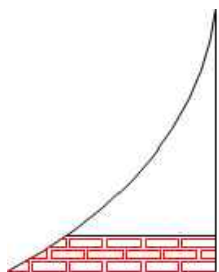


ELABORATO SOSTITUTIVO DEL CORRISPONDENTE
ELABORATO A5 PRESENTATO IN DATA 01.11.2025
PROT. 76878 del 03.11.2025



FONDIARIA ESTATE S. R. L.

Progetto

VARIANTE AL PIANO DI LOTTIZZAZIONE CONVENZIONATA "IS ARGOLAS" IN ZONA G SOTTOZONA G1_1.

Elaborato

Relazione sullo studio per la verifica dell'invarianza idraulica (a' sensi dell'art. 47 delle NA del PAI).

Oristano, li 5 di Febbraio del 2026

Elaborato **A5**

Il Progettista
Dott. Ing. Ernesto Pia



FONDIARIA ESTATE SRL

Eseguito da:

Dott. Ing. Ernesto Pia

Dott. Geol. Giovanni Mele

RELAZIONE SULLO STUDIO PER LA VERIFICAZIONE DELL'INVARIANZA IDRAULICA

(ai sensi dell'art. 47 delle NA del PAI)

Premessa

Il presente lavoro è preordinato al progetto di variante urbanistica del Piano di lottizzazione convenzionata "Is Argiolas" in Oristano nel quale è integrato.

Il Piano di Lottizzazione originario "Is Argiolas" fu adottato in data 19.01.2016 (Deliberazione del Consiglio Comunale n. 7), approvato definitivamente il 15.06.2016 (Deliberazione del Consiglio Comunale n. 62), pubblicato sul Buras l'11.08.2016, approvato altresì, a' fini paesaggistici, ai sensi dell'art. 9 della LR 12.08.1998, n. 28, con Determinazione n. 1486, del 20.06.2016, del Direttore del Servizio di tutela paesaggistica per le province di Oristano e Medio Campidano e fu definitivamente oggetto di convenzione tra Comune e lottizzante per atto pubblico del 15.12.2020 a rogito del notaio dott. M. Corona di Cagliari, rep./racc. 18222/12347 e, infine, è stata presentata istanza al competente Ufficio comunale, unitamente al relativo progetto esecutivo, ai fini del rilascio –di cui si è attualmente in attesa– del Permesso di costruire le opere di urbanizzazione.

La variante in progetto è relativa all'area già lottizzata ricadente in zona omogenea G, sottozona G1_1, del vigente PUC, destinata ad accogliere servizi generali, quali attrezzature di servizio, parchi, strutture per lo sport e il tempo libero, attività commerciali, attività ricettive, servizi, attrezzatura e attività operanti nei settori produttivi, servizi socio-sanitari e socio-culturali e tutte le infrastrutture di area vasta.

Nell'area oggetto di pianificazione insiste, da tempo alquanto risalente, una consistente volumetria ripartita in numerosi edifici e corpi di fabbrica per i quali si manifesta la necessità di riqualificazione, al fine di preservare tale patrimonio edilizio da un incombente ed inesorabile degrado e, anzi, di valorizzarlo.

Nel corso della realizzazione dell'intervento, si è palesata la necessità di apportare alcune modifiche all'originario Piano di lottizzazione, sia per quanto riguarda alcuni edifici già previsti, in termini di volumetria, di posizione nel lotto, di configurazione tipologica, di destinazioni d'uso e sia di introduzione di nuovi edifici pur lasciando, nella stessa variante del Piano, del tutto inalterati i principi fondamentali di pianificazione, il dimensionamento volumetrico totale, gli indici di fabbricabilità, la consistenza e il perimetro dell'area interessata dall'intervento, le dotazioni degli spazi pubblici (gli standard urbanistici S3 e S4) e degli spazi ad uso pubblico già definiti.

Le opere di urbanizzazione primaria e, in particolare, le aree a verde e i parcheggi pubblici, cioè le aree cedute al Comune per gli standard S3 e S4, resteranno immодificate rispetto alle rispettive configurazioni del Piano originario, così come la porzione del lotto coincidente con la parte più vecchia dell'edificato, col relativo piazzale, identificata con chiarezza nei grafici seguenti e in quelli della tavola allegata.

Ai fini di quanto attiene strettamente al presente studio, il progetto di variante urbanistica modifica l'impronta sul terreno all'interno del lotto, e quindi il funzionamento del sistema idraulico, ma solo in una sua parte (Aree di raccolta Nord e Sud), a causa della diversa configurazione geometrica degli edifici (a parità di volume totale), di alcune lievi modifiche del tracciato delle strade private interne al lotto e della distribuzione dei parcheggi interni al lotto, rispetto al Piano di lottizzazione originario. Le altre aree suddette –quelle sulle quali non si ha alcun intervento urbanistico-edilizio– sono completamente indipendenti e autonome, sia per quanto concerne la raccolta delle acque di origine meteorica, sia per la rete delle condutture di drenaggio, sia per i recapiti dei deflussi e non subiscono alcuna influenza e modificazione al regime idraulico che le riguarda, preesistente al presente intervento, e inoltre sono completamente neutre e ininfluenti rispetto alla risposta idraulica del resto del lotto e, quindi, rispetto al principio di invarianza idraulica che si deve applicare. È pertanto superfluo applicare la verifica analitica dell'invarianza idraulica a queste aree, in quanto è oltremodo evidente che si avrebbe una variazione di portata effluente pari a zero.

Lo scopo precipuo del presente studio è quello di verificare che le caratteristiche di realizzazione degli interventi di trasformazione territoriale, come previsti dal presente progetto di variante, permettano di mantenere invariata la risposta idraulica dell'area oggetto dell'intervento e, quindi, dell'intero lotto, rispetto alla risposta idraulica caratteristica della configurazione originaria del Piano di lottizzazione convenzionata.

Pertanto si limiterà la verifica analitica dell'invarianza idraulica alle aree di raccolta Nord e Sud e tale verifica è evidente che equivale alla verifica di invarianza idraulica per l'intero lotto.

Individuazione del sito e classificazione

L'area interessata dall'intervento pianificatorio sorge alla periferia cittadina, ad oriente della ferrovia e confina con la via Ghilarza, la traversa della via Ghilarza denominata catastalmente "de Is Antas" e col prolungamento della via Ozieri, per il resto confina con proprietà private di terzi.

È ricompresa, quindi, nel comparto di *zona territoriale omogenea G, sottozona G1_1* posto nelle immediate adiacenze della linea ferroviaria e va a definire, nella quasi totalità, la pianificazione attuativa di questo comparto, tenuto conto degli altri interventi già proposti o approvati.

La superficie di intervento è di circa 149041 m² ed è individuata con linea perimetrale rossa nella seguente fotografia.



Area di intervento

L'attribuzione della classe all'intervento di trasformazione territoriale, secondo quanto previsto dalle "linee-guida e indirizzi operativi per l'attuazione del principio della invarianza idraulica" emanato dall'ADIS, si effettua secondo la seguente

Tabella di classificazione

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

e, pertanto, si individua per il presente piano attuativo una "classe d".

Si deve, tuttavia, preliminarmente considerare che l'area di intervento è in gran parte già edificata e infrastrutturata in conseguenza del suo storico e pluricentenario uso industriale, commerciale e agricolo.

Con l'intervento di riqualificazione urbanistica operata dal Piano di lottizzazione convenzionata "Is Argiolas" l'area è convertita in un compendio territoriale per servizi, ma per quanto concerne, strettamente, l'aspetto idraulico, la situazione attualmente è già "a regime", ampiamente definita e collaudata.

Il presente progetto di variante modifica, seppur lievemente, le condizioni idrologiche e idrauliche e questo giustifica la necessità della verifica dell'invarianza idraulica rispetto alla configurazione "ante operam" del Piano di lottizzazione originario che deve essere considerata la condizione iniziale tecnicamente e legittimamente esistente.

Di fatto, l'area è già completamente dotata della rete infrastrutturale dei canali di drenaggio e delle opere di ricezione e smaltimento e la funzionalità del sistema è, quantomeno, già condizionata e indirizzata, anche per i futuri sviluppi, da situazioni difficilmente o per niente modificabili, quali lo stato dell'edificato e la configurazione planimetrica del sito, le altimetrie e le pendenze del suolo e delle condutture, lo schema di funzionalità generale, i recapiti.

Si deve riconoscere che sinora, alla prova dei fatti, il sistema di drenaggio esistente ha dato risposta adeguata e apprezzabile.

Questo stato di fatto definisce diverse, esistenti, distinte e indipendenti aree di raccolta, dotate ciascuna di distinti recapiti per le portate di deflusso.

Pertanto la sostanziale rigidità delle condizioni iniziali, dei criteri e dello schema di funzionamento suggeriscono il mantenimento delle stesse, esistenti, distinte e indipendenti aree di raccolta con le relative superfici scolanti.

D'altra parte, le modificazioni introdotte dalla presente variante interesseranno solo alcune delle suddette diverse aree di raccolta e appare superfluo effettuare le verificazioni della risposta

idraulica delle aree di raccolta che non subiscono interventi modificativi ed effetti sul loro regime idraulico dalle altre porzioni del lotto e, viceversa, non producono effetti sulle altre. Pertanto verranno sottoposte a verifica dell'invarianza idraulica solo le aree interessate dalle variazioni previste dal presente progetto di variante.

Bacino idrografico in cui ricade il sito di intervento

Data l'estensione del lotto, agendo in favore della sicurezza e tenuto conto degli indirizzi delle Linee-guida dell'ADIS, si ritiene di effettuare la verifica idrologica del bacino di riferimento, coincidente con quello individuato dal Comune sulla base dello Studio di compatibilità idraulica di adeguamento del PUC al PAI a' sensi dell'art. 8, comma 2, delle NA del PAI.

La zona indagata è compresa nell'ampio settore del Campidano settentrionale ed è delimitata a Nord ed Est rispettivamente dai complessi vulcanici del Monti 'e ferru e del Monte Arci, mentre il limite occidentale è costituito dalla linea di costa che delinea il golfo di Oristano.

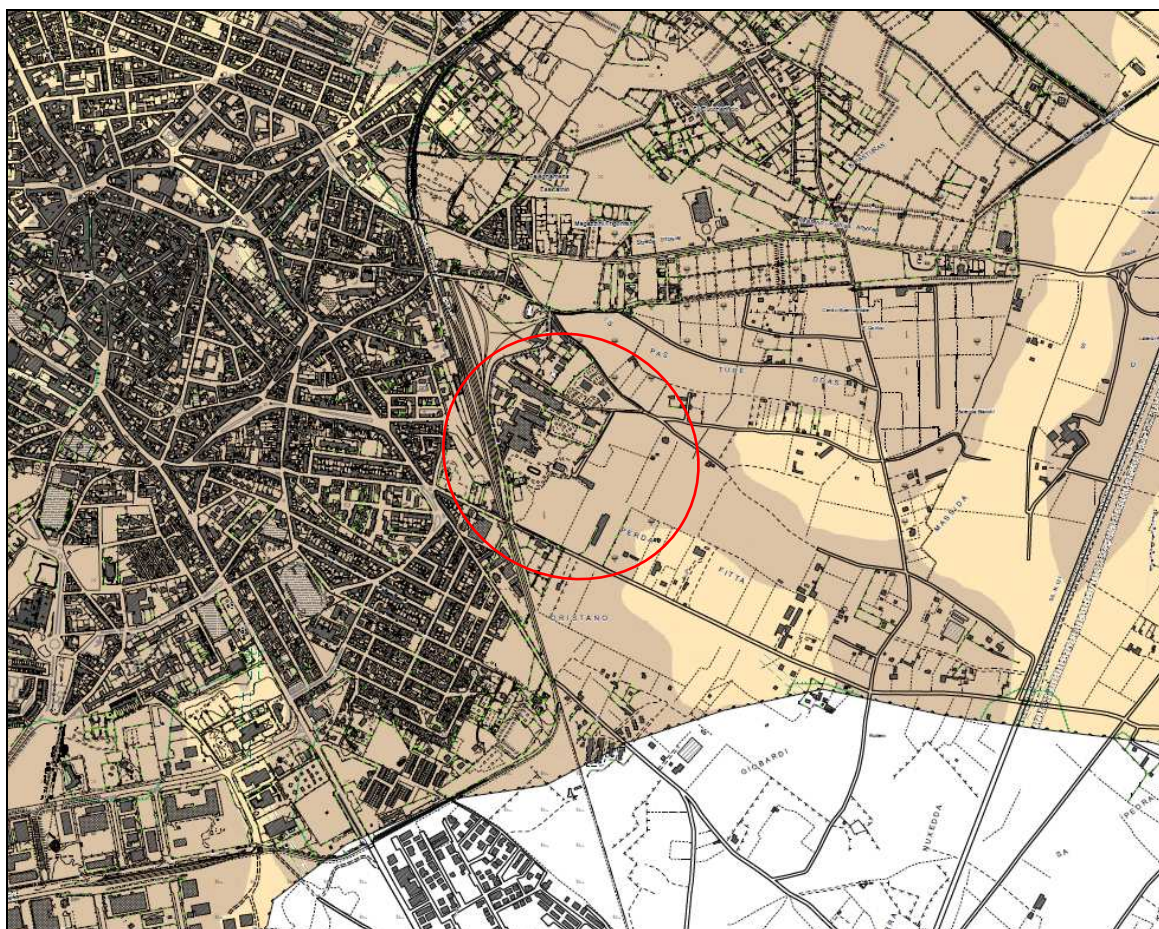
L'area è prevalentemente pianeggiante e non presenta dunque alcun problema di stabilità relativamente a fenomeni franosi, così come, per quanto concerne i fenomeni alluvionali e di esondazione, non risultano situazioni di pericolosità.

La conformazione pianeggiante è interrotta, nell'area vasta, da pochi rilievi appena accentuati che presentano quote assai modeste. A Est del sito, in lontananza, si possono osservare le propaggini del Monte Arci con quote massime, limitatamente al territorio considerato, pari a circa 210 m s.l.m..

Tra le forme tipiche del territorio, sono da citare quelle di natura fluviale quali i terrazzi fluviali con i relativi orli di scarpata, i cui dislivelli risultano comunque molto modesti.

Relativamente alle forme antropiche, è da rilevare nelle vicinanze del luogo, la presenza delle aree di cava di sabbia, l'area aeroportuale, le aree di antica discarica di rifiuti urbani.

Variante al Piano di lottizzazione "Is Argiolas" in zona G1_1 del PUC - Oristano
Relazione sullo Studio per la verifica dell'Invarianza idraulica



Legenda			
codice - DESCRIZIONE	Cronoi- Evol	FORME DI VERSANTE DOVUTE AL DILAVAMENTO	Cronoi- Evol
FORME FLUVIALI E DI VERSANTE		FD15 - orlo di scarpata di erosione fluviale altezza < 5 m	A - E
FD06 - tracce di corso fluviale estinto	Oi - NE	FD28 - corso alluvionale con pendenza tra il 2 e il 10%	Ps - E
FD07 - tracce di corso fluviale incerto	Ps - NE	FD33 - depressione palustre	Oi - E
FD15 - orlo di scarpata di erosione fluviale o di terrazzo altezza < 5 m	A - E	FORME STRUTTURALI E VULCANICHE	
FD13 - vallaccola a V	A - E	GS10 - superficie strutturale	Pi/Ps - NE
FD36 - orlo di terrazzo alluvionale	Ps - NE	FORME EOLICHE	
FORME STRUTTURALI		EL01 - duna	Oi/A - NE
GS13 - orlo di scarpata ripida influenzata dalla struttura	A - E	FORME ARTIFICIALI	
FORME DI DILAVAMENTO DI ORIGINE MARINA, LAGUNARE O LACUSTRE		AN05 - area di scavo di cava	A - E
ML03 - linea di riva con tendenza evolutiva in avanzamento	A - E	AN11 - laghi di cava	A - E
ML04 - linea di riva con tendenza evolutiva in erosione	A - E	AN26 - discarica controllata di rifiuti urbani	A - E
ML05 - bocca lagunare	A - E	AN21 - discarica di tout venant degli scavi	A - E
ML07 - canale lagunare	A - E	AN40 - discariche derivanti da drenaggi	A - E
FORME ARTIFICIALI		AN43 - area palustre bonificata	A - E
AN02 - opera di difesa fluviale	A - E		
AN33 - argini principali	A - E	Dati morfo cronologici	Dati morfo evolutivi
AN34 - rilevato stradale	A - E	P1 = Pliocene	E = forme in evoluzione per processi attivi o rattivabili
AN37 - diga a mare o verso laguna	A - E	Pi = Pleistocene inferiore	NE = forme non più in evoluzione o non rattivabili
Litologia del substrato		Pm = Pleistocene medio	
Cod. Descrizione		Ps = Pleistocene superiore	
LS05, Rocce prevalentemente arenitiche (arenarie e sabbie)		Oi = Olocene	
LS06, Rocce rudatiche (ghiaie e conglomerati)		A = Attuale	
LS07, Rocce effusive e vulcanoclastiche			

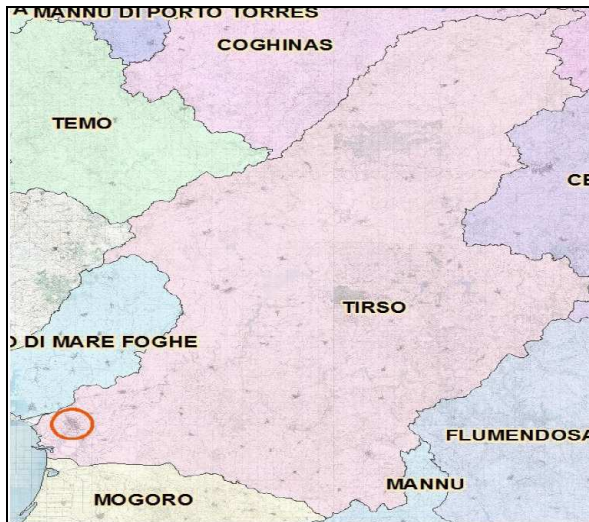
Stralcio della Carta geomorfologica dello Studio di compatibilità geologica e geotecnica del territorio comunale (Tav.05b)



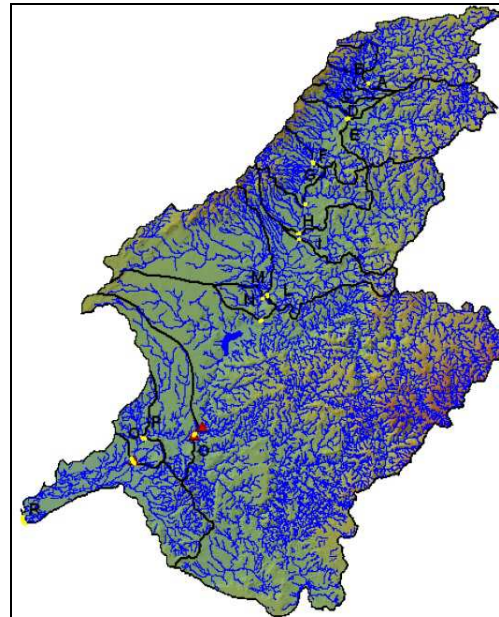
Stralcio della Carta delle acclività dello Studio di compatibilità geologica e geotecnica del territorio comunale (Tav.01b)

L'idrografia superficiale dell'area vasta è caratterizzata principalmente dal sistema drenante del fiume Tirso, con i due rii S'Aoru e Nura Craba che fungono da colatori, in sponda destra. Il tratto finale del fiume Tirso scorre in direzione Est-Ovest, a una distanza pari a circa 3 km in linea d'aria a Nord del lotto di interesse, e dai numerosi canali di irrigazione che caratterizzano la zona dell'Oristanese.

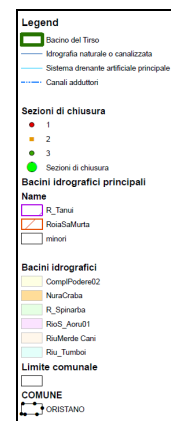
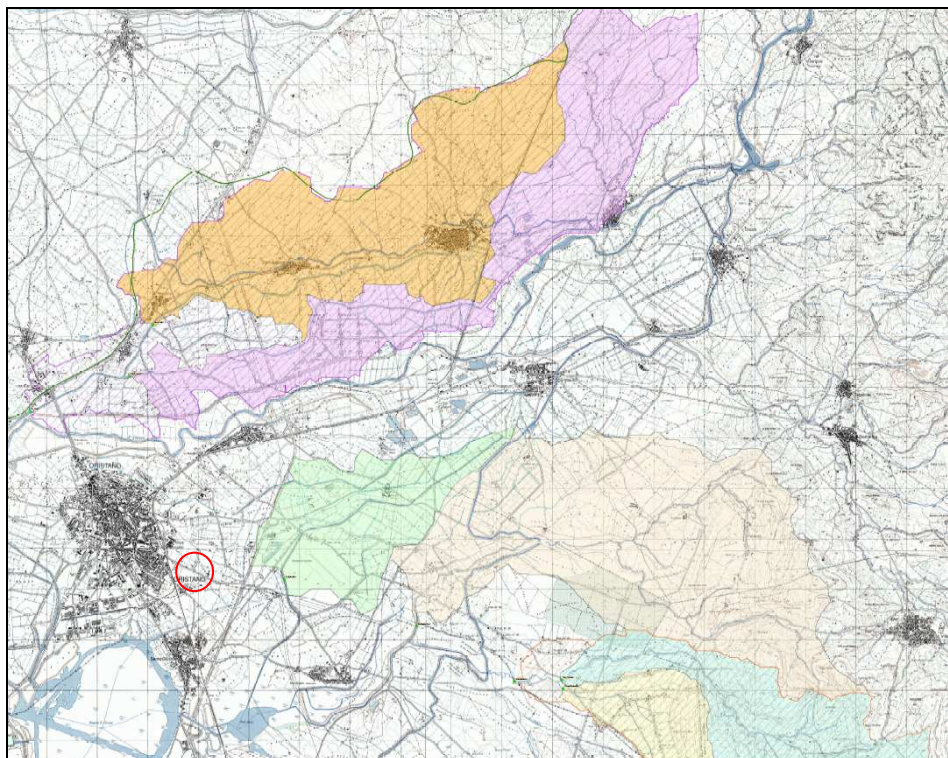
Variante al Piano di lottizzazione "Is Argiolas" in zona G1_1 del PUC - Oristano
Relazione sullo Studio per la verifica dell'Invarianza idraulica



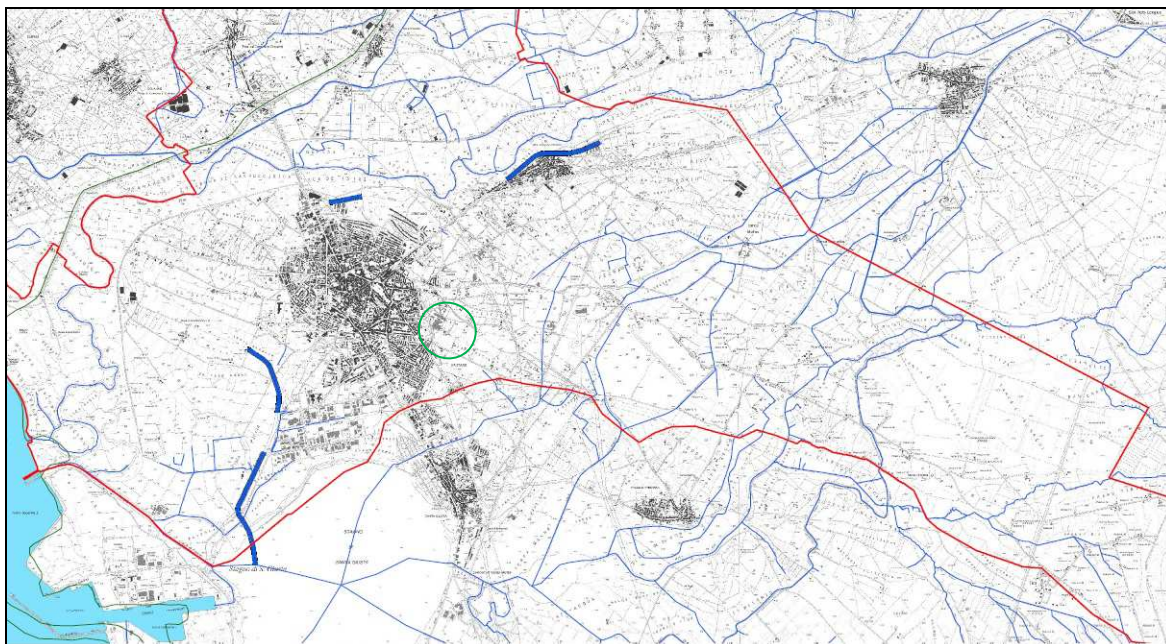
Sistema dei bacini principali



– Bacino idrografico del Tirso con i sottobacini in cui viene suddiviso



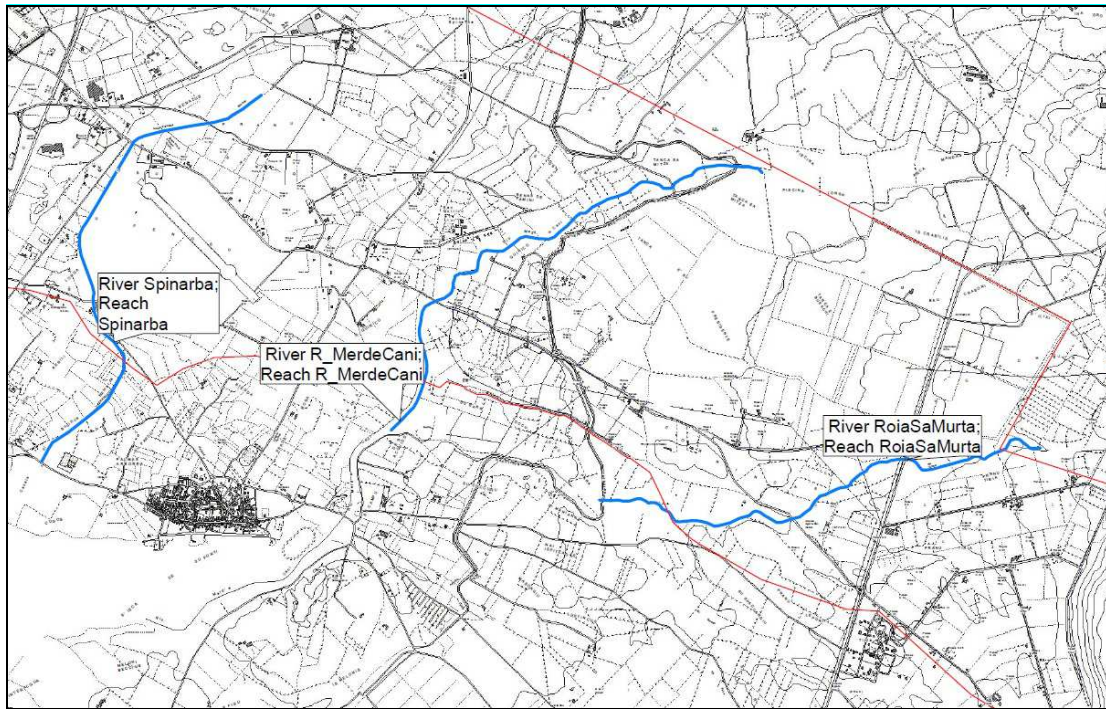
Studio di compatibilità idraulica, geologica e geotecnica del Comune di Oristano, Stralcio della Carta dei Bacini idrografici



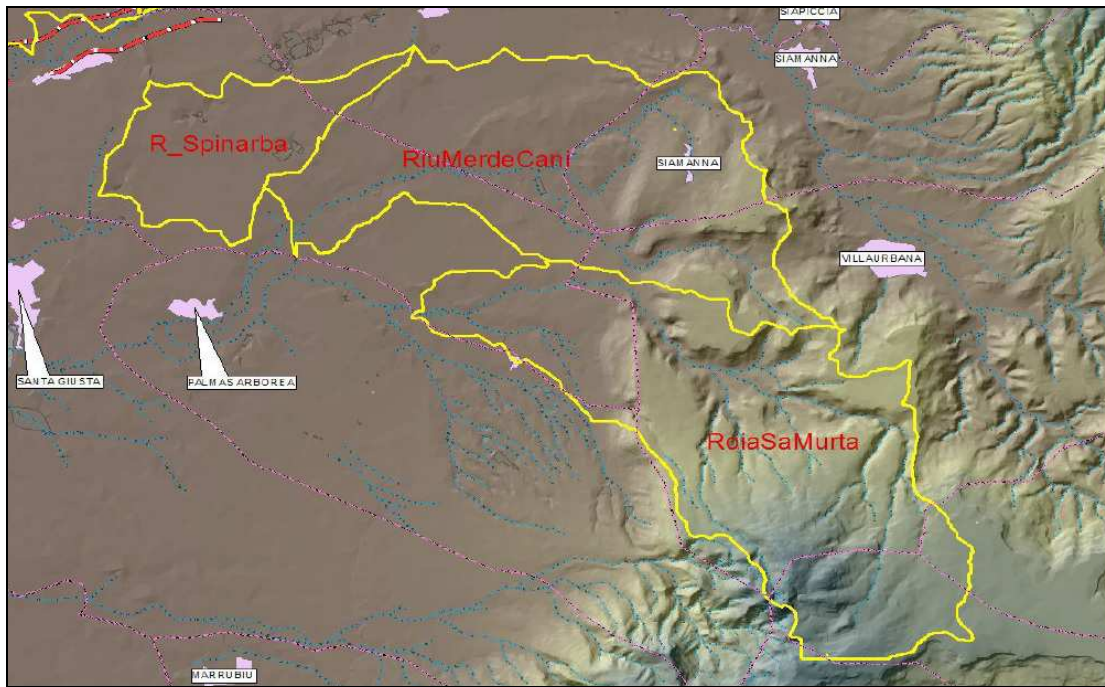
Stralcio del reticolo idrografico dell'area estesa (Studio di compatibilità idraulica, geologica e geotecnica del Comune di Oristano).

A Sud del Tirso il sistema dei deflussi è costituito da tre aree drenanti:

- il Rio Merd'e cañi che ha origine nel Comune di Solarussa e raccoglie, nel suo corso, alcuni altri rii con compluvi di ridotte dimensioni;
- il Rio Roi'e sa Murta che nella sua parte sommitale presenta un reticolo idrografico estremamente ramificato e proveniente dal versante nord orientale del Monte Arci.
- il Canale di bonifica di Spinarba che ha origine nel Comune di Simaxis ed ha il compito di drenare le acque dei vari comparti agricoli. Questo canale non individua un compluvio dettato dall'orografia presente, ma rappresenta una rete di bonifica.



Comparto drenante in sinistra del Tirso.

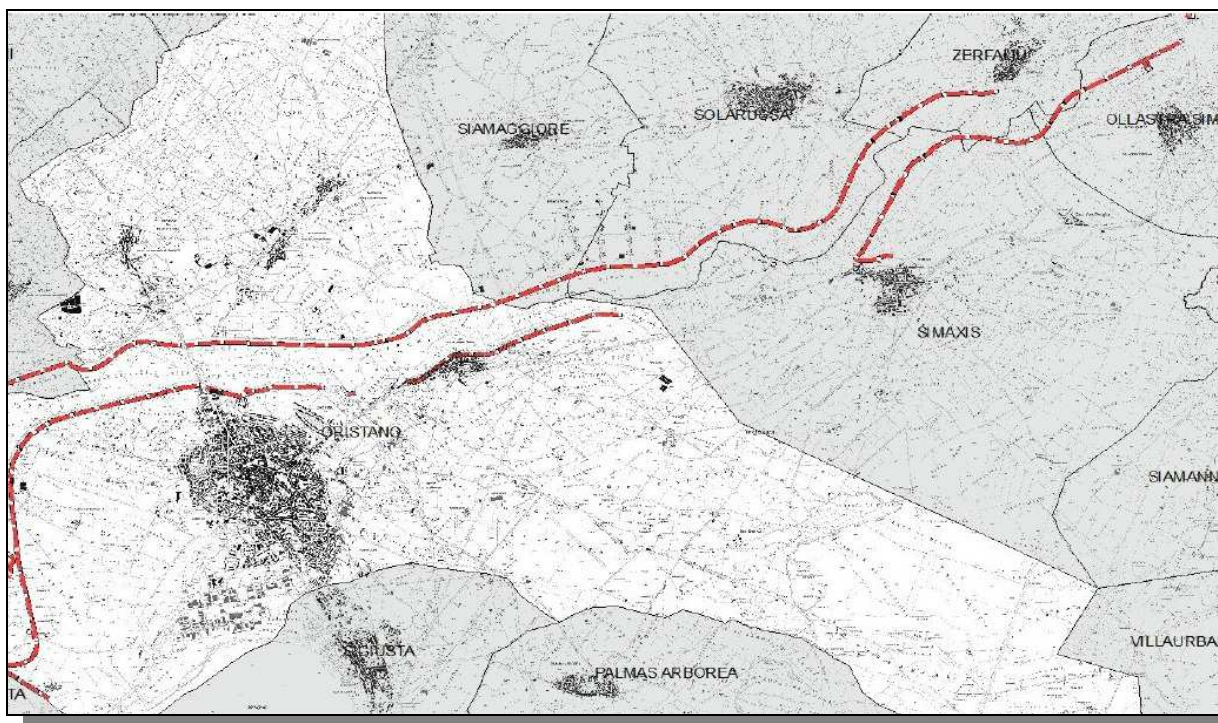


Sistemi drenanti a Sud del Tirso su base DTM 10m.

Per le finalità che ci si propone, lo studio deve essere senz'altro focalizzato sul reticolo minore, come individuato dalla deliberazione n. 3 del 30.07.2015 dell'Autorità di Bacino-Comitato Istituzionale.

La presenza di interventi antropici e di difesa idraulica quali l'argine sinistro del Tirso, la SS 131 e la linea ferroviaria hanno sostanzialmente definito aree disgiunte dagli apporti dei bacini esterni.

Aree generalmente caratterizzate dall'esigua pendenza della rete drenante e delle superfici scolanti, con tiranti idrici modesti e velocità di deflusso sostanzialmente nulle non riconducibili ad alcun corso d'acqua.



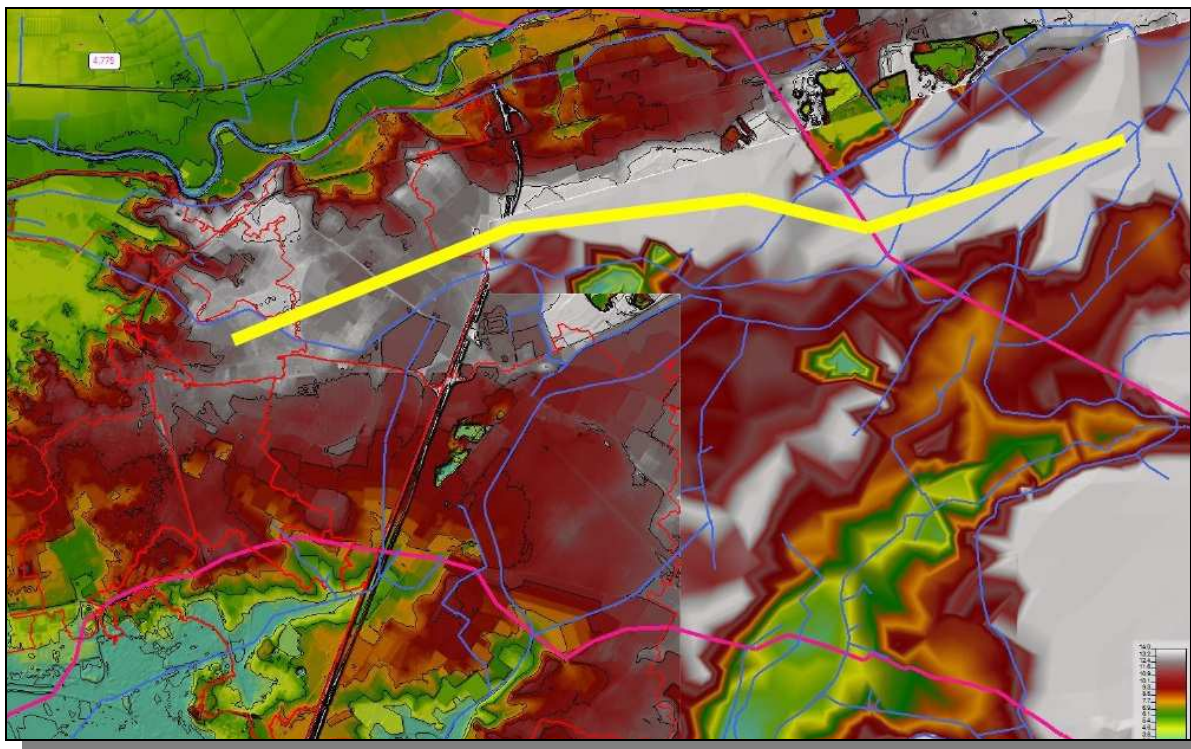
Arginatura del Tirso e linea ferroviaria (Studio di compatibilità idraulica, geologica e geotecnica del Comune di Oristano).

In particolare, sono di interesse le aree ad Est dell'abitato di Oristano con alcune singolarità che caratterizzano lo scorrimento superficiale delle acque di pioggia, in particolare l'alto topografico posto in zone mediana tra la SS 131 e l'abitato.

Parallelamente al percorso del Tirso, si evidenzia quest'alto morfologico lungo un allineamento che idealmente unisce Simaxis ad Oristano.

La sottostante figura, nella quale è ben evidente il percorso della SS 131, individua alla sua sinistra l'alto topografico relativo al contesto de Is Pasturas, che a sua volta tende ad estendersi

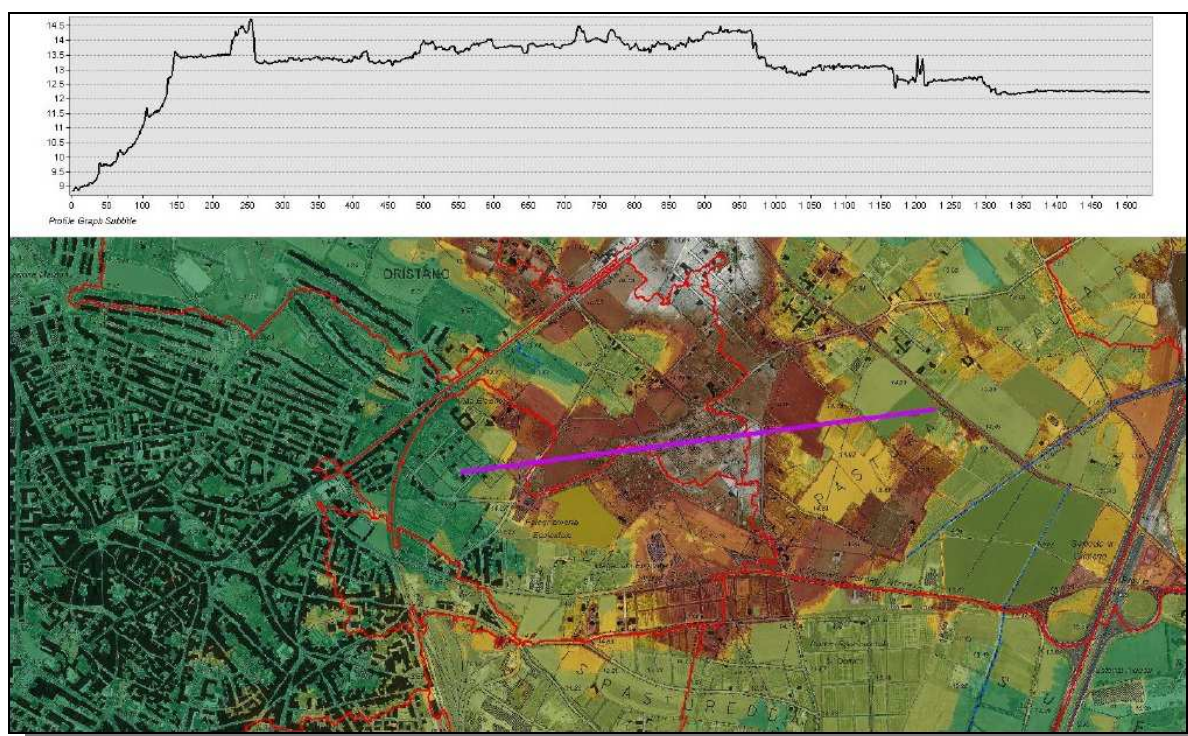
verso ovest con variazioni di quota ma che determina sostanzialmente una divisione tra i deflussi verso nord e quelli verso sud. La linea gialla in figura rappresenta qualitativamente l'andamento della linea di displuvio tra il settore Nord e il settore Sud.



Mosaico Dtm 10 m – 1 m su area ad est dell'abitato di Oristano (Studio di compatibilità idraulica, geologica e geotecnica del Comune di Oristano).

La sottostante immagine su base Dtm 1m, evidenzia ancor più l'alto topografico in zona mediana tra la SS 131 e l'abitato.

La sezione trasversale mostrata in figura quantifica il dislivello tra la zona sommitale dell'alto topografico e il circondario.



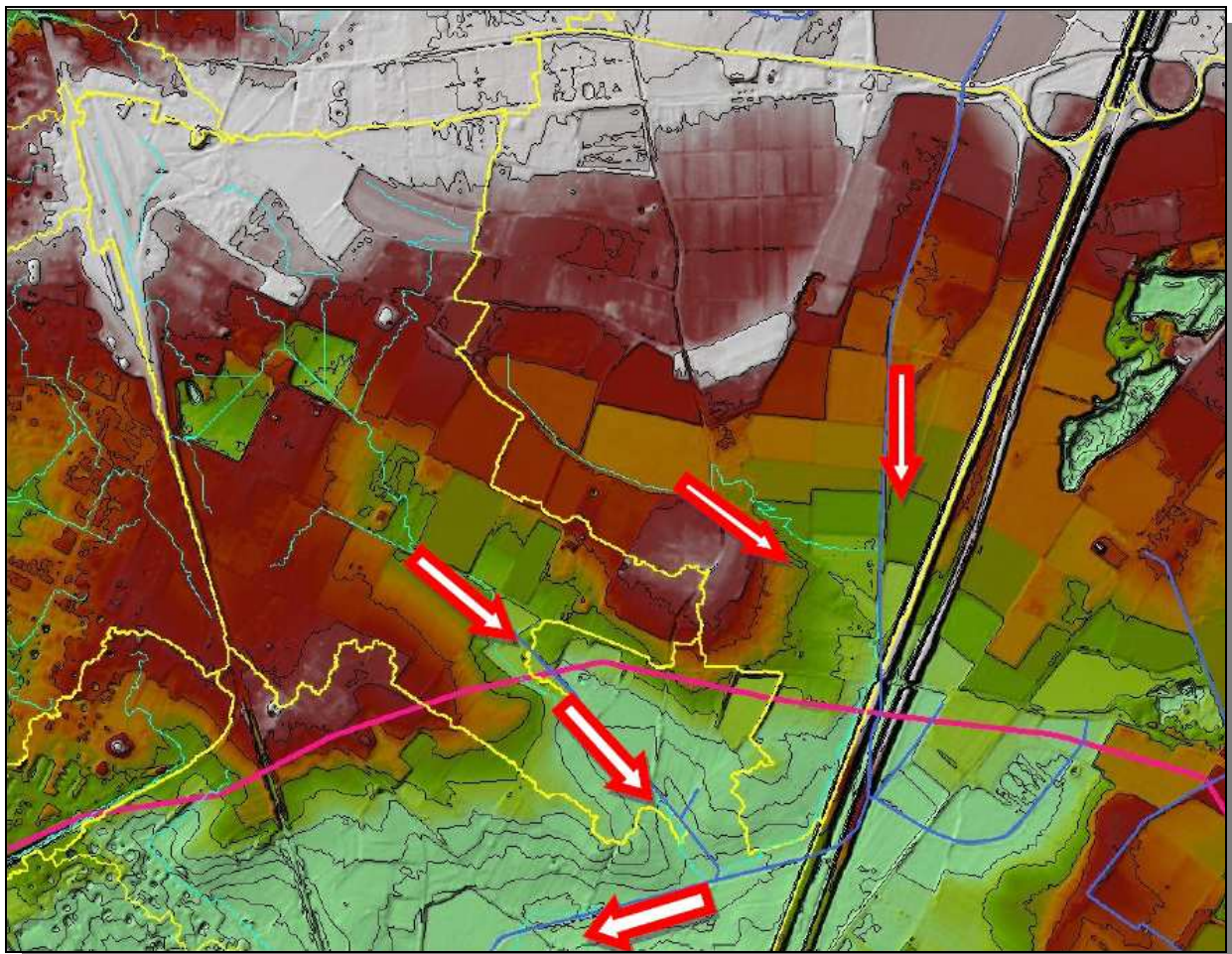
Stralcio su area de Is Pasturas e sezione trasversale su Dtm 1 m – in rosso gli spartiacque
(Studio di compatibilità idraulica, geologica e geotecnica del Comune di Oristano).

Separato da questo dislivello, tenderebbe a scorrere a nord, verso l'abitato, solamente il deflusso proveniente dal settore ad occidente dell'area de Is Pasturas. Mentre i deflussi ricadenti ad Est de Is Pasturas tenderebbero in linea di principio a ripartirsi a nord in direzione del Tirso e a sud verso il bacino del Canale Spinarba.

In realtà, la presenza delle risaie, e poco a monte dell'attività di cava, tende a far sì che le piogge si accumulino all'interno di queste, costituenti sostanzialmente una cassa di espansione, minimizzando allo stato attuale le condizioni di deflusso.

Tra le aree drenanti verso sud dobbiamo, in specie, individuare la porzione ricompresa tra la SS 131 e l'abitato che fa capo al sistema drenante che attraversa la località di Cort'e Baccas, a nord di Santa Giusta, e successivamente si immette nello stagno poco a monte del paese.

Nel tratto di origine si individuano due elementi drenanti principali, le cui direzioni di flusso sono contrassegnate con le frecce nella figura seguente. Le aree drenanti sono riconducibili alle località Perda Fitta ad Ovest e Massidda ed Est, entrambe con una superficie di circa un chilometro quadrato: in entrambi i casi le aree sono principalmente a vocazione agricola, estremamente pianeggianti e con alcune e limitate aree edificate, sia con funzioni abitative di carattere rurale e sia artigianali. Sono presenti anche aree utilizzate come risaie, evidenti per la particolare conformazione altimetrica nella sottostante figura.



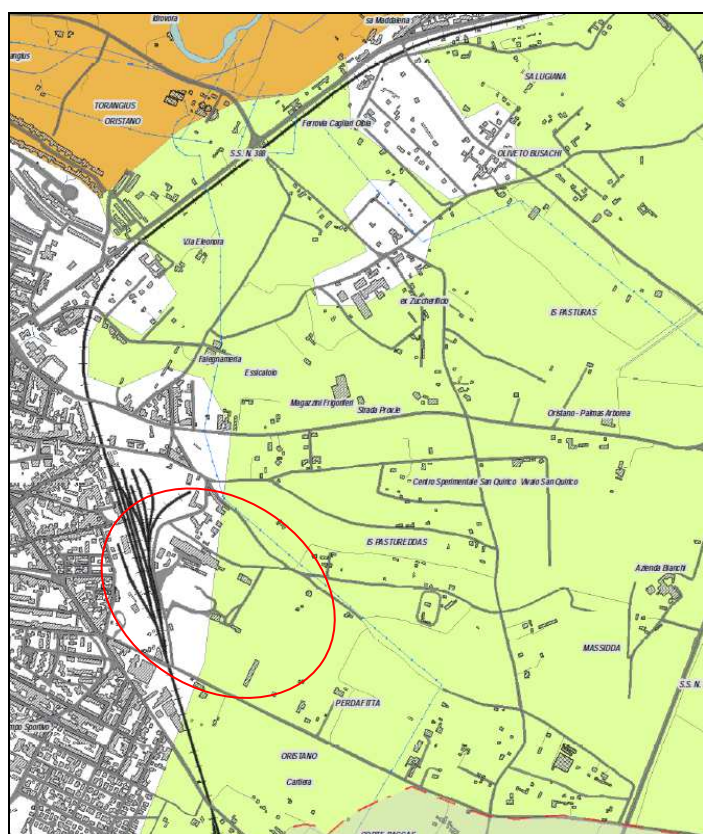
Andamento delle linee di compluvio su Dtm 1 m (Studio di compatibilità idraulica, geologica e geotecnica del Comune di Oristano).

I due compluvi si riuniscono fuori da limite comunale di Oristano andando ad interessare un'area depressa prossima alla SS 131. Successivamente, il compluvio a valle piega in destra idraulica andando a recapitare le portate di deflusso verso lo stagno, a Nord di Santa Giusta.

Nella ristretta porzione di territorio (c.d. zona di "Perda Fitta") è situata l'area oggetto di esame nel presente lavoro (evidenziata in figura) in cui la circolazione delle acque superficiali avviene in generale a lama d'acqua, localmente concentrata in deboli rivoli.

Caratteristiche del sito

Ai fini dell'applicazione del metodo SCS-CN di cui alle citate "linee-guida", si sono prese in considerazione la caratterizzazione geo-pedologica di letteratura (carta geologica della Sardegna, PUC, studio specifico geopedologico realizzato nell'ambito dello studio di compatibilità idrogeologica nella presente progettazione), le caratteristiche geologiche e i rilevamenti geognostici di cui si è relazionato a parte.



PEDOLOGIA

- Profili A C potenti > 100 cm. Scheletro assente. Argillosi. Presenza di caratteri vertici, crepacciature, self-mulching, gilgai. Ben pronunciati. La tessitura argillosa può ostacolare il drenaggio. Rischi erosione assenti. Drenaggio lento. Irrigabili
- Profili A C e potenze superiori a 60 - 80 cm o A C 2 A 2 C, A C 2 A 2 Bw 2C, ecc. con potenze complessive da 60 - 80 a oltre 150 - 200 cm nel caso di successioni di più episodi alluvionali. Scheletro da assente a dominante
- Profili A C A Bw C potenti da meno di 20-25 cm e Bw sempre discontinuo a oltre 40-50 cm. Scheletro comune- abbondante. Tessitura mediamente argillosa. Rischi di erosione da assenti a elevati in funzione di morfologia e copertura vegetale.
- Profili A C e potenze < 15-20 cm. Scheletro assente. Tessitura sabbiosa. Reazione da neutra a alcalina. Nelle superfici interessate da questa unità i rischi di erosione sono sempre molto gravi e a distruzione della vegetazione.
- Profili A Bt Bk C, A Bt Bk Ck, A Bt Bkm C o Ap Bt Bkm Ckm e potenze > 80-100 cm. Scheletro molto variabile. Tessitura da franco-argillosa a argillosa. Orizzonte C costituito da ciottoli e ghiaie cementate e da materiali più fini
- Profili A Bt C o Ap Bt C o Ap C con potenze da 80-100 cm a meno di 40- 50 cm nelle situazioni di maggior erosione. Scheletro molto variabile per elementi di tutte le dimensioni. Tessitura da franco-sabbiosa a argillosa.
- Profili Ag Cg o A Cg potenti da 20 a oltre 100 cm. Scheletro da assente o molto scarso in presenza di alluvioni fini, a dominante nel caso di alluvioni grossolane. Rischi di erosione assenti. Ristagni idrici sono frequenti e prolungati

Stralcio della Carta pedologica del PUC e relativa legenda

Tabella descrittiva delle diverse classi in funzione dei gruppi di Tipo di suolo (metodo SCS-CN)

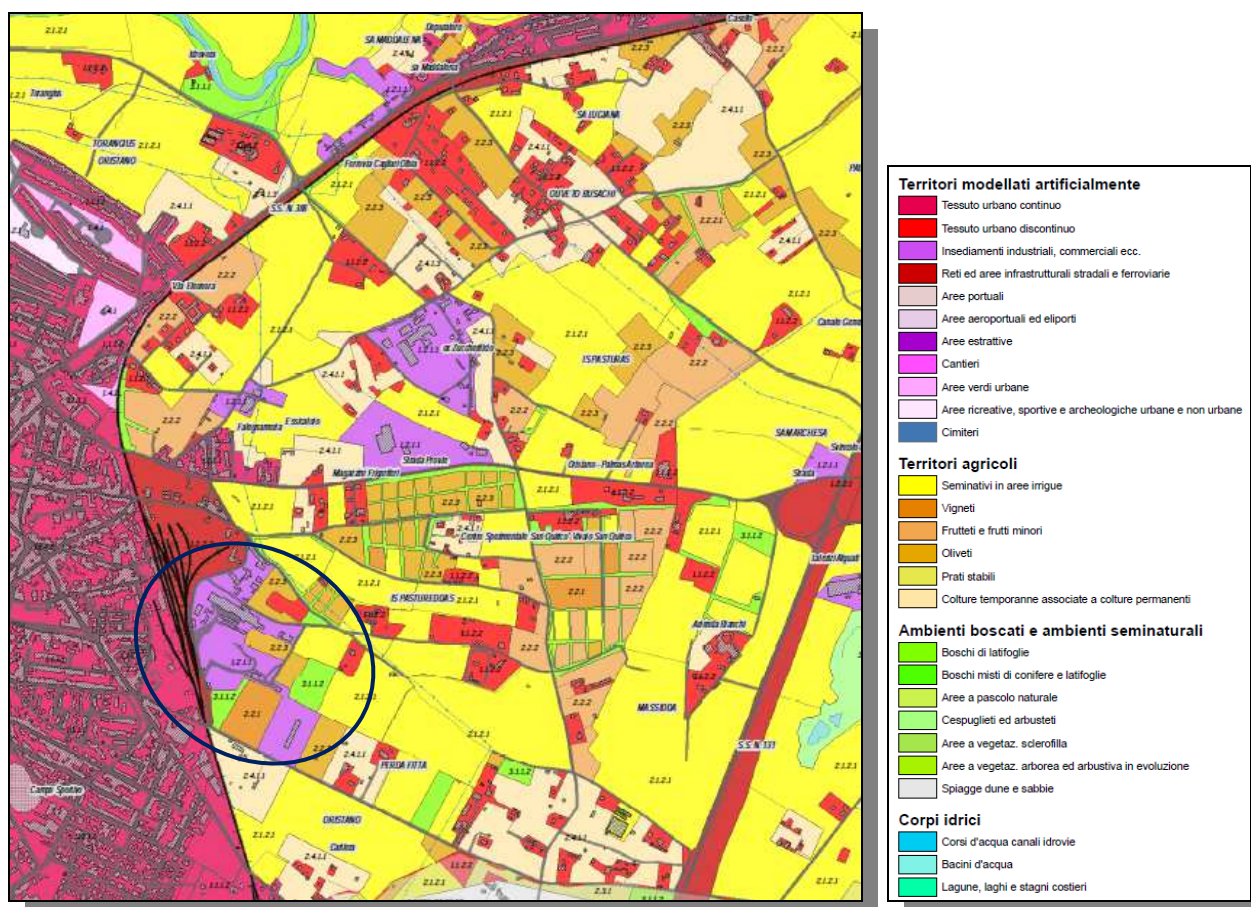
Tipo di suolo	Descrizione
A deflusso superficiale potenziale basso	I suoli di questo gruppo, quando sono completamente saturi, hanno deflusso superficiale potenziale (runoff) basso, ed è alta la permeabilità. Sono caratterizzati da avere meno del 10% di argilla e oltre il 90% di sabbia e/o ghiaia e la tessitura è sabbiosa o ghiaiosa. La conducibilità idraulica (Ksat) è maggiore di 14,4 cm/h per tutta la profondità, la profondità dell'orizzonte impermeabile è maggiore di 50 cm, e la profondità della falda superficiale è superiore a 60 cm. Appartengono a questo gruppo anche le rocce con alta permeabilità per fratturazione e/o carsismo
B deflusso superficiale potenziale moderatamento basso	I suoli di questo gruppo, quando sono completamente saturi, hanno deflusso superficiale potenziale (runoff) moderatamente basso, e l'acqua attraversa il suolo senza impedimenti. Sono caratterizzati da avere tra il 10% e il 20% di argilla e tra il 50 e il 90% di sabbia e la tessitura è sabbioso-franca, franco-sabbiosa. La conducibilità idraulica (Ksat) varia tra 3,6 e 14,4 cm/h per tutta la profondità, la profondità dell'orizzonte impermeabile è maggiore di 50 cm, e la profondità della falda superficiale è superiore a 60 cm. Appartengono a questo gruppo anche le rocce con permeabilità, medio-alta e media, per fratturazione e/o carsismo
C deflusso superficiale potenziale moderatamento alto	I suoli di questo gruppo, quando sono completamente saturi, hanno deflusso superficiale potenziale (runoff) moderatamente alto, e l'acqua attraversa il suolo con qualche limitazione. Sono caratterizzati da avere tra il 20% e il 40% di argilla e meno del 50% di sabbia e la tessitura è prevalentemente franca, franco-limosa, franco-argilloso-sabbioso, franco-argillosa, e franco-argilloso-limosa. La conducibilità idraulica (Ksat) varia tra 0,36 e 3,6 cm/h per tutta la profondità, la profondità dell'orizzonte impermeabile è maggiore di 50 cm, e la profondità della falda superficiale è superiore a 60 cm. Appartengono a questo gruppo anche le rocce con bassa e medio-bassa permeabilità per fratturazione e/o carsismo
D deflusso superficiale potenziale alto	I suoli di questo gruppo, quando sono completamente saturi, hanno deflusso superficiale potenziale (runoff) alto, e l'acqua attraversa il suolo con forti limitazioni. Sono caratterizzati da avere oltre il 40% di argilla e meno del 50% di sabbia e la tessitura è argillosa, talvolta anche espandibili. La conducibilità idraulica (Ksat) è $\leq 0,36$ cm/h per tutta la profondità, la profondità dell'orizzonte impermeabile è compresa tra 50 cm e 100 cm, e la profondità della falda superficiale è entro i 60 cm. Appartengono a questo gruppo anche le rocce con permeabilità molto bassa, le rocce impermeabili e le aree non rilevate o non classificate.

Sulla scorta delle conoscenze acquisite e con riferimento alla classificazione del tipo di suolo di cui alla relativa Tabella, all'area in esame (ove pertinente) può essere attribuita, la classificazione del suolo come "Tipo B".

Si deve altresì considerare che l'area sulla quale è previsto l'intervento, in parte, è edificata. Gli edifici esistenti dispongono di circostanti piazzali sterrati-compattati e di relativa viabilità. Per il resto, l'area è ancora assimilabile ad un terreno agricolo.

Dalla mappa dell'uso del suolo del PUC si ricavano le tipologie d'uso dell'area e le relative codifiche secondo le classi Corine Land Cover RAS - 2008:

Variante al Piano di lottizzazione "Is Argiolas" in zona G1_1 del PUC - Oristano
Relazione sullo Studio per la verifica dell'Invarianza idraulica



Stralcio della Carta dell'uso del suolo del PUC e relativa legenda

Inoltre, l'effettivo grado di impermeabilizzazione dei diversi tipi di suoli e le relative estensioni delle diverse superfici conseguenti alla situazione d'uso attuale è schematizzata dalla seguente rappresentazione grafica, con l'utilizzazione dei codici di identificazione delle superfici suggeriti dalle Linee-guida dell'ADIS.



Con riferimento alle sue attuali caratteristiche idrauliche, l'area studiata è stata suddivisa, in termini funzionali, in diverse e distinte aree di raccolta delle acque meteoriche che sono state individuate sulla base della configurazione delle rispettive reti delle condutture di drenaggio e dei rispettivi e diversi recapiti delle portate dei deflussi superficiali.

In conseguenza di tali caratteristiche, si opereranno le verificazioni, separatamente, solo per i due diversi sistemi che risultano interessati dalle modificazioni previste nel progetto di variante.

Le aree individuate con l'asterisco, come si è già detto in premessa, non sono interessate dal presente intervento urbanistico, sotto il profilo idrologico e idraulico sono del tutto autonome e indipendenti dal resto del lotto, utilizzano, ciascuna, un recapito degli efflussi diverso ed

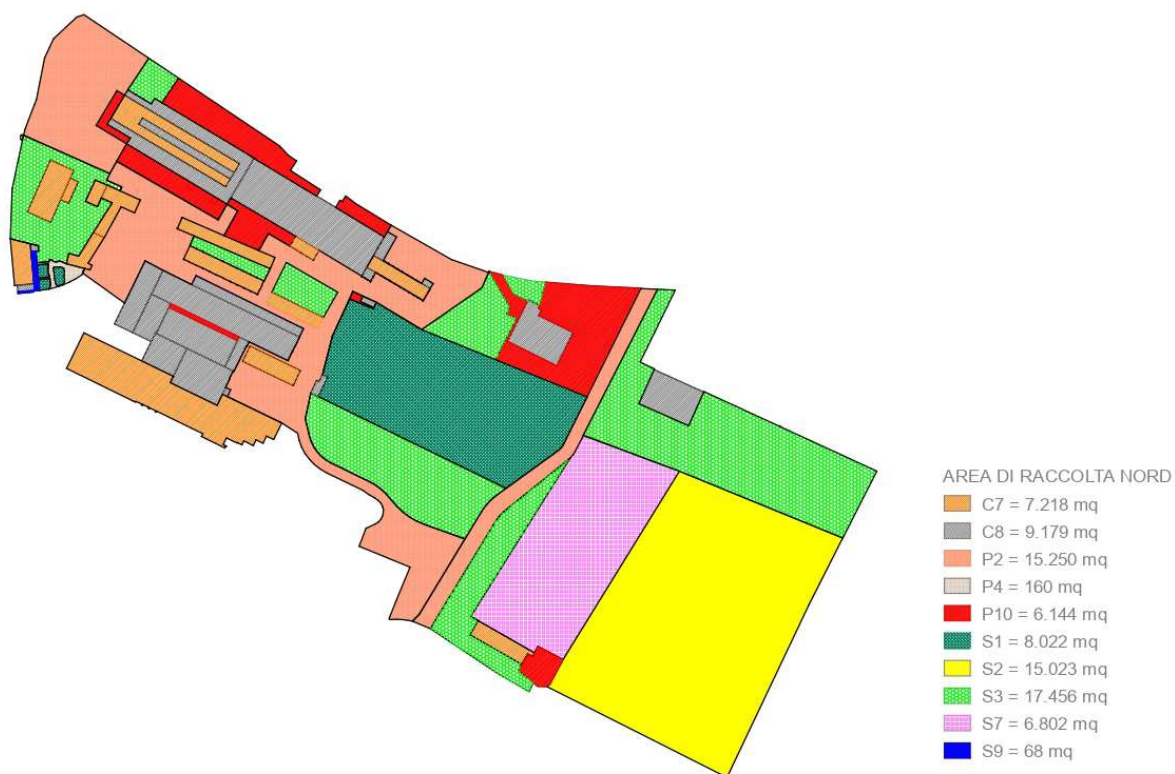
autonomo rispetto al resto del lotto, non subiscono alcuna influenza e modificazione al regime idraulico che le riguarda, preesistente al presente intervento, sono completamente neutre e ininfluenti rispetto alla risposta idraulica del resto del lotto e, quindi, rispetto al principio di invarianza idraulica che si deve applicare al presente intervento.



Calcolo del CN - Esame dello stato attuale

Utilizzando le conoscenze e i dati acquisiti di cui si è detto, si applica il Metodo SCS-CN per il calcolo del parametro CN-II_a per le due aree di raccolta individuate.

Area di raccolta Nord

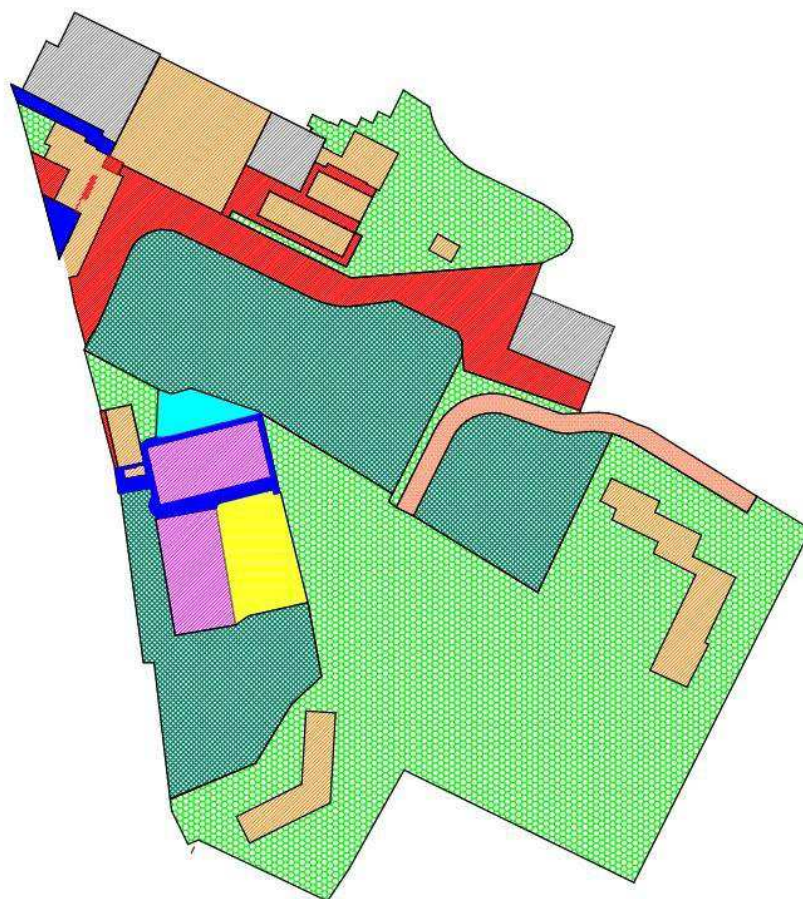


Calcolo del parametro CN-II _a per il lotto (area di raccolta Nord) ante-intervento lottizzatorio						
Uso	Superficie [m ²]	Categoria di superficie/Tipo di suolo SCS-CN	Codice Tabella/ Corine L.C.	% realizzata	CN-II	S*CN
Edifici	7.218	Coperture discontinua (tegole in laterizio o equivalenti)	C7	100%	90	649.620
Edifici	9.179	Coperture metalliche con inclinazione > 3°	C8	100%	98	899.542
Strade e piazzali	15.250	Pavimentazioni in macadam, strade, cortili, piazzali	P2	100%	81	1.235.250
Parcheggi	160	Pavimentazioni in prefabbr. riempiti di substrato o inerbiti	P4	100%	85	13.600
Piazzali, parcheggi	6.144	Pavimentazioni in asfalto o cls	P10	100%	95	583.680
Aree a verde privato	8.022	Superfici a verde su suolo profondo, prati, orti, sup. boscate e agricole - B	S1	100%	72	577.584
Aree a verde privato	15.023	Bacini di accumulo e infiltrazione con fondo permeabile - B	S2	100%	71	1.066.633
Aree a verde privato	17.456	Incolto, sterrato, superfici naturali degradate	S3	100%	75	1.309.200
Impianto sportivo	6.802	Aree di impianto sportivo con sistemi drenanti e con fondo in terra battuta o simili	S7	100%	80	544.160
Scale, passerelle	68	Superfici di manufatti diversi in cls o altri materiali impermeabili o impermeabilizzati esposti alla pioggia e non attribuibili alle altre categorie, come muri, muretti, plinti, gradinate, scale e altro	S9	100%	99	6.732
Superficie totale dell'area di raccolta Nord = 85.322 m²			CN-II_a medio = 80,71			

Area di raccolta Sud

AREA DI RACCOLTA SUD

- C7 = 4.875 mq
- C8 = 2.144 mq
- P1 = 1.513 mq
- P2 = 956 mq
- P4 = 70 mq
- P10 = 4.058 mq
- S1 = 11.086 mq
- S2 = 950 mq
- S3 = 18.025 mq
- S8 = 1.620 mq
- S9 = 716 mq



Calcolo del parametro CN-II_a per il lotto (area di raccolta Sud) ante-intervento lottizzatorio

Uso	Superficie [m ²]	Categoria di superficie/Tipo di suolo SCS-CN	Codice Tabella/ Corine L.C.	% realizzata	CN-II	S*CN
Edifici	4.875	Coperture discontinua (tegole in laterizio o equivalenti)	C7	100%	90	438.750
Edifici	2.144	Coperture metalliche con inclinazione > 3°	C8	100%	98	210.112
Area sportiva	1.513	Pavimentazioni porose su	P1	100%	80	121.040

Variante al Piano di lottizzazione "Is Argiolas" in zona G1_1 del PUC - Oristano
Relazione sullo Studio per la verifica dell'Invarianza idraulica

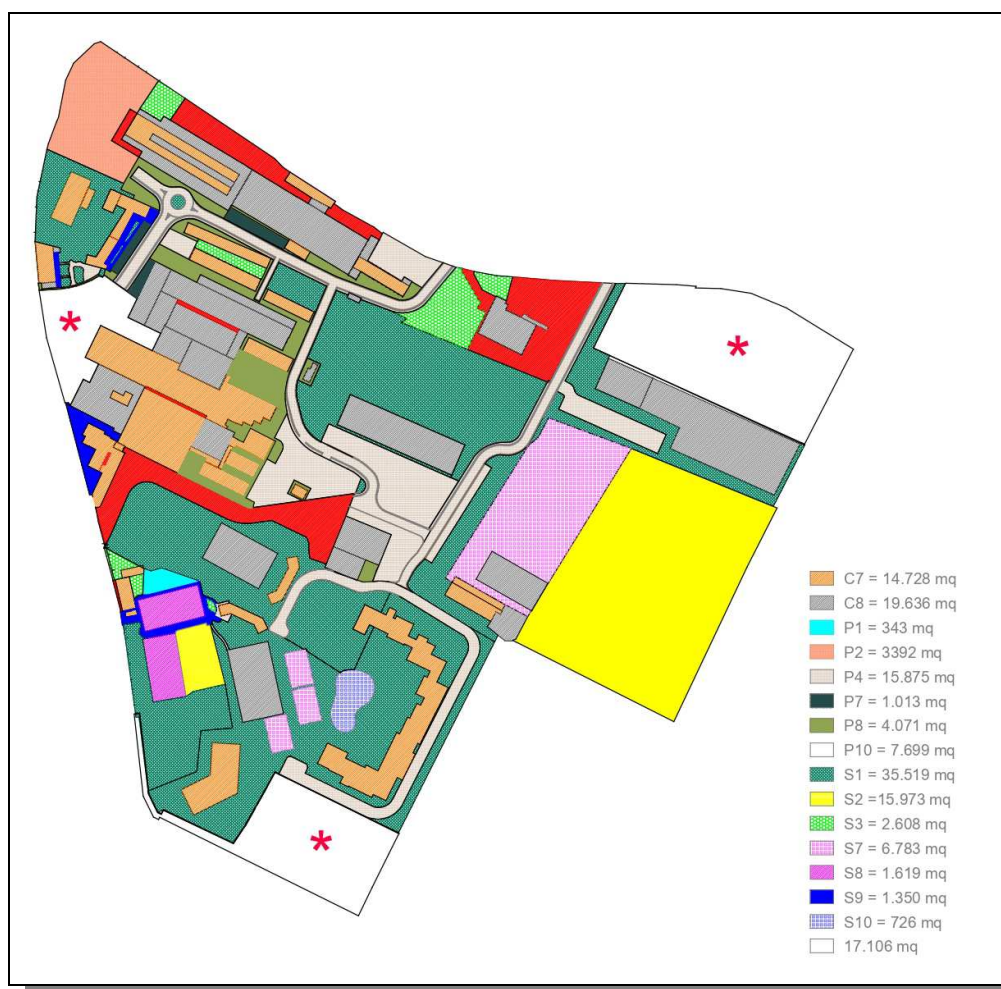
		sottofondo drenante				
Strade e piazzali	956	Pavimentazioni in macadam, strade, cortili, piazzali	P2	100%	81	77.436
Parcheggi	70	Pavimentazioni in prefabbr. riempiti di substrato o inerbiti	P4	100%	85	5.950
Piazzali, parcheggi	4.058	Pavimentazioni in asfalto o cls	P10	100%	95	385.510
Aree a verde privato	11.086	Superfici a verde su suolo profondo, prati, orti, sup. boscate e agricole - B	S1	100%	72	798.192
Aree a verde privato	950	Bacini di accumulo e infiltrazione con fondo permeabile - B	S2	100%	71	67.450
Aree a verde privato	18.025	Incolto, sterrato, superfici naturali degradate	S3	100%	75	1.351.875
Impianto sportivo	1.620	Aree di impianto sportivo con sistemi drenanti e con fondo in materiale sintetico, tappeto verde sintetico	S8	100%	88	142.560
Scale, passerelle	716	Superfici di manufatti diversi in cls o altri materiali impermeabili o impermeabilizzati esposti alla pioggia e non attribuibili alle altre categorie, come muri, muretti, plinti, gradinate, scale e altro	S9	100%	99	70.884
Superficie totale dell'area di raccolta Sud = 46.013 m²			CN-II_a medio = 79,76			

Esame dello stato di progetto

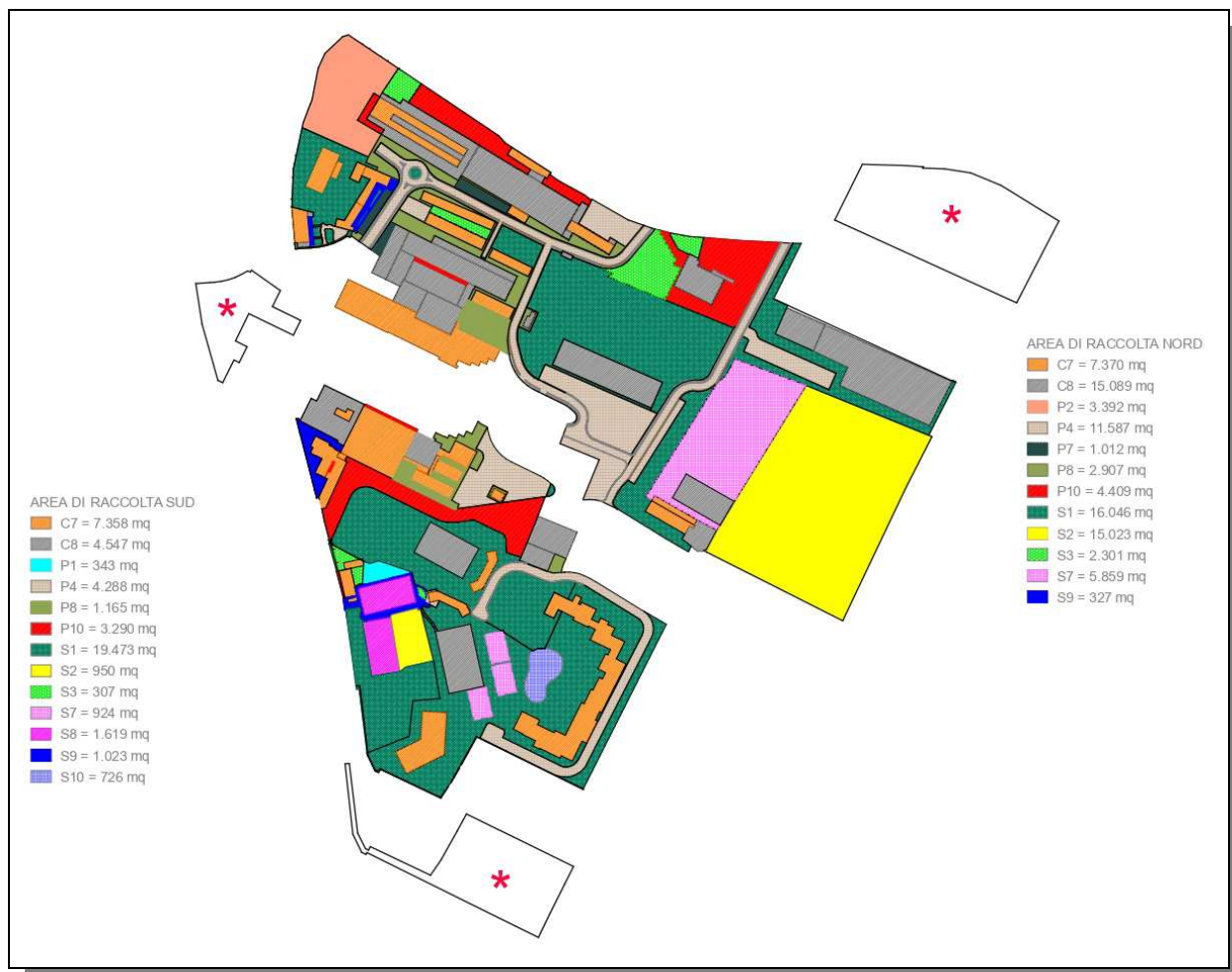
Nel corso di realizzazione dell'intervento lottizzatorio si è palesata la necessità e/o l'opportunità di alcune modifiche rispetto all'originario Piano di lottizzazione.

Le modifiche previste constano in una diversa distribuzione dei nuovi edifici internamente al lotto, la variazione di alcune parti del tracciato della viabilità privata interna al lotto e della distribuzione dei parcheggi interni al lotto.

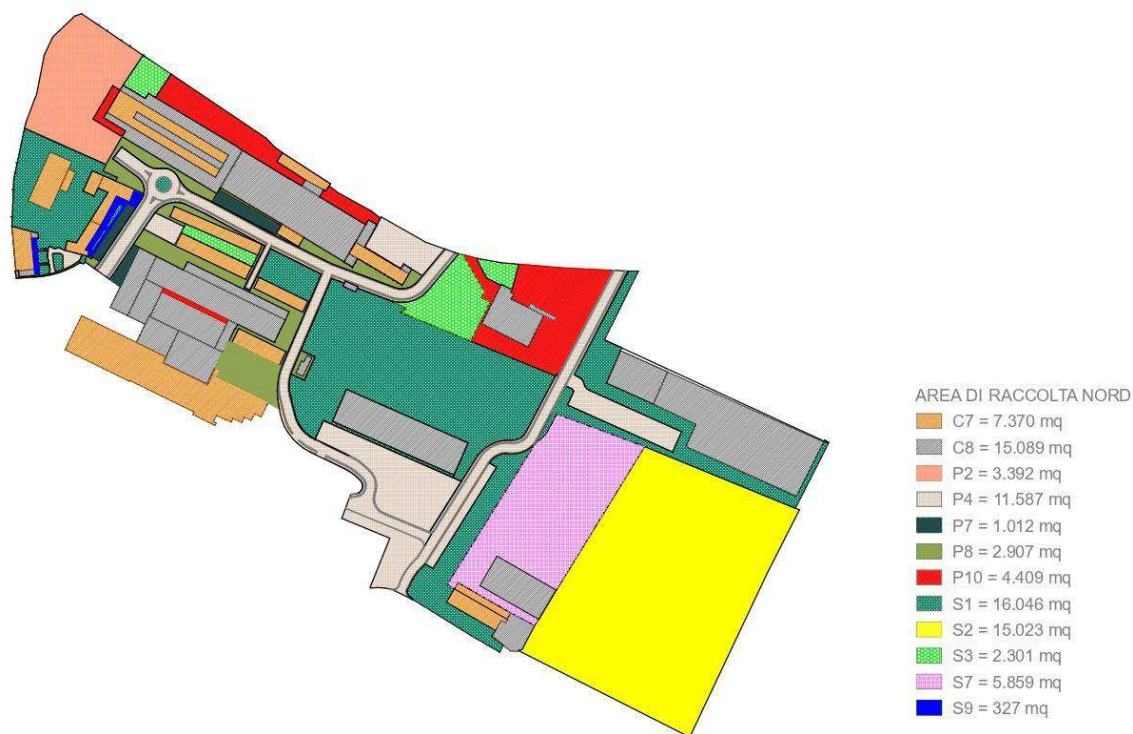
A' fini dello studio idraulico, anche nella nuova configurazione di progetto, vengono individuati diversi tipi di superficie a ciascuno dei quali è stato associato il valore del Curve Number (CN), come viene schematizzato nella seguente rappresentazione grafica complessiva, con l'utilizzazione dei codici di identificazione delle superfici suggeriti dalle Linee-guida dell'ADIS.



Anche nel caso della nuova configurazione progettuale si possono riconoscere le diverse aree di raccolta già individuate, per gli stessi motivi suesposti. Alle sole due aree di raccolta che subiscono le modificazioni in conseguenza del progetto di variante si applicherà il Metodo SCS-CN per il calcolo del parametro CN-II_p.



Area di raccolta Nord



Calcolo del parametro CN-II_p per il lotto (area di raccolta Nord) post-intervento lottizzatorio

Uso	Superficie [m ²]	Categoria di superficie/Tipo di suolo SCS-CN	Codice Tabella/Corine L.C.	% realizzata	CN-II	S*CN
Edifici	7.370	Coperture discontinua (tegole in laterizio o equivalenti)	C7	100%	90	663.300
Edifici	15.089	Coperture metalliche con inclinazione > 3°	C8	60%	98	1.478.722
Strade e piazzali	3.392	Pavimentazioni in macadam, strade, cortili, piazzali	P2	30%	81	274.752
Strade, piazzali, parcheggi	11.587	Pavimentazioni in prefabbr. riempiti di substrato o inerbiti	P4	0%	85	984.895
Parcheggi	1.012	Pavimentazioni in elementi drenanti, su sabbia	P7	0%	85	86.020
Piazzali, parcheggi	2.907	Pavimentazioni in cubetti o	P8	0%	90	261.630

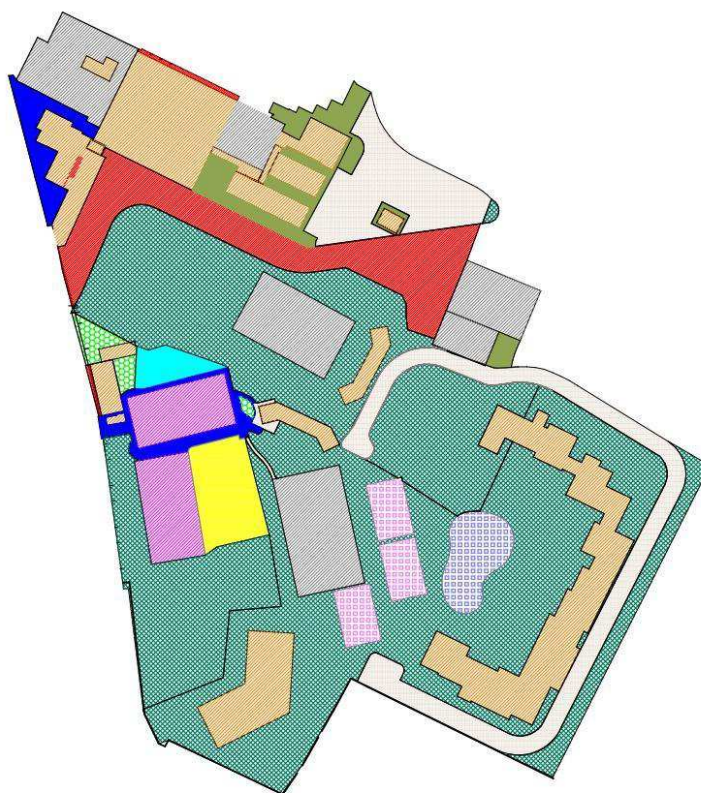
Variante al Piano di lottizzazione "Is Argiolas" in zona G1_1 del PUC - Oristano
Relazione sullo Studio per la verifica dell'Invarianza idraulica

		lastre in pietra locale (es. basalti, graniti, etc.) senza sigillatura dei giunti, su sabbia				
Piazzali.strade, parcheggi	4.409	Pavimentazioni in asfalto o cls	P10	100%	98	432.082
Aree a verde privato	16.046	Superfici a verde su suolo profondo, prati, orti, sup. boscate e agricole - B	S1	50%	72	1.155.312
Aree a verde privato	15.023	Bacini di accumulo e infiltrazione con fondo permeabile - B	S2	100%	71	1.066.633
Aree a verde privato	2.301	Incolto. sterrato, superfici naturali degradate	S3	100%	75	172.575
Impianto sportivo	5.859	Aree di impianto sportivo con sistemi drenanti e con fondo in terra battuta o simili	S7	100%	80	468.720
Scale, passerelle	327	Superfici di manufatti diversi in cls o altri materiali impermeabili o impermeabilizzati esposti alla pioggia e non attribuibili alle altre categorie, come muri, muretti, plinti, gradinate, scale e altro	S9	45%	99	32.373
Superficie totale dell'area di raccolta Nord =85.322m²			CN-II_p medio = 82,95			

Area di raccolta Sud

AREA DI RACCOLTA SUD

C7 = 7.358 mq
C8 = 4.547 mq
P1 = 343 mq
P4 = 4.288 mq
P8 = 1.165 mq
P10 = 3.290 mq
S1 = 19.473 mq
S2 = 950 mq
S3 = 307 mq
S7 = 924 mq
S8 = 1.619 mq
S9 = 1.023 mq
S10 = 726 mq



Calcolo del parametro CN-II_p per il lotto (area di raccolta Sud) post-intervento lottizzatorio

Uso	Superficie [m ²]	Categoria di superficie/Tipo di suolo SCS-CN	Codice Tabella/ Corine L.C.	% realizzata	CN-II	S*CN
Edifici	7.358	Coperture discontinua (tegole in laterizio o equivalenti)	C7	65%	90	662.220
Edifici	4.547	Coperture metalliche con inclinazione > 3°	C8	70%	98	445.606
Area sportiva	343	Pavimentazioni porose su sottofondo drenante	P1	0%	80	27.440
Strade, piazzali, parcheggi	4.288	Pavimentazioni in prefabbr. riempiti di substrato o inerbiti	P4	0%	83	355.904
Piazzali, parcheggi	1.165	Pavimentazioni in cubetti o lastre in pietra locale (es. basalti, graniti, etc.) senza sigillatura dei giunti, su sabbia	P8	0%	90	104.850

Variante al Piano di lottizzazione "Is Argiolas" in zona G1_1 del PUC - Oristano
Relazione sullo Studio per la verifica dell'Invarianza idraulica

Piazzali, strade, parcheggi	3.290	Pavimentazioni in asfalto o cls	P10	85%	98	322.420
Aree a verde privato	19.473	Superfici a verde su suolo profondo, prati, orti, sup. boscate e agricole - B	S1	90%	72	1.402.056
Aree a verde privato	950	Bacini di accumulo e infiltrazione con fondo permeabile - B	S2	100%	71	67.450
Aree a verde privato	307	Incolto, sterrato, superfici naturali degradate	S3	100%	75	23.025
Impianto sportivo	924	Aree di impianto sportivo con sistemi drenanti e con fondo in terra battuta o simili	S7	0%	82	75.768
Impianto sportivo	1.619	Aree di impianto sportivo con sistemi drenanti e con fondo in materiale sintetico, tappeto verde sintetico	S8	100%	88	142.472
Scale, passerelle	1.023	Superfici di manufatti diversi in cls o altri materiali impermeabili o impermeabilizzati esposti alla pioggia e non attribuibili alle altre categorie, come muri, muretti, plinti, gradinate, scale e altro	S9	100%	99	101.277
Piscina	726	Vasche, corsi d'acqua, specchi d'acqua, stagni o bacini di accumulo con fondo artificiale impermeabile	S10	0%	100	72.600
Superficie totale dell'area di raccolta Sud = 46.013 m²			CN-II_p medio = 82,65			

Ietogrammi di progetto

Al fine di definire la stima della portata e dell'idrogramma di piena si intende ricavare uno ietogramma di progetto di cui dobbiamo definire le caratteristiche.

Si considera uno ietogramma Chicago avente una durata $\tau = 30$ minuti con posizione del picco $r = 0,4$, in accordo con le linee-guida dell'ADIS.

Inoltre, sulla base delle Curve di possibilità pluviometrica regionalizzate per la Regione Sardegna (Deidda, Piga, Sechi, 2000), è possibile calcolare l'altezza di precipitazione $h_T(\tau)$ corrispondente alla durata τ ed ai Tempi di ritorno (T_r).

Nel caso in esame della lottizzazione appartenente alla classe di intervento **d**) si considerano i due differenti tempi di ritorno (T_r) di 20 e 50 anni che verranno utilizzati rispettivamente per il dimensionamento della rete di drenaggio interno alla lottizzazione e per il dimensionamento della vasca o sistema di accumulo dei deflussi e della portata massima scaricabile nel ricettore finale, ove se ne evidenziasse l'opportunità, anche in sede esecutiva.

L'altezza di pioggia di una determinata durata τ ed un determinato tempo di ritorno T_r è detta pioggia lorda $h_{T\text{lorda}}(\tau)$ si determina dalla curva di possibilità pluviometrica la quale si esprime in forma definitivamente semplificata come

$$h_{T\text{lorda}}(\tau) = a \tau^n$$

$$\text{ove: } a = a_1 a_2 \quad n = n_1 + n_2$$

tenendo conto dei seguenti passaggi.

La pioggia indice $\mu(\tau)$ di durata τ può essere espressa in forma monomia:

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

ove i coefficienti a_1 e n_1 si possono determinare in funzione della pioggia indice giornaliera μ_g :

$$a_1 = \mu_g / (0,886 * 24^{n_1}) \quad ; \quad n_1 = -0,493 + 0,476 \text{ Log}_{10} \mu_g$$

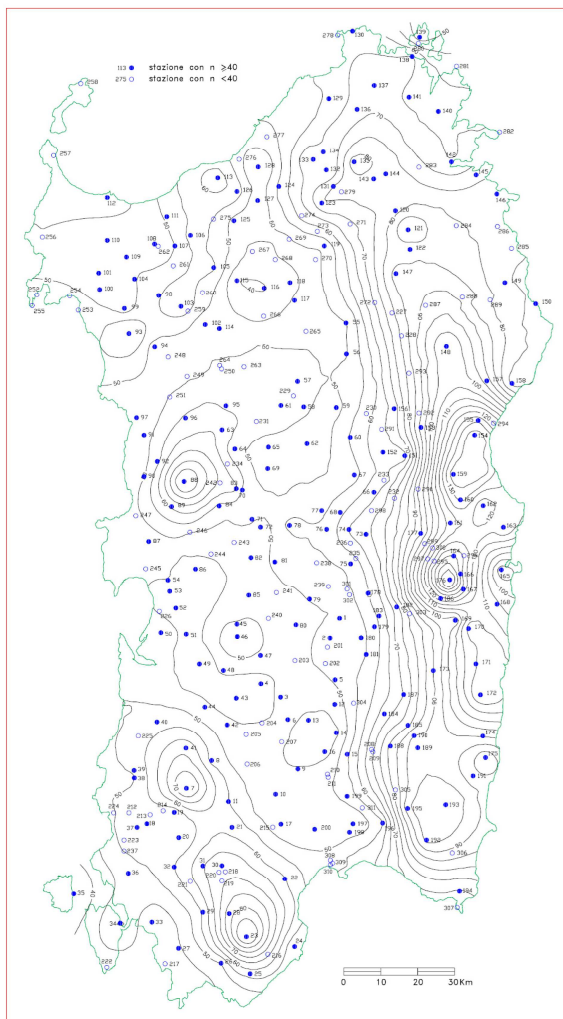
L'altezza di pioggia $h_{T\text{lorda}}(\tau)$ di durata τ con assegnato tempo di ritorno T_r in anni si ottiene moltiplicando la pioggia indice $\mu(\tau)$ per un coefficiente di crescita $K_{T_r}(\tau) = a_2 * \tau^{n_2}$:

$$h_{T\text{lorda}}(\tau) = \mu(\tau) * K_{T_r}(\tau) = (a_1 a_2) \tau^{(n_1 + n_2)}$$

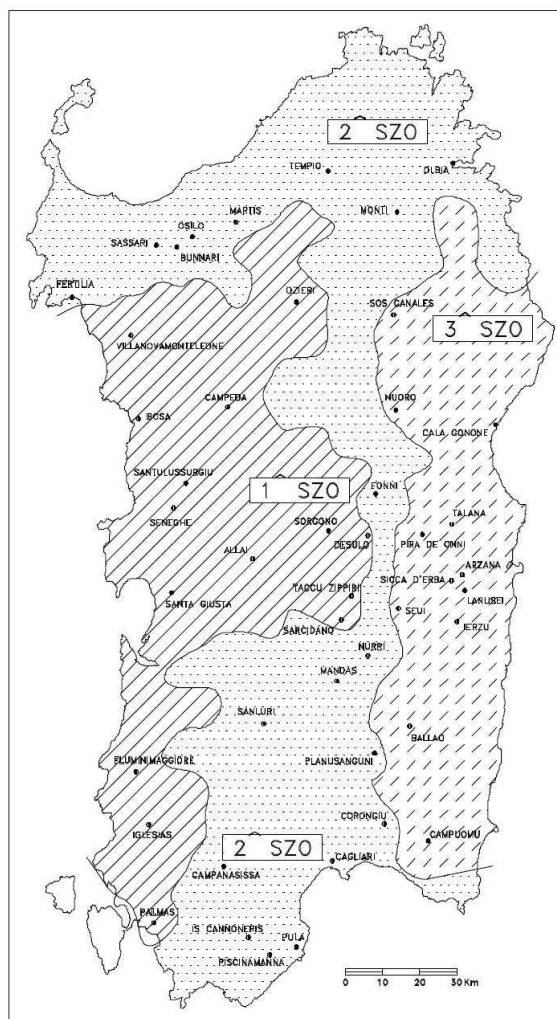
ove i coefficienti e vengono così determinati per la SZO 1, in cui la lottizzazione in esame ricade, e per tempi di ritorno $T_r > 10$ anni:

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

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



Carta delle stazioni pluviometriche e isoiete della pioggia indice giornaliera μ_g



Ubicazione delle stazioni pluviometriche e ripartizione del territorio nelle tre sottozone omogenee

Di seguito si riportano i dati relativi al piano di lottizzazione in oggetto.

T_r [anni]	20-50
μ_g [mm]	50
SZO	1
Durata ietogramma = τ [min]	30
ARF	1
Superficie totale dell'Area = A [m²] =	149.041
Superficie dell'area di raccolta Nord= A_N [m²] =	85.322
Superficie dell'area di raccolta Sud A_S [m²] =	46.013

Ietogrammi di progetto, $T_r = 20$ anni



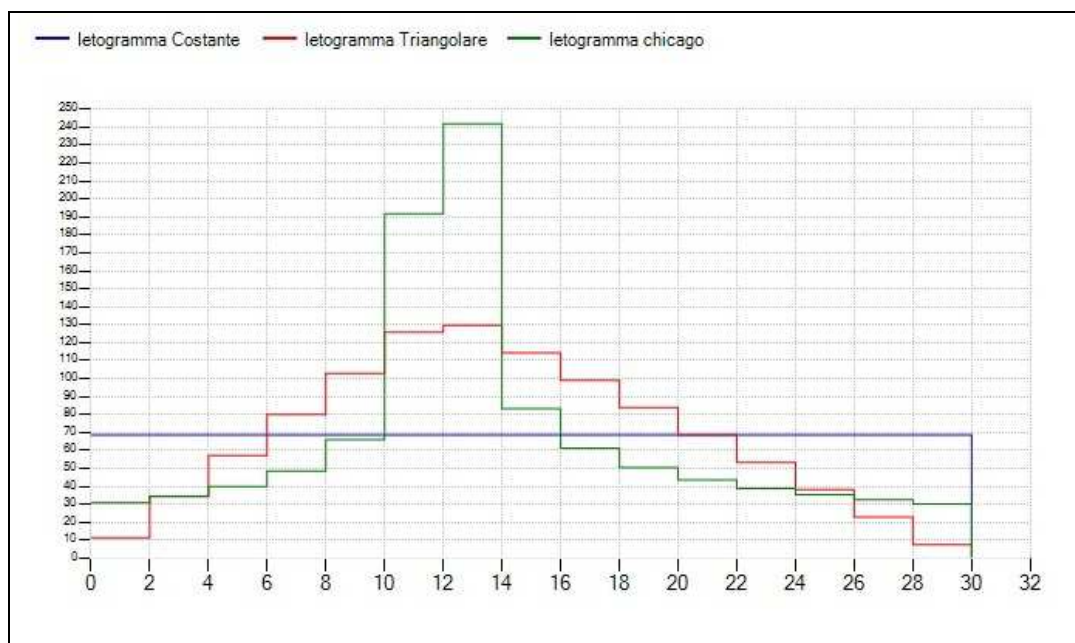
Ietogrammi di progetto, $T_r = 20$ anni

Variante al Piano di lottizzazione “Is Argiolas” in zona G1_1 del PUC - Oristano
 Relazione sullo Studio per la verifica dell’Invarianza idraulica

SCALA DELLE PORTATE

t (min)	t (ore)	ietogramma costante - intensità (mm/ora)	ietogramma triangolare - intensità (mm/ora)	ietogramma chicago - intensità (mm/ora)
2	0,033	57,941	9,657	22,942
4	0,067	57,941	28,970	26,028
6	0,100	57,941	48,284	30,502
8	0,133	57,941	67,597	37,775
10	0,167	57,941	86,911	52,669
12	0,200	57,941	106,224	177,728
14	0,233	57,941	109,443	229,039
16	0,267	57,941	96,568	67,875
18	0,300	57,941	83,692	48,681
20	0,333	57,941	70,816	39,308
22	0,367	57,941	57,941	33,543
24	0,400	57,941	45,065	29,565
26	0,433	57,941	32,189	26,621
28	0,467	57,941	19,314	24,335
30	0,500	57,941	6,438	22,499

Ietogrammi di progetto, $T_r = 50$ anni



SCALA DELLE PORTATE

t (min)	t (ore)	ietogramma costante - intensità (mm/ora)	ietogramma triangolare - intensità (mm/ora)	ietogramma chicago - intensità (mm/ora)
2	0,033	68,623	11,437	30,790
4	0,067	68,623	34,311	34,568
6	0,100	68,623	57,186	39,979
8	0,133	68,623	80,060	48,638
10	0,167	68,623	102,934	65,945
12	0,200	68,623	125,808	191,816
14	0,233	68,623	129,621	242,051
16	0,267	68,623	114,371	83,215
18	0,300	68,623	99,122	61,375
20	0,333	68,623	83,872	50,449
22	0,367	68,623	68,623	43,622
24	0,400	68,623	53,373	38,854
26	0,433	68,623	38,124	35,291
28	0,467	68,623	22,874	32,502
30	0,500	68,623	7,625	30,245

Utilizzando il noto metodo SCS-CN, si convertono i valori di CN-II in CN-III per tener conto delle diverse condizioni di umidità del suolo e, inoltre, si calcolano i valori dei parametri S (massimo volume specifico che il terreno può trattenere in condizioni di saturazione) e I_a (volume di pioggia sottratto a priori dal bilancio) che si considerano per il calcolo della portata e dell'idrogramma di progetto, nelle situazioni ante e post intervento:

Area di raccolta Nord

	CN (AMCII)	CN (AMCIII)	S	I_a [mm]
Ante intervento	80,71	90,68	26,10	5,22
Post intervento	82,95	91,88	22,45	4,49

Area di raccolta Sud

	CN (AMCII)	CN (AMCIII)	S	I_a [mm]
Ante intervento	79,76	90,16	27,72	5,54
Post intervento	82,65	91,72	22,93	4,59

ove la caratterizzazione AMCIII (*Antecedent Moisture Condition*) è riferita alle condizione del terreno di *wet* che incrementa, agendo in favore della sicurezza, le condizioni di CN e di *runoff*.

Sulla scorta del valore del CN-III calcolato nello stato attuale **CN-III_a** e nello stato post intervento **CNIII_p**, è possibile definire, utilizzando un modello di trasformazione afflussi-deflussi, l'andamento dei corrispondenti idrogrammi di piena.

Stima della portata e dell'idrogramma di piena

La portata di piena Q [m^3/s], relativa a eventi di precipitazione brevi e intensi, è determinata tramite il metodo indiretto della formula razionale.

$$Q = H_{\text{netta}} \times CD \times A / \tau$$

Dove A [km^2] è la superficie del bacino idrografico sotteso dalla sezione terminale ove si vuole determinare la portata Q .

CD è il valore del coefficiente di afflusso (adimensionale) pari a

$$CD = h_{\text{netta}} / h_{\text{lordaR}}$$

h_{lordaR} [mm] è la pioggia ragguagliata ossia l'altezza di pioggia misurata al pluviografo estesa al bacino idrografico.

Essa si determina moltiplicando la pioggia puntuale h_{lorda} per un coefficiente di ragguaglio C_r .

$$h_{\text{lordaR}} = h_{\text{lorda}} C_r$$

Il coefficiente di ragguaglio C_r dipende dalla durata (τ) della precipitazione e dall'estensione A dell'area. Esso può essere determinato con la formula proposta nel Flood Studies Report redatto da Wallingford Institute, UK, 1977:

$$C_r = 1 - (0.0394 A^{0.354}) \tau^{(-0.40 + 0.0208 \ln(4.6 - \ln(A)))} \quad \text{per } A < 20 \text{ km}^2$$

τ [ore] è la durata della precipitazione che deve essere assunta pari alla durata della pioggia critica.

In cui la durata della precipitazione τ è espressa in ore e l'Area del bacino in km^2 .

Pertanto si calcola, per ciascuna delle due aree di raccolta individuate, la portata di piena ante e post intervento (Q_{pa} e Q_{pp}) e i volumi di pioggia netta (V_a e V_p) nello stato attuale e nello stato di post-intervento, con i due tempi di ritorno imposti.

Area di raccolta Nord

	$T_r = 20$ anni	$T_r = 50$ anni
$Q_{paN} [m^3/s]$	0,7112	1,1086
$Q_{ppN} [m^3/s]$	0,9103	1,3705
$\Delta Q_{pN} [m^3/s]$	0,1991	0,2619

	$T_r = 20$ anni	$T_r = 50$ anni
$V_{aN} [m^3]$	1280,13	1995,40
$V_{pN} [m^3]$	1638,49	2466,85
$\Delta V_{pN} [m^3]$	358,36	471,45

Area di raccolta Sud

	$T_r = 20$ anni	$T_r = 50$ anni
$Q_{paS} [m^3/s]$	0,3485	0,5510
$Q_{ppS} [m^3/s]$	0,4804	0,7259
$\Delta Q_{pS} [m^3/s]$	0,1319	0,1749

	$T_r = 20$ anni	$T_r = 50$ anni
$V_{aS} [m^3]$	627,34	991,85
$V_{pS} [m^3]$	864,71	1306,60
$\Delta V_{pS} [m^3]$	237,37	314,75

Verificazione delle misure compensative esistenti al fine del mantenimento dell'invarianza idraulica

La Lottizzazione convenzionata "Is Argiolas", costituita urbanisticamente da un unico lotto funzionale, a fini idraulici è divisa, come si è detto nelle precedenti sezioni della presente relazione, in diverse aree di raccolta di cui si considerano, in particolar modo, quelle denominate convenzionalmente Nord e Sud, in quanto le restanti sono completamente ininfluenti ai fini del presente studio, per i motivi più volte esposti.

Al fine della migliore comprensione degli assetti, è bene ribadire che l'attuale Lottizzazione convenzionata "Is Argiolas" è costituita, nella sua componente edilizia, da uno storico e notevole compendio edilizio esistente (già sede di attività industriali e commerciali da oltre 100 anni) e un insieme di fabbricati da realizzare previsti dal Piano di lottizzazione a suo tempo convenzionato. La presente variante non sostanziale, riguarda soltanto la rimodulazione di una parte dei volumi progettati nel Piano di lottizzazione convenzionata vigente, in nuovi fabbricati morfologicamente differenti rispetto alla precedente progettazione (comunque tali da mantenere inalterata la volumetria complessiva) al fine di migliorare la funzionalità complessiva del lotto nel senso delle finalità programmatiche proprie del Piano.

È, dunque, chiaro che il Piano di lottizzazione rappresenta un intervento di riqualificazione urbanistica e funzionale di un complesso e di un lotto in gran parte già definito in termini edilizi, morfologici e impiantistici.

Sotto il profilo idraulico, sin dall'origine, l'intero lotto era stato funzionalmente ripartito, in quanto alla captazione e al deflusso degli apporti meteorici che lo interessavano, in diverse e distinte aree.

Queste diverse aree rappresentano, ciascuna, sotto il profilo idrologico e idraulico un distinto e indipendente sistema, con diverse e distinte aree di raccolta, diverse e distinte reti di condutture per il drenaggio, diversi e distinti recapiti.

In termini teorici, il principio cogente dell'invarianza idraulica, applicato al presente intervento, prevede che le portate del deflusso delle acque di origine meteorica, relative all'intero lotto, nei recettori naturali o artificiali di valle non siano maggiori di quelle preesistenti all'intervento pianificatorio in discorso (cioè la presente variante urbanistica).

Va detto chiaramente sin d'ora che tale principio è pienamente rispettato (come si dimostrerà nel seguito) per il lotto in esame, in quanto non si ha alcun incremento di deflusso di acque di origine meteorica verso ricettori *a valle* esterni al lotto ($\Delta Q_{p \text{ esterno}} = 0$), verificando nelle condizioni *post operam*, rispetto alle condizioni *ante operam*, cioè attuali.

In realtà, le opere di compensazione idraulica che vengono utilizzate al presente, sono esistenti e di risalente realizzazione.

Tale situazione impiantistica originaria ha, naturalmente, condizionato i successivi interventi progettuali sino all'attuale configurazione dell'attuale progetto in esame, nel corso del quale è stato, comunque, correttamente ri-verificato l'intero sistema di drenaggio, secondo le modalità, le tecniche e le prestazioni previste e rese cogenti dai formali atti e normative emanati dalla Regione Autonoma della Sardegna, dall'Autorità di Bacino regionale e dall'ADIS.

L'impostazione e l'approccio teorico originariamente adottato e successivamente confermato nei progetti si può considerare inserito nell'ambito multidisciplinare della cosiddetta *soft engineering* che adotta soluzioni naturali ingegnerizzate (*nature-based solutions, green and blue infrastructures*) anche e particolarmente attente al bilancio idraulico delle aree urbanizzate.

I principî adottati per la gestione del drenaggio urbano modificano il vecchio approccio concettuale che affrontava la tematica del drenaggio solo da un punto di vista idraulico, con un approccio che potremmo definire di *hard engineering* la cui unica finalità era quella di drenare e raccogliere le acque di pioggia dalla superficie impermeabilizzata e convogliarle lontano dalle aree urbanizzate il più velocemente possibile.

Per seguire i principî di questo approccio culturale sulla gestione sostenibile delle acque superficiali si è dovuto tenere presente una visione unitaria del ciclo idrologico. A partire dalla considerazione generale e unitaria delle caratteristiche di bacino, del reticolo idrografico minore, fino alla quantificazione delle superfici impermeabilizzate e dei volumi d'acqua da trattare, dimensionando le opere e gli impianti.

In questo senso si è ritenuto di eseguire, nella progettazione della variante al Piano di lottizzazione, una preliminare ricognizione del contesto idraulico-idrologico attraverso lo studio idrogeologico, idraulico e idrologico (di cui si dà conto nell'allegata relazione) valutando, poi, le caratteristiche dei suoli in quanto alla configurazione geomorfologica e alle caratteristiche tecniche (allegata relazione geologica e geotecnica) fino alla valutazione degli effetti dell'intervento progettato e dell'invarianza idraulica.

Come si è già ripetutamente esposto, solo due (denominate convenzionalmente Nord e Sud) delle aree di raccolta che si individuano nel lotto sono interessate dall'intervento progettato, mentre le altre aree di raccolta non subiscono modificazione alcuna, sia formale che funzionale, non subiscono altresì influenza al proprio regime idraulico per effetto dell'intervento e, viceversa, non inducono modificazioni al regime idraulico sulle aree sulle quali è collocato l'intervento.

Le due aree di raccolta, Nord e Sud, su cui agisce l'intervento proposto, sono dotate di autonomi sistemi di raccolta, di drenaggio e recapitano i deflussi in due ampi bacini (o vasche) di infiltrazione di cui sono rispettivamente dotate, in cui l'acqua si disperde definitivamente per infiltrazione nel suolo in tempi notevolmente contenuti.

Le aree di raccolta, la rete delle condutture che consentono il drenaggio e i bacini di infiltrazione, sono illustrati graficamente nell'allegata tavola grafica.

In conseguenza del presente progetto di variante urbanistica i fabbricati verranno a coprire una superficie di ulteriori 12.800 m² rispetto alla superficie coperta ante-progetto (pur mantenendo inalterata la volumetria complessiva) e lo stesso progetto di variante modifica, seppur

lievemente, la natura e la permeabilità delle superfici per diversi motivi di utilizzazione del suolo. Di tutte queste variazioni si è tenuto conto attraverso il noto metodo SCS-CN (come esposto dalla pagina 19 alla 30 della presente relazione).

Complessivamente, la modificazione della situazione dei suoli, ante e post intervento, è evidenziata dal corrispondente aumento del CN che si può rilevare sinotticamente nelle tabelle conclusive che, per comodità, nuovamente si riportano:

Area di raccolta Nord

	CN (AMCII)	CN (AMCIII)	S	I _a [mm]
Ante intervento	80,71	90,68	26,10	5,22
Post intervento	82,95	91,88	22,45	4,49

Area di raccolta Sud

	CN (AMCII)	CN (AMCIII)	S	I _a [mm]
Ante intervento	79,76	90,16	27,72	5,54
Post intervento	82,65	91,72	22,93	4,59

Sulla scorta del valore del CN-III si è definito, utilizzando un modello di trasformazione afflussi-deflussi, l'andamento dei corrispondenti idrogrammi di piena e si sono calcolati, per ciascuna delle due aree di raccolta, come sopra individuate, le portate di piena e i volumi di pioggia netta (ossia il volume di deflusso superficiale) nello stato attuale di ante-intervento e nello stato di post-intervento, con i due tempi di ritorno imposti, espressi nelle tabelle finali che vengono di seguito, per comodità, riproposte.

Area di raccolta Nord

	T _r = 20 anni	T _r = 50 anni
Q _{paN} [m ³ /s]	0,7112	1,1086
Q _{ppN} [m ³ /s]	0,9103	1,3705
ΔQ _{pN} [m ³ /s]	0,1991	0,2619

	$T_r = 20$ anni	$T_r = 50$ anni
$V_{aN} [m^3]$	1280,13	1995,40
$V_{pN} [m^3]$	1638,49	2466,85
$\Delta V_{pN} [m^3]$	358,36	471,45

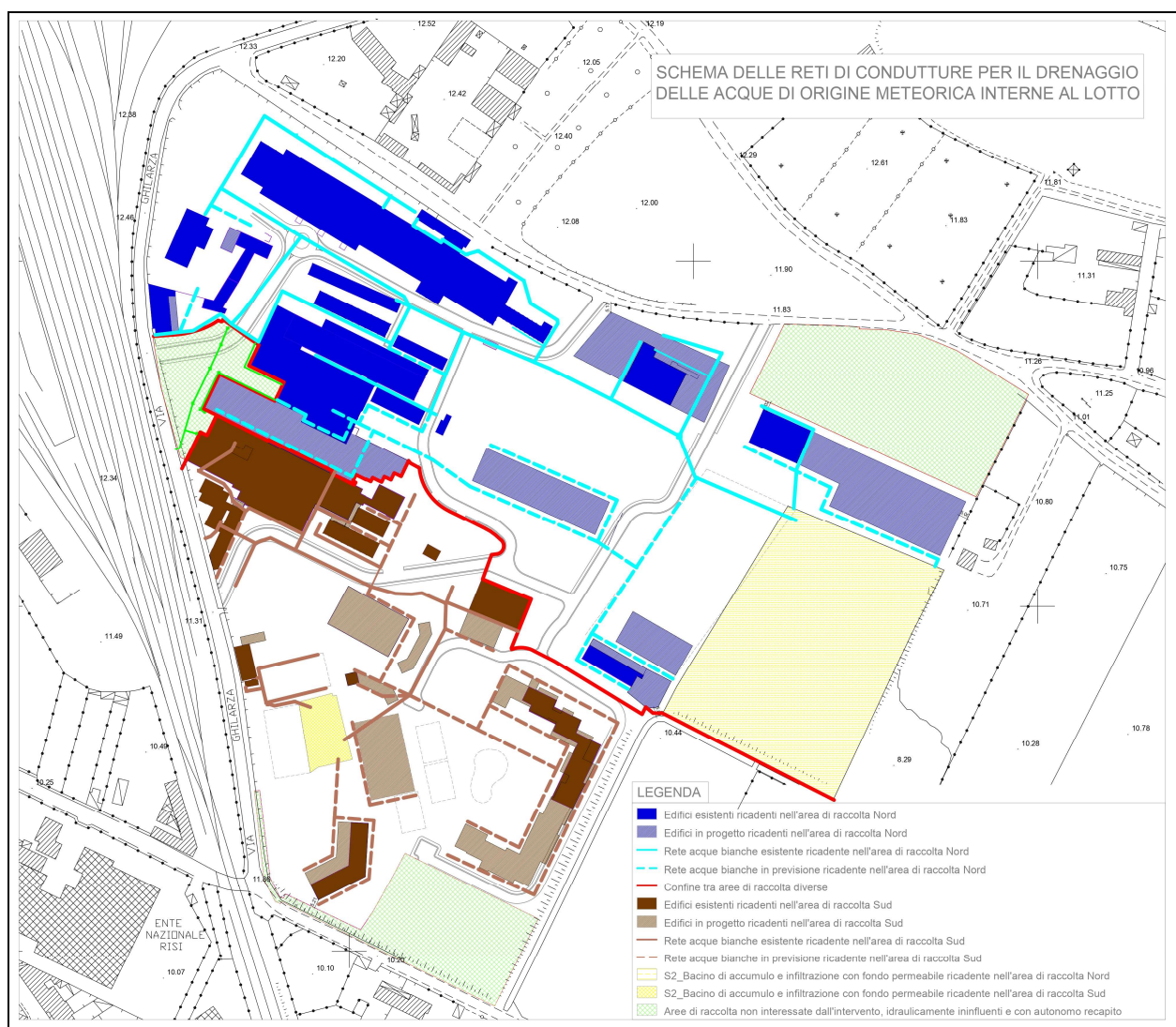
Area di raccolta Sud

	$T_r = 20$ anni	$T_r = 50$ anni
$Q_{paS} [m^3/s]$	0,3485	0,5510
$Q_{ppS} [m^3/s]$	0,4804	0,7259
$\Delta Q_{pS} [m^3/s]$	0,1319	0,1749

	$T_r = 20$ anni	$T_r = 50$ anni
$V_{aS} [m^3]$	627,34	991,85
$V_{pS} [m^3]$	864,71	1306,60
$\Delta V_{pS} [m^3]$	237,37	314,75

In termini di teoria e di tecnica idraulica, il bacino di deflusso deve contrastare l'aumento di portata conseguente all'impermeabilizzazione dovuta all'intervento, come ci ricorda l'ADIS nelle sue linee-guida in materia.

In concreto, per quanto riguarda lo specifico caso in corso di studio, sono già, all'attuale stato *ante-operam*, esistenti e funzionanti due bacini (o vasche) di infiltrazione che convenzionalmente denominiamo Nord e Sud –al rispettivo servizio delle aree di raccolta che abbiamo chiamato Nord e Sud– nei quali definitivamente confluiscono, attraverso due distinte reti di drenaggio, gli apporti di origine meteorica provenienti dalle suddette aree di raccolta.



Questi ampi bacini (o vasche) di infiltrazione hanno rispettivamente superfici e capacità di invaso di circa 10.000 m² e 20.000 m³ (per il bacino Nord) e circa 1.000 m² e 3000 m³ (per il bacino Sud) e sono individuabili con la campitura di colore giallo, ad esempio, nella figura precedente e in altre figure della presente relazione (per maggiore dettaglio si veda la tavola grafica allegata).

Questi bacini (o vasche) di infiltrazione, esistenti, sono costituiti materialmente da ampie depressioni del terreno, artificialmente realizzate in tempi molto risalenti (prima metà del '900), con l'asportazione degli orizzonti lenticolari argillosi più superficiali lasciando affiorare le matrici sabbioso-ghiaiose che vengono a costituire il fondo del bacino di infiltrazione.



ciglio superiore del bacino di
infiltrazione, al piano di campagna



Particolari del Bacino di infiltrazione Nord



Particolari del Bacino di infiltrazione Sud

Nel corso del presente studio sono state eseguite le verificazioni separatamente per i due diversi sistemi utilizzando i valori di progetto come individuati nella presente relazione.

In termini teorici, i fattori che influiscono sull'effetto di laminazione, operato da un invaso di tipo statico sono il volume massimo in esso contenibile, la sua geometria e le caratteristiche di scarico (naturali e/o artificiali). Il processo di laminazione nel tempo t è perciò descritto matematicamente dal seguente sistema ternario d'equazioni:

1. Equazione differenziale di continuità:

$$q_e(t) - q_u(t) = \frac{dW(t)}{dt}$$

2. Legge di efflusso che governa l'uscita dall'invaso:

$$q_u = q_u[H(t), t]$$

3. Curva d'invaso, esprime il legame geometrico tra il volume invasato ed il battente idrico H nell'invaso:

$$W(t) = W[H(t), t]$$

dove:

$q_e(t)$ rappresenta la portata entrante;

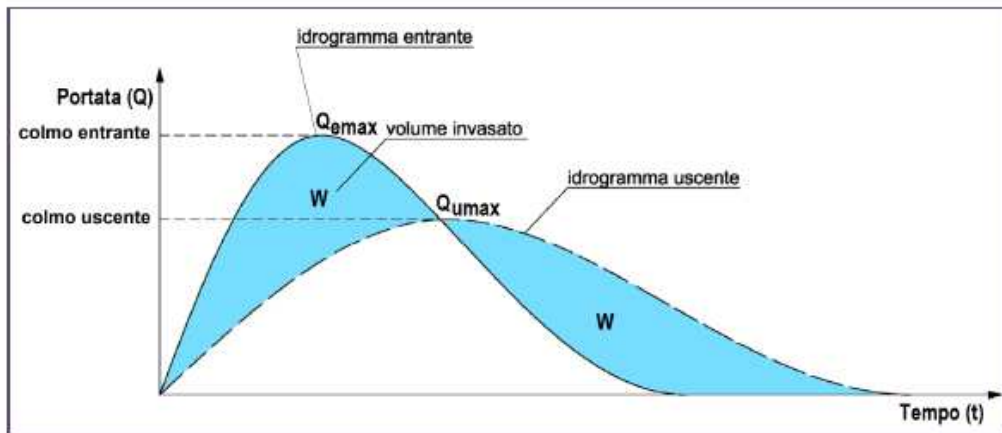
$q_u(t)$ è la portata uscente;

$W(t)$ è il volume invasato;

$H(t)$ è il battente idrico, nel bacino d'invaso ed infiltrazione.

La capacità minima che il bacino (o vasca) deve avere in termini di volume deve essere almeno uguale al volume massimo invasato che, nel caso particolare, assimilabile al caso studiato, di onda di piena con un solo colmo, si verifica quando la portata in uscita dall'invaso diventa uguale a quella in entrata.

Riportando in un grafico le onde entranti (q_e) ed uscenti (q_u) da un invaso generico, questa capacità è data dall'area compresa tra le due curve fino al raggiungimento della portata uscente massima Q_{umax} .

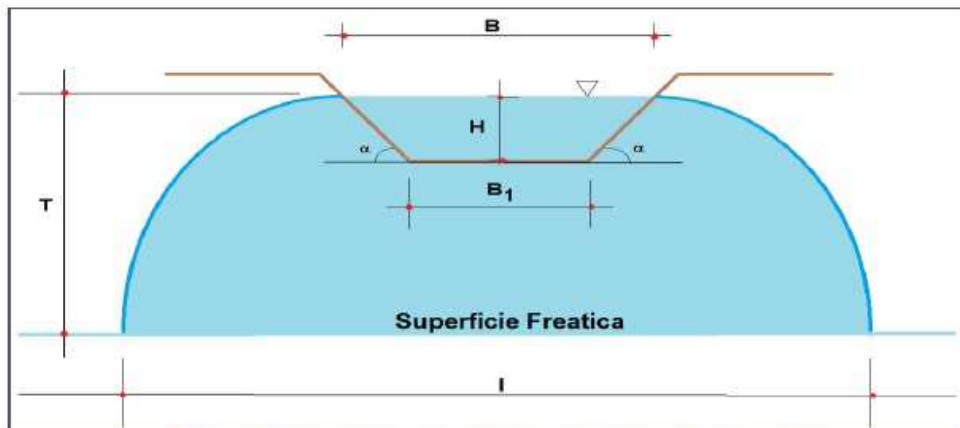


Sulla base del suddetto approccio teorico e di parametri sperimentalmente definiti si calcola: la portata unitaria q_{u1} uscente (dal bacino o vasca di infiltrazione) che è data dalla:

$$q_{u1} = k I I \text{ [m}^2\text{/s]}, \text{ (1}^a \text{ equazione di V.V. Vedernikov}^1\text{)}$$

essendo I l'ampiezza della superficie di dispersione:

$$I = (B + A * H) \text{ [m]} \text{ (2}^a \text{ equazione di V.V. Vedernikov)}$$



¹ Valentin Valentinovich Vedernikov: "Characteristic Features of a Liquid Flow in Open Channel". Academy of Sciences, Moscow, USSR/ Валентин Валентинович Ведерников: «Характерные особенности течения жидкости в открытом канале». Академия наук, Москва, СССР

ove:

k [m/s]: permeabilità del sottosuolo superficiale anidro;

J [m/m]: cadente piezometrica;

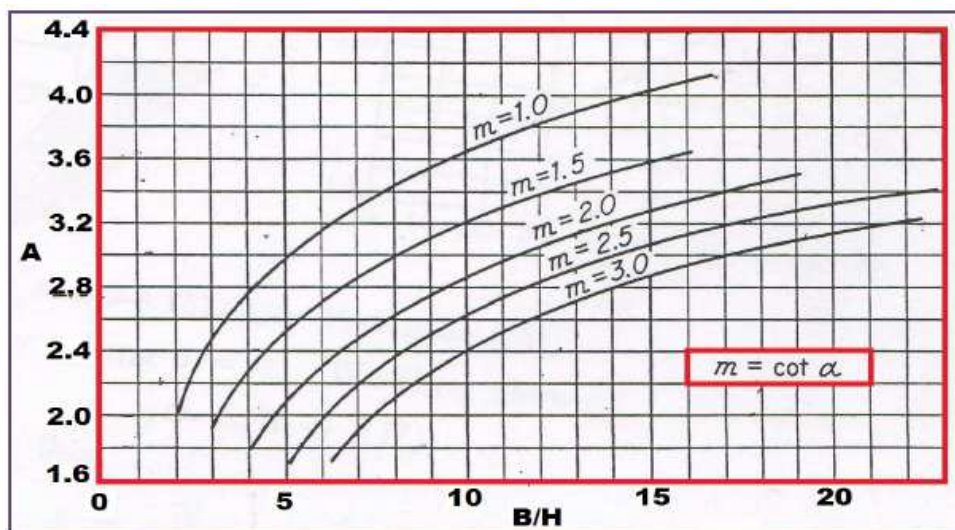
T [m]: dislivello tra il pelo liquido del bacino e la superficie freatica;

H : battente idraulico nel bacino infiltrativo;

α : angolo di inclinazione delle sponde del bacino;

A : costante adimensionale ricavabile dalla terza equazione di V.V. Vedernikov

$A \approx \ln(B / H) + 1,345$, ovvero dal seguente normogramma;



Per i bacini di infiltrazione biotopizzati (impianto di trattamento a carattere naturale), come quelli qui in esame, sulla base delle rilevazioni *in situ*, sulle preesistenti esperienze di funzionamento, sui rilievi su pozzi esistenti vicini, sulla geometria dei siti, considerando che il battente idrico sulla superficie filtrante è molto minore dell'altezza dello strato filtrante e la superficie piezometrica della falda è convenientemente al di sotto del fondo disperdente, si sono calcolate le sopra definite grandezze per entrambi i bacini in esame (Nord e Sud).

Inoltre, si considera la seconda dimensione, in pianta, del bacino (o vasca) di infiltrazione L , per cui si ha:

$$q_u = q_{u1} * L \text{ [m}^3\text{/s] e}$$

$T_{sv} = V_{ps} / (q_u * 3600) \text{ [h]}$, ove T_{sv} misura il tempo di svuotamento del bacino (o vasca) di infiltrazione.

In sede di definitiva verifica si ha per due bacini (o vasche) di infiltrazione in esame:

Bacino di infiltrazione Nord

INPUT	
$V_{ps} [m^3]$	2466,85
$J [m/m]$	1
$k [m/s]$	10^{-5}
$B [m]$	75
$L [m]$	140
$H [m]$	2
$\alpha [gradi]$	45°
$A [adim]$	4,97
$T [m]$	16

OUTPUT	
$I [m]$	84,94
$q_{u1} [m^2/s]$	0,00085
$q_u [m^3/s]$	0,119
$T_{sv} [h]$	5,76

Bacino di infiltrazione Sud

INPUT	
$V_{ps} [m^3]$	1306,60
$J [m/m]$	1
$k [m/s]$	10^{-4}
$B [m]$	24
$L [m]$	40
$H [m]$	3
$\alpha [gradi]$	45°
$A [adim]$	3,42
$T [m]$	15

OUTPUT	
$I [m]$	34,26
$q_{u1} [m^2/s]$	0,0034
$q_u [m^3/s]$	0,1360
$T_{sv} [h]$	2,67

Come si può osservare, i tempi di svuotamento di entrambi gli invasi risultano molto minori del tempo di svuotamento massimo di 72 h suggerito dall'ADIS e si può affermare che i bacini di infiltrazione esistenti (Nord e Sud) risultano ampiamente sovradimensionati e in grado di soddisfare ampiamente il principio di invarianza idraulica, anche considerando non solo gli incrementi di efflusso (ΔQ_p) dalle due aree di raccolta Nord e Sud conseguenti al nuovo intervento progettato (la presente variante alla lottizzazione convenzionata "Is Argiolas"), ma anche rispetto all'intera portata effluente prevista *post-operam* (Q_{pp}). In altri termini, la situazione descritta e verificata (aree di raccolta Nord e Sud) comporta che l'efflusso verso i ricettori esterni al lotto era nullo ($Q_{p\text{ esterno}} = 0$) *ante-operam* e tale rimarrà anche successivamente all'intervento progettato di variante alla lottizzazione convenzionata.

Inoltre, la verifica analitica conferma, per entrambi i bacini (o vasche) di infiltrazione, un comportamento delle opere idrauliche assolutamente compatibile e congruo con le osservazioni dirette e i rilievi effettuati ripetutamente su entrambi i siti in diverse condizioni di eventi piovosi anche estremi (si tenga conto che i bacini sono esistenti da lungo tempo).

Data a Oristano li 05 di Febbraio del 2026

Dott. Ernesto Pia
Ingegnere civile e ambientale

Dott. Giovanni Mele
Geologo

D'après EP