, prati, orti, superfici boscate ed agricole</i>	78	2277	9,78%	177606,00
Strade e piste ciclabili su strada (esistente e da realizzare) <i>P9 Pavimentazioni in asfalto o cls</i>	98	4689	20,15%	459522,00
<i>C6 Coperture continue con finitura in materiali sigillati</i>	95	4564	19,61%	433580,00
<i>P4 Pavimentazione in materiale sintetico, riempito di substrato e inerbito posato su apposita stratificazione di supporto</i>	83	11745	50,46%	974835,00

<i>Somma superfici</i>		23275		2045543
CN-II_{post}	87,89			
CN-III_{post}	94,40			

Nella pagina successiva è riportata la planimetria di progetto con in evidenza le superfici corrispondenti le categorie di riferimento secondo l'Allegato indicato:





Calcolo ietogramma Chicago

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. Così come indicato dalle Linee guida, si sono considerati i tempi di ritorno di 20 e 50 anni, 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.

Così come prescritto, per la stima della portata e dell'idrogramma di piena si è considerato uno ietogramma Chicago avente una durata di 30 minuti con posizione del picco $r = 0.4$.

Per la valutazione dell'altezza di precipitazione corrispondente alla durata τ , si sono utilizzate le curve di possibilità pluviometrica regionalizzate per la Regione Sardegna.

L'intensità di precipitazione è stimata come:

$$i_{Tr}(\tau) = \frac{h_{Tr}(\tau)}{\tau}$$

L'altezza di precipitazione è legata alla durata τ ed al tempo di ritorno Tr attraverso la curva di possibilità pluviometrica Deidda et al. (2000)⁶

$$h_{Tr}(\tau) = Hm(\tau)a\tau^n$$

Dove

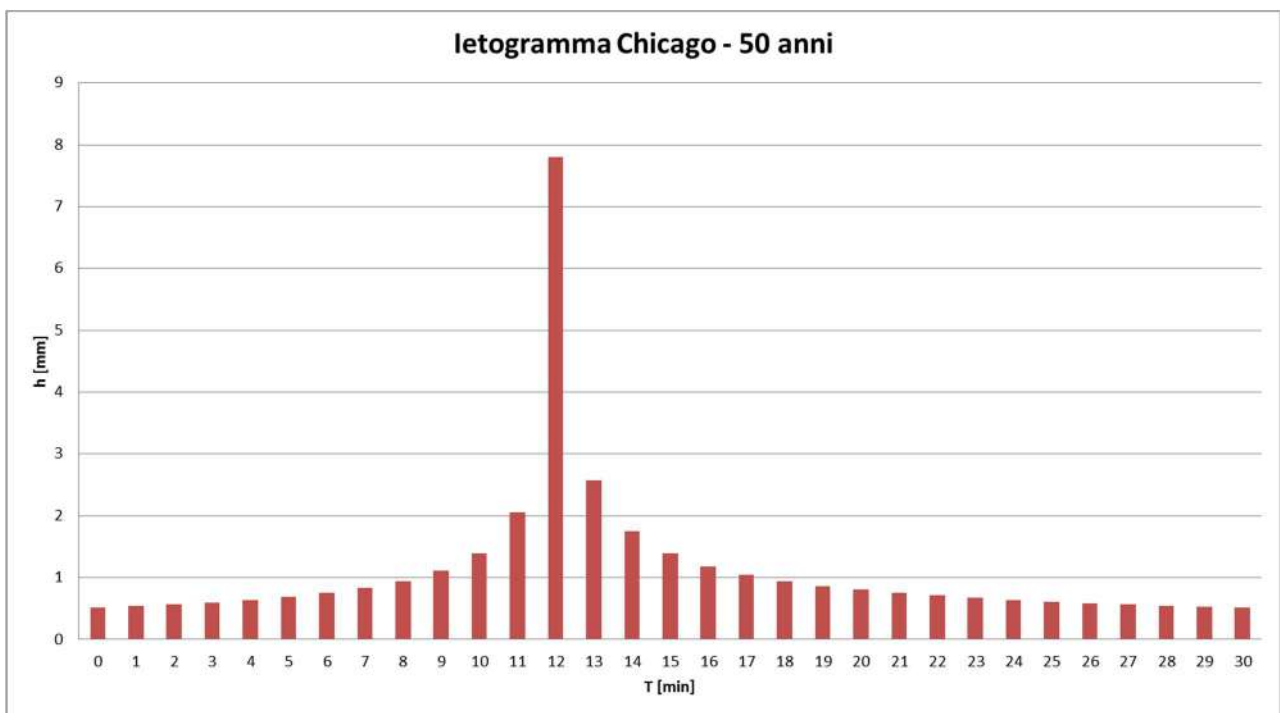
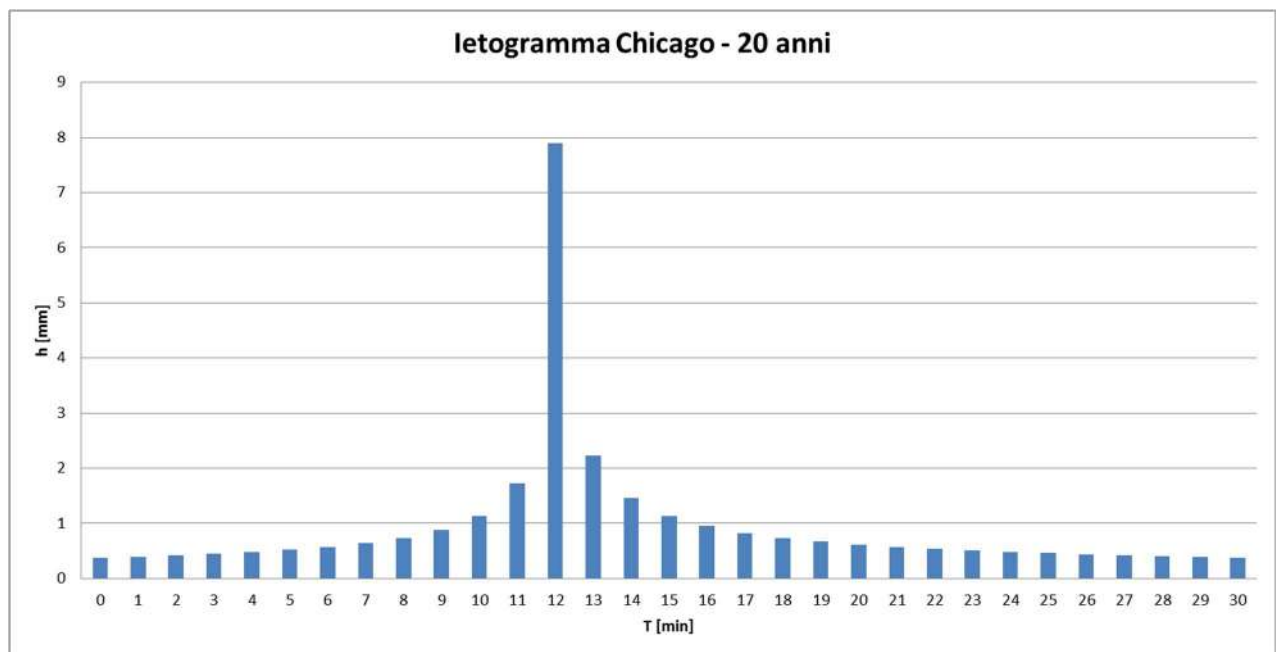
$$Hm(tc) = 1.1287\mu g(\tau/24)^{-0.493+0.476\log(\mu g)}$$

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

Nel caso in esame, i dati di ingresso per le curve di possibilità pluviometrica sono riportati di seguito:

μ_g	50
SZO	2
Durata ietogramma τ (minuti)	30
ARF	1

Gli ietogrammi calcolati per tempi di ritorno di 20 e 50 anni sono riportati di seguito .



Calcolo dell'idrogramma di piena

Utilizzando il software HEC-HMS si è quindi proceduto al calcolo dell'idrogramma di piena utilizzando il metodo SCS-CN. Al fine dell'applicazione di tale metodo è necessaria la conoscenza del CN come precedentemente calcolato e delle perdite iniziali I_a [mm], dove

$$I_a = 0.2 \cdot S \text{ [mm]}$$

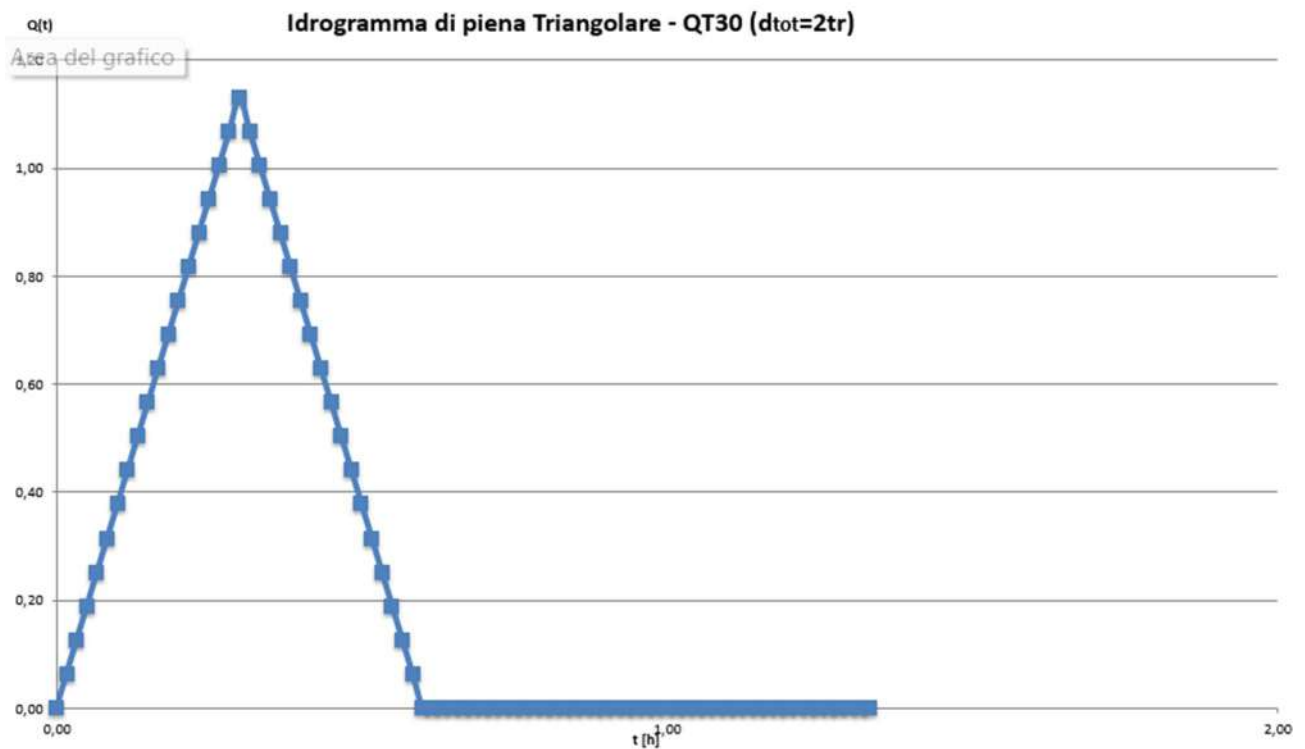
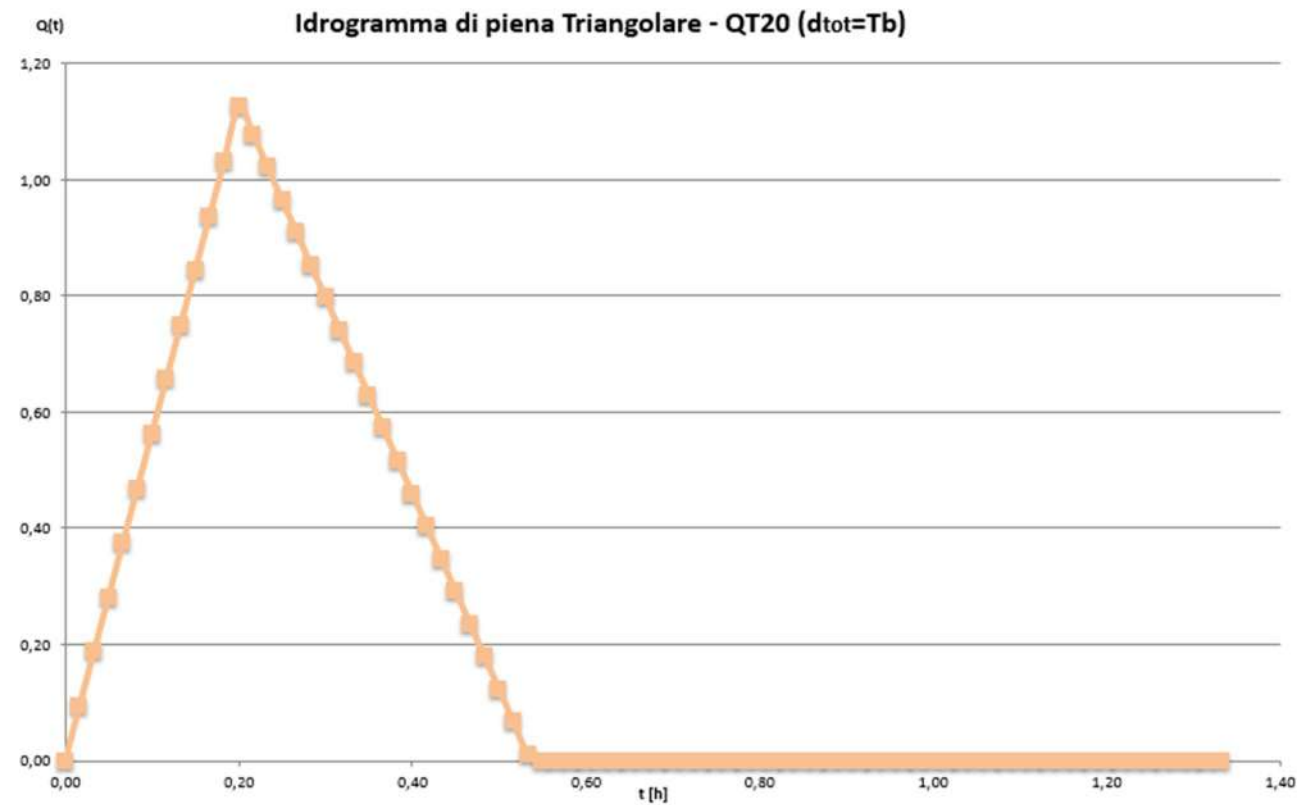
ed S è la massima capacità di assorbimento del bacino per infiltrazione (mm) calcolato come:

$$S = 254 \times [(100/\text{CN}) - 1]$$

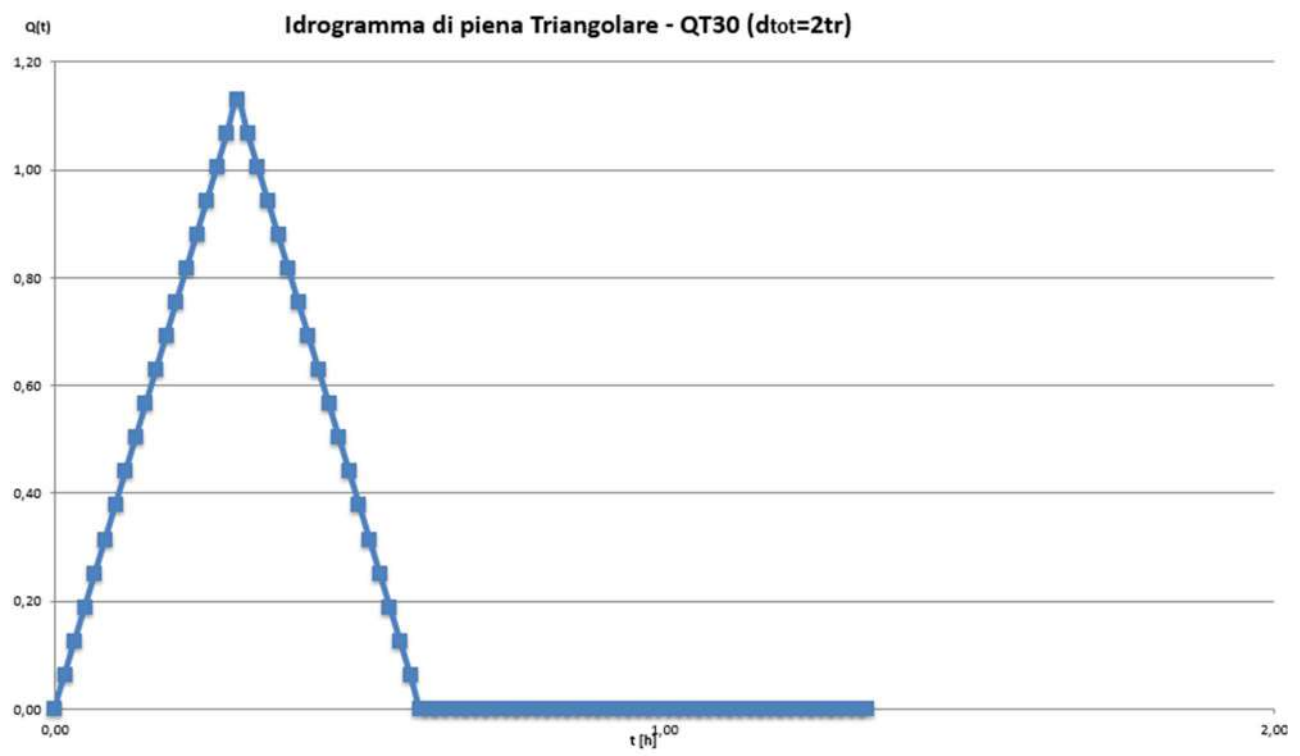
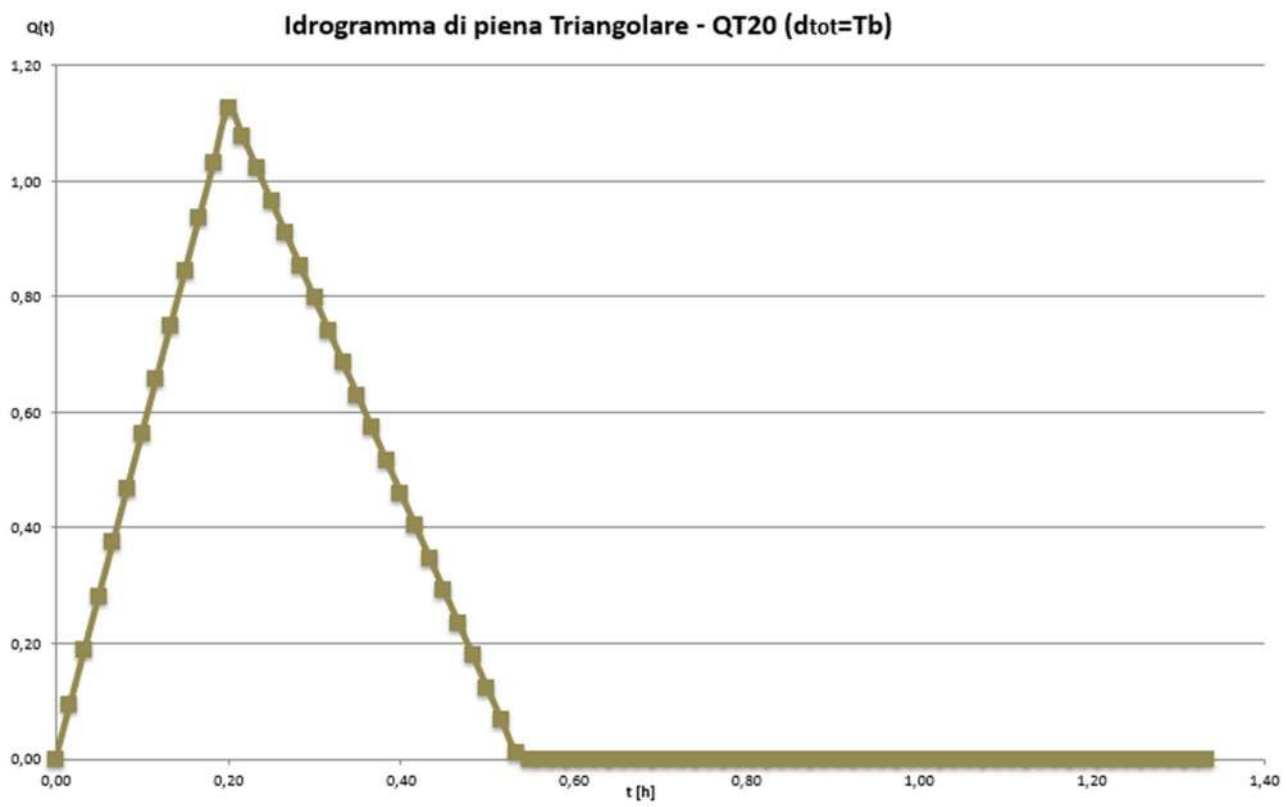
Sia per la situazione ante e post intervento si sono considerato i CN (AMC III) precedentemente calcolati. I parametri di ingresso nella condizione ante e post intervento sono riportati di seguito:

	CN (AMC III)	Perdite iniziali I_a [mm]
Stato attuale	94,35	3,04
Post intervento	94,35	3,04

SITUAZIONE ANTE



SITUAZIONE POST



Da tali idrogrammi sono stati derivati i volumi di piena e le portate di picco:

	Portata di picco	Volume di piena
	[mc/s]	[mc]
ante	1.13	1821.49
post	1.13	1821.49

Come è possibile vedere, **le tipologie di pavimentazioni e coperture previste permettono di ottenere una sostanziale invarianza delle portate di picco e dei volumi di piena.**

7. INDICAZIONI PROGETTUALI

La recente introduzione dell'art. 47 della N.A. del PAI mette l'accento sui aspetti di dettaglio che solitamente venivano demandati alla fase esecutiva dei lavori.

I calcoli e le considerazioni fatte nel capitolo precedente hanno fornito puntuali e dettagliate indicazioni che in fase di dimensionamento e realizzazione degli interventi del Piano di lottizzazione verranno attuati.

In sintesi si possono così riassumere:

- *invarianza del punto di recapito*: non sarà effettuata alcuna variazione circa i punti di recapito delle portate convogliate dalla rete di dreno.
- *invarianza delle quote altimetriche*: le urbanizzazioni, piazzali e strade, dovranno essere riportati agli attuali livelli morfologici previa bonifica (strade) di circa 30/40cm di terreno limoso per la creazione di un idoneo pacchetto di fondazione stradale, che riporterà la quota delle sistemazioni a quote compatibili con le attuali.
- *invarianza della capacità di dreno delle aree limitrofe*: **le tipologie di pavimentazioni e coperture previste permettono di ottenere una sostanziale invarianza delle portate di picco e dei volumi di piena**

8. VALUTAZIONE DEL PROGETTO AI FINI DEL P.A.I.

Premesso che l'articolo 23 delle Norme di Attuazione del P.A.I. «**Prescrizioni generali per gli interventi ammessi nelle aree di pericolosità idrogeologica**» prevede che «[...] allo scopo di impedire l'aggravarsi delle situazioni di pericolosità e di rischio esistenti nelle aree di pericolosità idrogeologica tutti i nuovi interventi previsti dal PAI e consentiti dalle presenti norme devono essere tali da:

- *migliorare in modo significativo o comunque non peggiorare le condizioni di funzionalità del regime idraulico del reticolo principale e secondario, non aumentando il rischio di inondazione a valle;*
- *migliorare in modo significativo o comunque non peggiorare le condizioni di equilibrio statico dei versanti e di stabilità dei suoli attraverso trasformazioni del territorio non compatibili;*
- *non compromettere la riduzione o l'eliminazione delle cause di pericolosità o di danno potenziale nè la sistemazione idrogeologica a regime;*
- *non aumentare il pericolo idraulico con nuovi ostacoli al normale deflusso delle acque o con riduzioni significative delle capacità di invasamento delle aree interessate;*
- *limitare l'impermeabilizzazione dei suoli e creare idonee reti di regimazione e drenaggio;*
- *favorire quando possibile la formazione di nuove aree esondabili e di nuove aree permeabili;*
- *salvaguardare la naturalità e la biodiversità dei corsi d'acqua e dei versanti;*
- *non interferire con gli interventi previsti dagli strumenti di programmazione e pianificazione di*

- *protezione civile;*
- *adottare per quanto possibile le tecniche dell'ingegneria naturalistica e quelle a basso impatto ambientale;*
- *non incrementare le condizioni di rischio specifico idraulico o da frana degli elementi vulnerabili interessati ad eccezione dell'eventuale incremento sostenibile connesso all'intervento espressamente assentito;*
- *assumere adeguate misure di compensazione nei casi in cui sia inevitabile l'incremento sostenibile delle condizioni di rischio o di pericolo associate agli interventi consentiti;*
- *garantire condizioni di sicurezza durante l'apertura del cantiere, assicurando che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, un significativo aumento del livello di rischio o del grado di esposizione al rischio esistente;*

Il progetto in essere è da ritenersi valutabile in funzione delle prescrizioni previste per le opere e gli interventi.

Poiché gli interventi in progetto non alterano sostanzialmente lo stato dei luoghi, in riferimento agli aspetti idraulici, non si rileva alcun contrasto con le previsioni del P.A.I. e delle sue Norme di Attuazione poiché il rischio specifico dei luoghi risulterà invariato.

9. VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DEL PROGETTO SULLA PERICOLOSITA' E SUL RISCHIO AI FINI DEL P.A.I. E CONCLUSIONI

Per pervenire ad un giudizio di compatibilità idraulica delle opere in oggetto è stato condotto uno studio di dettaglio di tipo geologico, morfologico e geotecnico, considerazioni di carattere idrologico e idraulico dell'area dal quale è emerso che l'area non presenta indizi di pericolosità in atto o potenziali.

Nell'ambito della procedura indicata dalle Linee Guida del P.A.I. per la determinazione degli areali da sottoporre a perimetrazione per pericolosità idrauliche, l'insieme di interventi previsti in progetto non andrà a modificare i parametri che concorrono alla definizione della Carta della Pericolosità Idraulica. L'inserimento dell'opera influirà sostanzialmente solo nel peso relativo agli elementi a rischio che di contro non influisce sulle valutazioni finali

Sulla base degli elementi esposti nel presente studio si può concludere quanto segue:

- NON sono presenti nell'area delle zone a pericolosità idraulica precedentemente mappate da studi di cui all'art. 8 c. 2 effettuato dal Comune di Assemini in adeguamento del PUC al PAI;
- verosimilmente la realizzazione delle opere come quelle in progetto non darà luogo a condizioni che possano aumentare il livello di pericolosità presente;
- le indicazioni progettuali riportate nel presente elaborato garantiscono il rispetto delle condizioni di invarianza idraulica di cui all'art. 47 delle N.T.A. del P.A.I.
- non sono state rilevate modifiche al quadro conoscitivo ed alle previsioni dello studio comunale di assetto idrogeologico.

In definitiva le condizioni **ex ante** ed **ex post** intervento sono favorevoli alla realizzazione dell'intervento secondo le prescrizioni di legge.