

OGGETTO: PROGETTO DI LOTTIZZAZIONE F.LLI IBBA
PROLUNGAMENTO VIA CAMPANELLI -
ZONA "C" - SOTTOZONA "C2ru"

PROGETTISTI:

Arch. FRANCESCO PIGA

Arch. FRANCESCO IBBA

Compatibilità idraulica, geologica e geotecnica:

Dott. ing. Luigi Sanna

Dott. geol. Giovanni Mele



Regione Autonoma della Sardegna



Comune di Oristano

spazio riservato ai provvedimenti comunali e degli enti incaricati:

STUDIO DI COMPATIBILITA'
IDRAULICA, GEOLOGICA e
GEOTECNICA

AGGIONAMENTO
NOVEMBRE 2013

ALLEGATO 5

INDICE

1. Introduzione

2. Caratterizzazione dell'intervento

2.1 Planimetria delle opere

2.2 Tipologie edilizie

2.3 Opere di urbanizzazione

3. Inquadramento territoriale e urbanistico

4. Inquadramento geografico e cartografico

5. Inquadramento geologico

6. Inquadramento geomorfologico e caratterizzazione idrogeologica

7. Inquadramento climatologico

7.1 Temperatura e precipitazioni

7.2 Vento

8. Inquadramento idrogeologico

9. Conoscenze sulla pericolosità idraulica delle aree in studio

9.1 Il Piano di Assetto Idrogeologico

9.2 Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali

9.3 Previsioni del PAI e del PSFF per l'area di interesse del progetto.

10. Metodologie di calcolo delle portate di piena

10.1 Analisi pluviometrica

10.2 Coefficienti di deflusso

10.3 Stima della portata meteorica netta

10.4 Invarianza idraulica

10.5 Calcolo del collettore

11. Conclusioni

1. Introduzione

Il presente studio di compatibilità idraulica geologica-geotecnica è parte integrante del progetto relativo alla realizzazione di un piano di lottizzazione convenzionato nel Comune di Oristano.

Il suo scopo è quello di verificare la compatibilità geologica geotecnica e idraulica dell'area oggetto di intervento sulla base delle prescrizioni delle Norme di Attuazione del P.A.I. SARDEGNA (Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino unico della Sardegna).

La realizzazione di una lottizzazione comporta, ovviamente l'impermeabilizzazione di una parte della superficie del terreno in seguito alle nuove opere, con conseguente diminuzione del tempo di risposta del bacino interessato ed aumento della portata defluente nella rete d'evacuazione, con il rischio di aumentare la frequenza degli eventi critici su tutta l'area, a meno di interventi compensativi di tipo idraulico.

Si dovrà pertanto individuare quale sia la portata massima che attualmente defluisce da quest'area, per poi stabilire quali devono essere gli interventi compensativi, in modo che la portata defluente possa essere pari a quella massima riscontrabile attualmente.

Si deve sottolineare che i valori risultanti da tale studio, si riferiscono alla lottizzazione di progetto, con gli interventi previsti nel piano. Qualora si dovessero avere delle variazioni, ad esempio aumentando la percentuale di superficie impermeabilizzata, risulta chiaro che i valori di seguito riportati necessitano di un ulteriore volume di invaso per sopperire alla diminuzione di superficie a verde.

Va inoltre ribadito che questo studio si limita al bacino costituito dalla superficie di lottizzazione e dalle superfici limitrofe a detta lottizzazione che, per gravità, insistono su quest'area, ed è quindi volto a non peggiorare la situazione attuale, e non a migliorare eventuali carenze idrauliche dell'intero bacino.

2. Caratterizzazione dell'intervento

Di seguito vengono sintetizzate le caratteristiche principali dell'intervento, ricavate dalla relazione tecnica di accompagnamento del piano di lottizzazione, che permettono di evidenziare gli aspetti attinenti allo studio di compatibilità.

2.1. Planimetria delle opere

L'area di intervento è situata a nord-ovest dell'aggregato urbano all'intersezione tra la parte terminale della Via Ernesto Campanelli e una strada vicinale.

Il progetto prevede la realizzazione di 25 lotti distribuiti lungo una strada locale di ambito urbano ad una sola corsia lungo la quale sono collocati anche i parcheggi pubblici.

La superficie interessata dalla lottizzazione, come già visto, è di mq.17.781,00 e risulta così ripartita:

- Superficie fondiaria	mq.	15.198 ;
- Superficie totale edificata	mq.	5.066 ;
- Strade	mq.	1.257 ;
- Marciapiedi	mq.	864 ;
- Parcheggi pubblici	mq.	197 ;
- Strada privata	mq.	237;
- Verde privato	mq.	5.066 ;



2.2. Tipologie edilizie

Le tipologie edilizie previste sono costituite esclusivamente da case unifamiliari isolate, sviluppate su due piani fuori terra e un seminterrato.

Per un esame più approfondito dei tipi edilizi si rimanda al relativo elaborato progettuale, che definisce in modo dettagliato gli schemi di tutti i fabbricati previsti.

2.3. Opere di urbanizzazione

Le infrastrutture a rete sono costituite dalle opere stradali, marciapiedi e parcheggi pubblici, dalle opere per l'illuminazione pubblica, le telecomunicazioni. Le connessioni elettriche e di segnale sono interrate.

La rete fognaria delle acque nere prevede la realizzazione di due collettori in PVC del diametro di 200 mm nei quali confluiranno gli scarichi dei singoli lotti. Tali collettori a loro volta confluiranno nella condotta fognaria del diametro di 315 mm prevista nell'attuale strada vicinale.

La rete delle acque bianche avrà lo stesso schema di funzionamento di quello delle acque nere ma con collettori dimensionati adeguatamente sulla base delle analisi idrauliche riportate nei successivi paragrafi.

3. Inquadramento territoriale e urbanistico

Il piano di lottizzazione ricade all'interno della Zona C2, nello specifico identificata come sottozona C2ru nel PUC del Comune di Oristano.

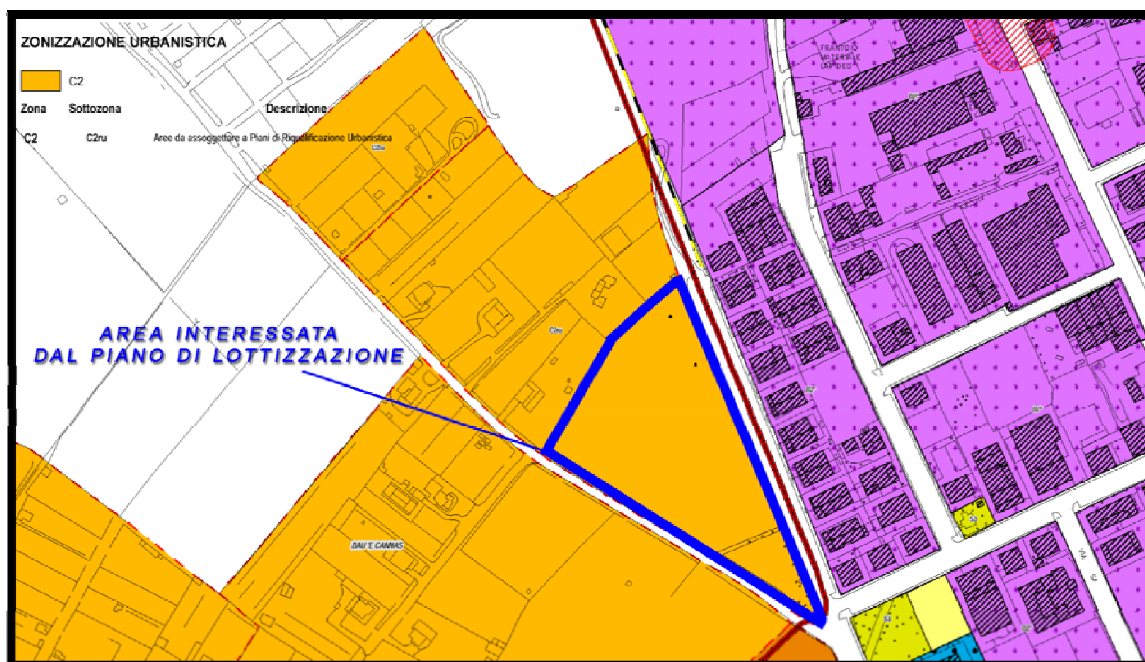


Figura 1 – Stralcio zonizzazione Piano Urbanistico Comunale

La lottizzazione è individuato al Catasto terreni del Comune di Oristano al Foglio 6, Mappali 1197, 1198, 1199, 1200, 1201, 1202, 1203, 1208, 1209, 1210, 1211, 1241, 1242, 1243, 1244.



Figura 2 – Planimetria catastale

L'area interessata dal piano, di forma pressoché triangolare, è situata a nord-ovest dell'aggregato urbano, all'intersezione tra la parte terminale della Via Ernesto Campanelli e una strada vicinale, come evidenziato nella foto aerea sotto riportata.



Figura 3 – Foto aerea satellitare

4. Inquadramento geografico e cartografico

Nel presente studio sono state utilizzate diverse fonti di informazioni che riguardano la cartografia, la geologia, la climatologia, la pluviometria dell'area oggetto di intervento. Come strumento cartografico principale è stata adottata la Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000, sezioni 528080 e 528110.

Altre informazioni riguardanti nello specifico il territorio comunale sono state integrate con le carte pubblicate dall'Istituto Geografico Militare (IGMI) - Serie25 e Serie50 rispettivamente in scala 1:25.000 e 1:50.000 (F° 528 della Carta d'Italia) e con gli elaborati aerofotogrammetrici restituiti in scala 1:2000.

La lottizzazione infine è stata anche individuata nel foglio n° 528 - B4-III della cartografia I.G.M. (scala 1:5000 –Oristano) .

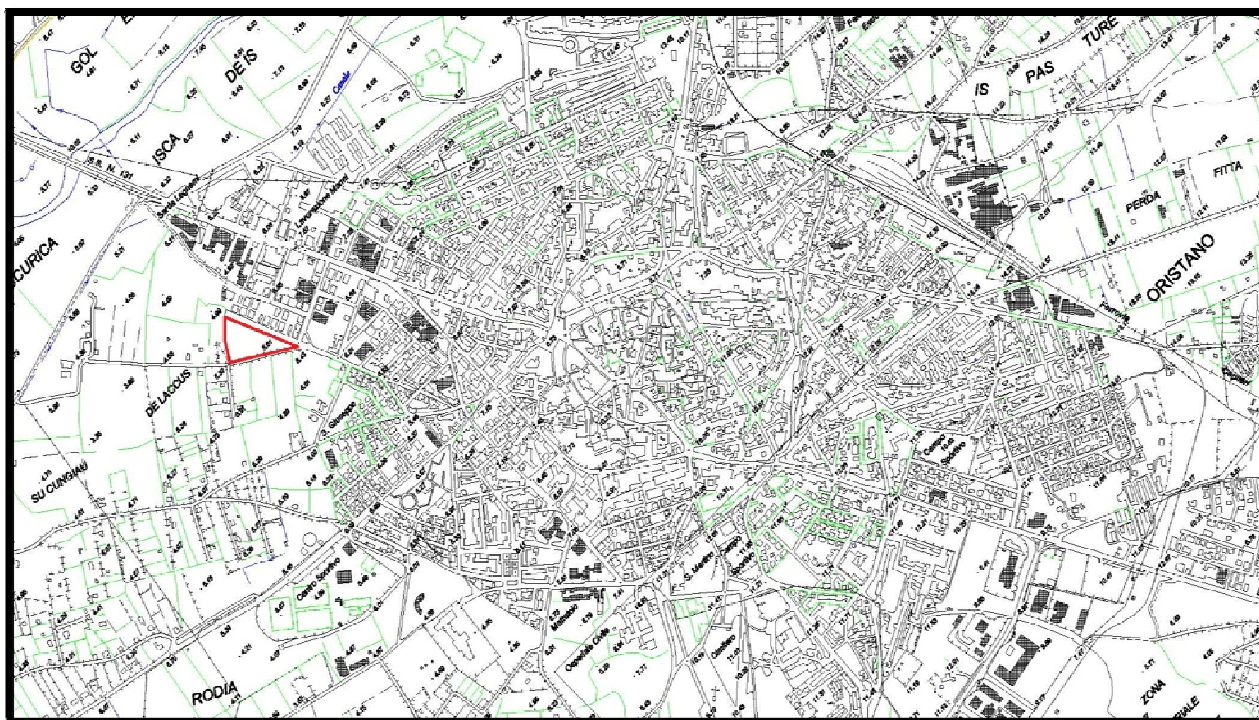


Figura 4 – Stralcio carta tecnica Regionale - in rosso è evidenziata l'area di intervento -

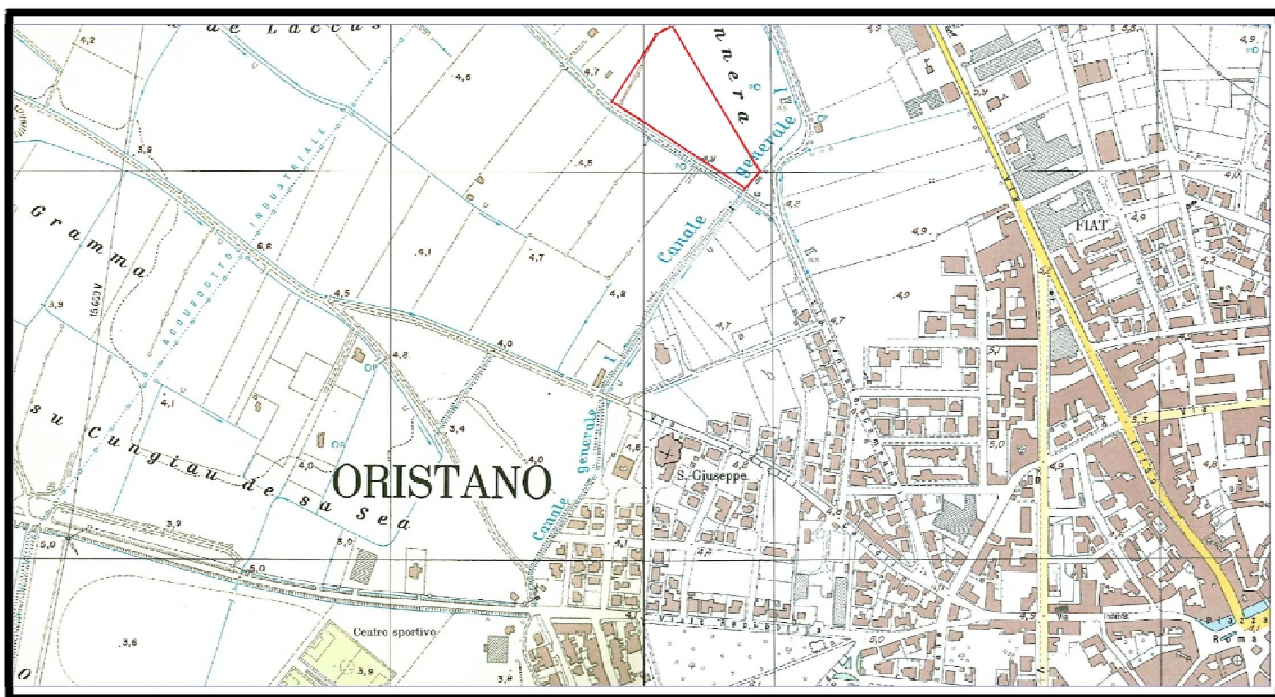
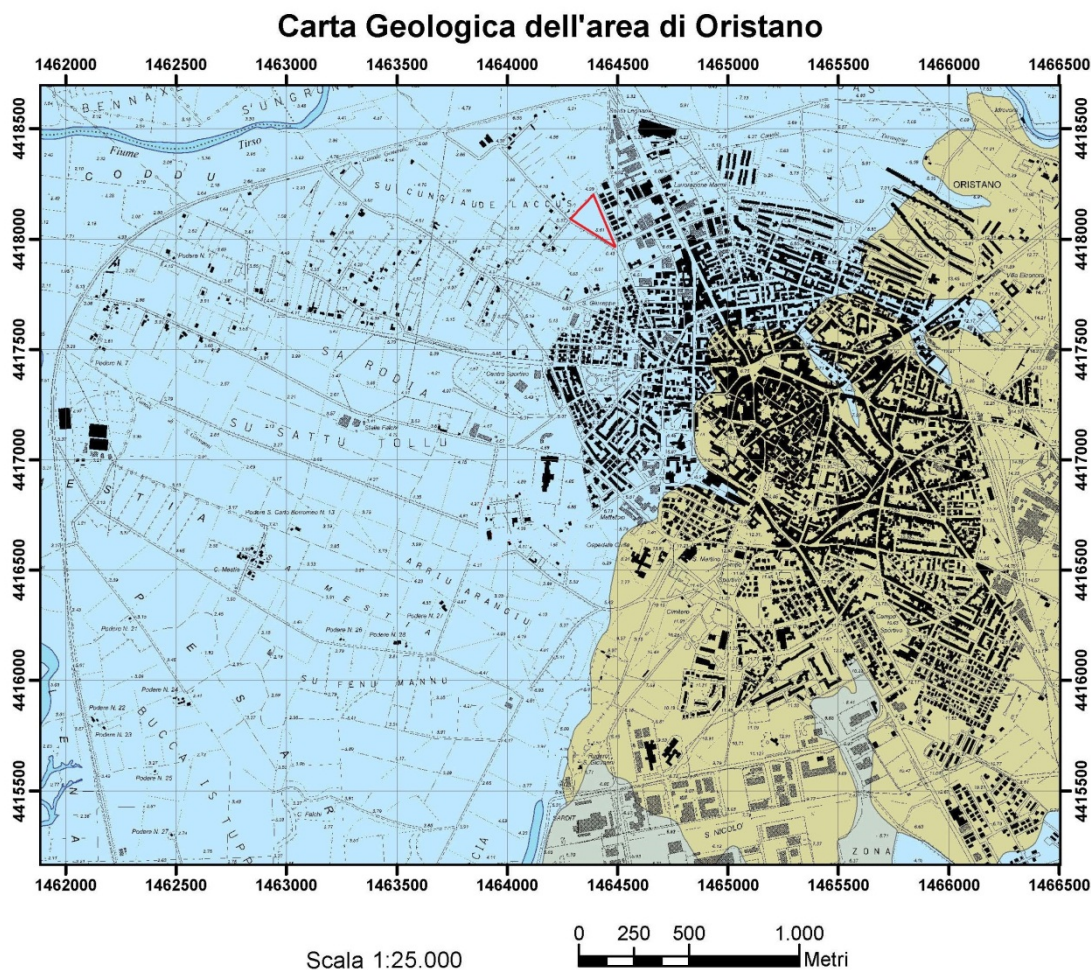


Figura 5– Stralcio IGM scala 1:5000 - in rosso è evidenziata l'area di intervento -

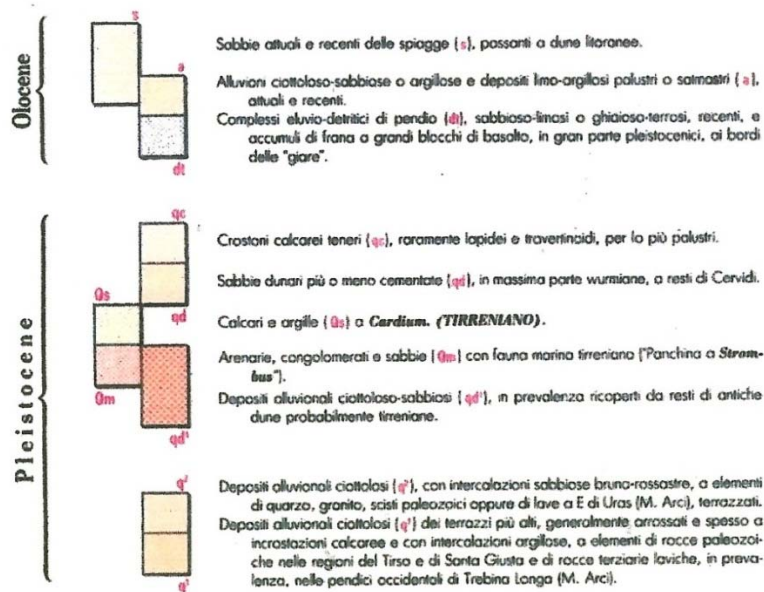
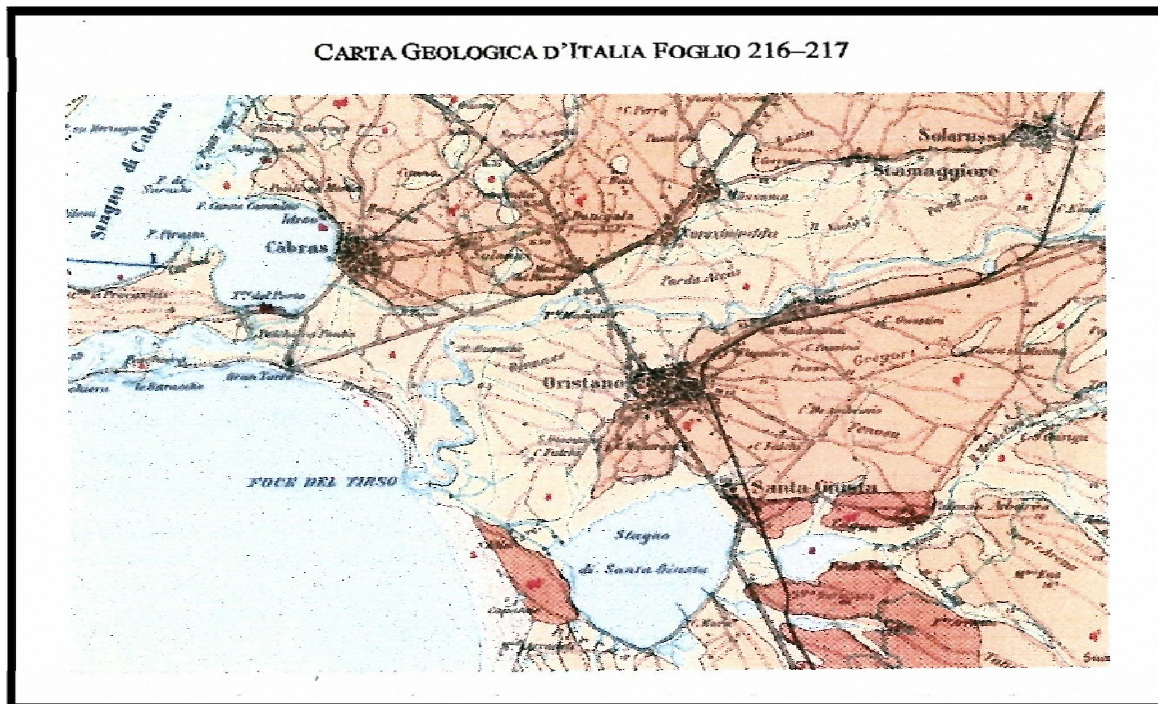
5. Inquadramento geologico

Quali strumenti di base per lo studio geologico dell'area sono state utilizzate: la Carta Geologica di base della Sardegna in scala 1:25.000 resa disponibile dalla RAS (Regione Autonoma della Sardegna); e il Foglio n° 217 ORISTANO della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 (Servizio Geologico d'Italia).



Legenda

- Limite della lottizzazione
- Depositi alluvionali. Sabbie con subordinati limi e argille. OLOCENE
- Depositi antropici. Materiali di riporto e aree bonificate. OLOCENE
- Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (SINTEMA DI PORTOVESME). Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie. PLEISTOCENE SUP.
- Specchi d'acqua



L'area centro occidentale della Sardegna è caratterizzata da una piana alluvionale, la cui origine è da mettere in relazione con la presenza dei corsi d'acqua in essa presenti e in particolare il Fiume Tirso, costituita da una potente successione di depositi eterogenei per granulometria e origine.

L'accumulo di notevoli quantità di sedimenti, organizzati in diverse unità deposizionali è stata favorita essenzialmente da due fattori: il primo è che la piana di Oristano si è costituita su una fossa tettonica terziaria totalmente pianeggiante, il secondo che il bacino del fiume Tirso per la sua importanza ed estensione allo sbocco nella piana di

Oristano è all'origine del notevole trasporto solido del fiume e di conseguenza della messa in posto di notevoli quantità di sedimenti.

La pianura sopra citata si può dividere in due porzioni distinte in base alle caratteristiche dei sedimenti. La parte più occidentale costituita da depositi di spiaggia formati da sabbie di origine eolica, derivanti dallo smantellamento delle dune eoliche Pleistoceniche.

Verso la costa questi sedimenti divengono depositi tipici di ambiente lacustre composto da una grossa componente organica che gli attribuisce una colorazione scura ed una composizione prettamente limo-argillosa. La parte finale della piana il cui risultato è un cordone marino composto principalmente da sabbie accumulate dall'azione del mare e del vento.

La porzione centrale e orientale della piana di Oristano è costituita da depositi alluvionali eterogenei, costituiti in prevalenza da ghiaie, sabbie e subordinatamente argille, depositi dalle acque del fiume Tirso in un ambiente deposizionale di più ad alta energia rispetto alla fascia occidentale della pianura.

Il sito di cui al presente studio si trova in corrispondenza di tale porzione.

Di seguito si riporta la carta Geo-Litologica (scala 1:10000) del Piano Urbanistico del Comune di Oristano dalla quale risulta come il sottosuolo del sito appartiene all'Unità quaternaria, Olocene, costituita in prevalenza da depositi alluvionali eterogenei.



Figura 6 - Carta Geo Litologica

OLOCENE

-  Materiali di riporto e aree bonificate
-  Depositati alluvionali eterogenei
-  Depositati di spiaggia

-  Depositati ghiaioso-sabbiosi di conoide alluvionale
-  Depositati lacustri e palustri limoso-argillosi
-  Depositati palustri argillosi

6. Inquadramento geomorfologico e caratterizzazione idrogeologica

L'assetto geomorfologico dell'area direttamente interessata dalla realizzazione delle opere in progetto, in accordo con le caratteristiche delle aree di piana alluvionale, è caratterizzato dalla dominanza di un morfotipo sub-pianeggiante e con acclività molto ridotte e altezza media che varia tra il metro e i 3 metri s.l.m.m. dovuti alle alluvioni terrazzate.

Gli unici profili di una certa importanza si trovano a distanza. Ricordiamo a nord il M.te Ferru con i suoi 1050 m, il M.te Arci a sud a quota 812 m ed infine ad est i monti del sarcidano con il M.te Grighini. (m 678). L'orizzonte che si presenta a ovest è pressoché piatto, passando per dai pochi metri del perimetro della laguna alla distesa del Mar Mediterraneo.

I processi geomorfologici prevalenti che interessano l'area vasta sono comunque riconducibili a fenomeni erosivi areali, di modesta intensità dovuti prevalentemente alle acque di ruscellamento.

Dall'analisi della cartografia disponibile e dalle risultanze dei sopralluoghi effettuati è emerso che nell'area non si rilevano fenomeni di dissesto attivi o potenziali che possano interferire con la realizzazione delle opere previste in progetto.

Per quanto riguarda l'inquadramento idrogeologico l'aspetto principale da considerare è quello di sintetizzare i dati disponibili riguardanti la permeabilità dei terreni, cercando di individuare la presenza o meno di falde libere, in pressione e circolazioni idriche sotterranee lungo direzioni preferenziali.

La permeabilità è una proprietà ed esprime la capacità di un corpo di assorbire più o meno l'acqua piovana e di immagazzinarla o farla defluire.

Così come si osserva anche nella carta idrogeologica, l'intero territorio comunale è caratterizzato per la quasi totalità dall'affioramento dell'Unità delle alluvioni plio-quadernarie. Tali depositi alluvionali, come in precedenza evidenziato, costituiti da conglomerati e sabbie, sono caratterizzati da una permeabilità variabile da molto alta a media ($10^{-1} < K < 10^{-4}$), con punti in cui la stratigrafia viene interessata da strati argillosi in cui la permeabilità si riduce strati impermeabili con conseguente permeabilità nulla.

I sondaggi eseguiti nell'area di intervento (Elaborato n°4 del progetto "indagini geognostiche e geotecniche") hanno evidenziato sino alla massima profondità investigata terreni, 8 metri, prevalentemente a granulometria sottile, limosi, argillosi e sabbiosi sia in alternanza che in vari rapporti granulometrici, con valori eterogenei del coefficiente di permeabilità.

Per quanto riguarda la circolazione idrica sotterranea, la presenza delle alluvioni sabbiose, ghiaiose e limo-argillose sia in alternanza che in vari rapporti granulometrici, favoriscono la formazione di falde multistrato.

I sondaggi eseguiti nelle diverse perforazioni hanno individuato la prima circolazione idrica a una quota variabile da -1.60m a -1.70m dal piano di campagna.

Il deflusso sotterraneo dell'area oggetto di intervento si può ricavare dalla carta idrogeologica del Piano Urbanistico Comunale, tramite le apposite linee che lo individuano.



Figura 7 - Carta Idrogeologica

7. Inquadramento climatologico

7.1 Temperatura e precipitazioni

La Sardegna gode essenzialmente di un tipico clima Mediterraneo, tuttavia la posizione particolare, interamente circondata dal mare e lontana dai continenti, rendono l'isola soggetta a una accentuata variabilità termica, tra i versanti, in occasione di ondate di calore o di freddo.

A livello medio il clima isolano è molto mite, persino nella stagione fredda, infatti le ondate di freddo giungono attenuate nel corso del loro passaggio sul Mediterraneo.

Tuttavia se l'aria fredda si presenta secca (venti da nord est), l'accumulo di questa in ristretti territori dal clima maggiormente continentale (fondovalle di zone interne), può provocare valori estremi di temperatura minima, compresi tra i -5°C e i -10°C. Le correnti fredde da nord ovest, sono invece più umide e il più delle volte portatrici di

neve, abbondante e piuttosto frequente nel trimestre invernale, sopra i 1400 metri di quota.

La vicinanza con il continente africano rende comunque l'isola soggetta a frequenti irruzioni di aria calda, dal Nord Africa. Gli effetti di queste sono minimi nel trimestre invernale, quando il Sahara presenta valori di temperatura piuttosto miti, tuttavia nei restanti mesi le irruzioni di aria calda da sud, possono portare al raggiungimento di temperature molto elevate.

In estate la temperatura è elevata e nei mesi di luglio e agosto tutta la Sardegna meridionale si trova compresa entro l'isoterma di 25 °C.

L'azione moderatrice del mare è ben manifestata nell'andamento delle temperature medie. Si verifica infatti il perdurare delle basse temperature invernali, ancora nei mesi di marzo e aprile nelle stazioni interne e montane, mentre in quelle costiere la media di questi mesi si approssima già ai 15 °C. Alla fine della primavera (giugno) si ha invece un incremento verso gli alti valori estivi, più spiccato nelle zone interne e più moderato lungo le coste.

La media primaverile è di 10-12 °C per le stazioni interne e per quelle montane, che scende di 5 gradi per quelle della costa. La vera stagione calda ha inizio col mese di giugno, in cui la temperatura media si eleva fino ed oltre i 20 °C, restando inferiore a tale valore solo nelle zone di montagna. Il mese più caldo può essere luglio o agosto: il verificarsi del massimo in agosto è un fatto frequente nella costa occidentale, altra prova che l'influenza del mare è più marcata in questo versante. In luglio e agosto la temperatura media all'ombra supera i 20° C anche nelle zone di montagna, escluse quelle al di sopra dei 1000 metri. La media dell'intera stagione estiva che è di 24,5°C per le stazioni costiere, si eleva a 26° C in alcune località della Sardegna meridionale, per abbassarsi poi a 19-20° C in quelle di montagna.

Fino all'autunno inoltrato la temperatura si mantiene elevata, tanto che in settembre si ha una media superiore a quella di giugno e in ottobre maggiore di quella di maggio.

In novembre continua la diminuzione della temperatura, ma quasi tutte le Stazioni hanno ancora una media che non scende sotto i 10° C e infine, con il mese di dicembre si entra nel regime invernale.

Per la caratterizzazione climatica del settore esaminato sono stati utilizzati i dati pluviometrici e termometrici presenti nella stazione di Oristano.

La stazione di Oristano risulta identificata dalle seguenti coordinate (Gauss-Boaga) **E 1466090 N 4417020**, e risulta posizionata ad un'altezza di 12 m Hsmm, codice stazione 680.

Le osservazioni si riferiscono a 17 anni di osservazioni nel periodo compreso tra il 1986 e il 2002.

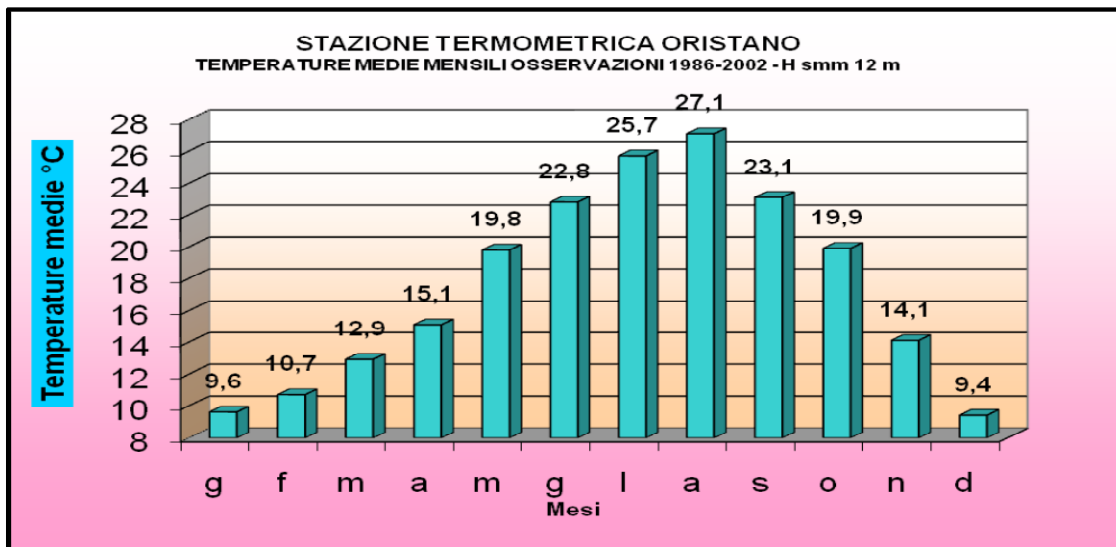


Tabella 1 – Temperature medie mensili

La temperatura media annua massima, calcolata sui valori medi mensili, è di 17,5° C, registrata, nella stazione di Oristano, il mese più freddo è dicembre con 9,4°C.

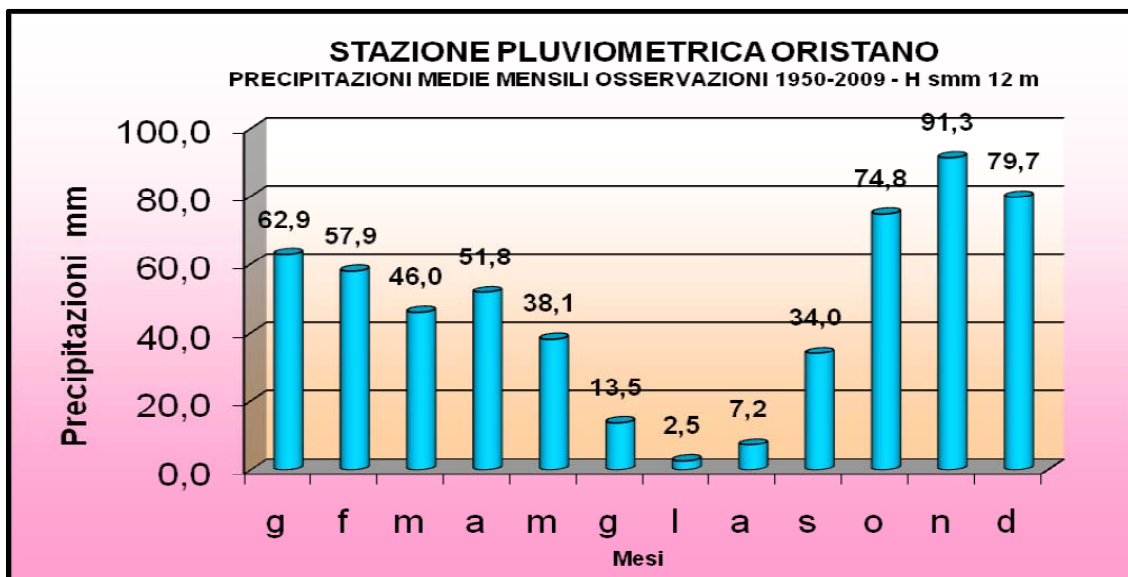


Tabella 2 – Precipitazioni medie mensili

La precipitazione media annua non supera i 559,7 mm di pioggia, calcolata sulla stazione di Oristano. I mesi più secchi sono quelli estivi con il picco minimo a luglio con soli 2,5 mm di pioggia.

7.2 Vento

Nell'ambiente climatico della Sardegna il vento ha una parte assai importante. Esso soffia infatti con altissima frequenza per il fatto che l'isola si trova lungo la traiettoria delle correnti aeree occidentali, che spirano dalle zone anticicloniche dell'Atlantico e dell'Europa di Sud-Ovest verso i centri di bassa pressione mediterranei. E' di notevole interesse constatare che la distribuzione dei valori di frequenza nei diversi settori d'orizzonte non presenta apprezzabili variazioni nei singoli anni; ciò è tanto più degno di nota se si tengono presenti i notevoli scarti dalla media che invece si registrano nell'andamento di altri elementi del clima, e in particolare nel regime delle precipitazioni.

La predominanza dei venti occidentali in tutte le stagioni, la velocità media del vento quasi eguale in tutti i mesi, l'affermarsi del sistema di brezza lungo le coste regolarmente alla fine della primavera sono i fatti salienti di questo uniforme regime anemometrico.

Il regime anemologico che contraddistingue la zona dell'Oristanese è caratterizzato da correnti nord-occidentali, con una seconda direzione prevalente sud-orientale.

Per studiare nel dettaglio la direzione e velocità dei venti nelle zone limitrofe al sito di interesse si ritiene utile esaminare i dati rilevati nella stazione A.M. di Oristano.

I dati di frequenza della direzione ed intensità sono presentati nella tabella riportata nella pagina seguente.

La frequenza è espressa in ‰ mentre la velocità del vento è espressa in nodi (1 nodo= 0,51 m/s).

Dai dati emerge come lo stato di calma rappresenti la situazione più frequente.

A seguire l'importanza maggiore è da attribuire ai venti da NW (maestrale) e da W (ponente), mentre le altre direzioni sono nettamente meno frequenti.

Ai venti da maestrale sono associate anche le intensità maggiori, con punte che superano i 24 nodi (45 Km/h).

STAZIONE DI ORISTANO

(frequenza direzione e velocità del vento)

STAZIONE METEOROLOGICA A.M. 349 -

ORISTANO

- LAT.39 53 LONG. 8 39 ALT. 9 M.

PERIODO DI OSSERVAZIONE DAL 1/1951 AL 3/1962

DIREZIONE E VELOCITA' DEL VENTO

NUMERO DELLE OSSERVAZIONI 32736

DISTRIBUZIONE DELLE FREQUENZE ANNUALI (%)

SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)							
N.	GRADI	0 - 1	2 - 4	5 - 7	8 - 12	13 - 23	24 - 99	TOTALE	
1	0.0 - 22.5	7.13	3.82	3.67	1.52	0.18		16.30	
2	22.5 - 45.0	15.60	9.80	7.24	2.56	0.07		34.47	
3	45.0 - 67.5	33.34	26.45	21.53	6.91	0.31		88.14	
4	67.5 - 90.0	26.76	16.92	10.93	3.47	0.11		58.19	
5	90.0 - 112.5	10.84	4.35	4.22	2.39	0.16		21.96	
6	112.5 - 135.0	5.42	2.92	3.56	2.36	0.08		14.36	
7	135.0 - 157.5	3.14	2.53	2.56	1.78	0.04		11.96	
8	157.5 - 180.0	8.64	5.08	5.74	3.59	0.05		23.89	
9	180.0 - 202.5	8.87	5.84	9.42	5.11	0.0		29.25	
10	202.5 - 225.0	7.56	6.58	6.66	3.11	0.06		23.89	
11	225.0 - 247.5	10.76	8.68	15.04	8.22	0.27		42.96	
12	247.5 - 270.0	16.37	15.35	28.88	11.29	0.38		71.47	
13	270.0 - 292.5	18.06	16.98	32.31	14.29	0.69		82.33	
14	292.5 - 315.0	16.95	17.12	31.52	19.65	1.22		86.66	
15	315.0 - 337.5	16.88	14.91	32.81	23.48	1.67		91.74	
16	337.5 - 360.0	11.64	7.47	12.45	7.65	0.31		40.22	
VARIABILI		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	
0 - 1 NODO		263.01						263.01	
TOTALE		263.01	228.14	163.92	228.22	119.07	5.62	1000.00	

Tabella 3 –Direzione e velocità del vento

Per quanto riguarda la frequenza dei venti è significativo proporre il diagramma anemometrico che riporta la distribuzione delle frequenze in funzione delle direzioni, da cui emerge la situazione dominante del maestrale e del ponente, mentre i venti da nord-est (grecale) e da sud-ovest (libeccio) rappresentano le altre direzioni dominanti, ma con frequenze decisamente più basse.

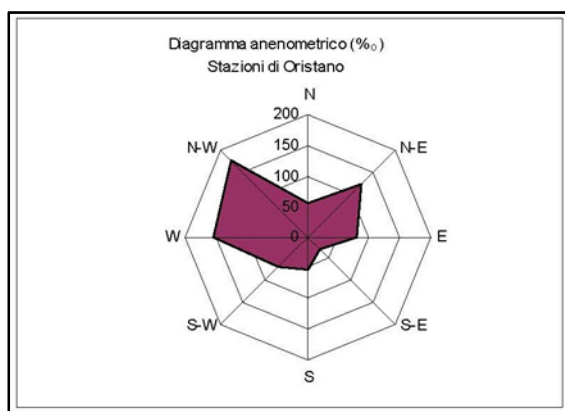


Figura 8 – Diagramma anemometrico stazione di Oristano

8. Inquadramento idrogeologico

L'unità idrologica più importante a nord dell'abitato di Oristano è il fiume Tirso.

Il Tirso, principale fiume della Sardegna, nasce circa una decina di chilometri ad est di Buddusò, dalla dorsale posta a circa 900 m di altitudine compresa tra i monti Madras d'Ingannu e sa Ianna Bassa. Il fiume presenta in generale un corso con andamento prevalente da NE verso SW attraversando per gran parte del suo sviluppo un'ampia fascia della Sardegna centrale per giungere alla foce posta a circa 4 km ad ovest di Oristano, nel golfo omonimo.

L'ultimo tratto del fiume Tirso, a differenza dei tratti di monte, è caratterizzato dalla presenza di un sistema difensivo molto esteso, con arginature sostanzialmente continue dallo sbocco nella piana costiera alla duna litorale, per uno sviluppo complessivo di circa 20 Km.

In sponda destra il rilevato arginale è continuo, ha inizio in corrispondenza della spalla del ponte stradale presso Zerfaliu e termina immorsandosi sulla duna costiera presso la località Azienda Brabau, circa 700 m a monte della foce.

In sinistra, sfruttando il ripiano terrazzato, sopraelevato di circa una decina di metri rispetto al fondovalle alluvionale, su cui sono edificati il centro storico di Oristano e l'abitato di Simaxis, il rilevato arginale è diviso in 3 tronconi: il primo è compreso tra la diga di S. Vittoria e la confluenza del riu S. Elena; il secondo è posto a protezione dell'abitato di Silì; il terzo corre tra il rilievo in località "La Maddalena" presso Silì ed il canale di Pesaria.

Gli argini, realizzati nei primi anni cinquanta, sono costituiti da rilevati in terra, che di norma hanno un'altezza di 3-4 m e un coronamento largo circa 3 m. Sul lato interno degli argini, in genere per brevi tratti, vi sono protezioni in lastre di calcestruzzo o più raramente in gabbioni. Tali rinforzi sono presenti in modo sistematico in corrispondenza delle rampe di accesso alle aree golenali e, saltuariamente, nei punti potenzialmente a rischio di erosione, dove sono stati integrati con sistemi di pennelli in gabbioni.

La rete idrografica dell'area oristanese oltre al Fiume Tirso è caratterizzata da un articolato sistema di canalizzazioni e opere di drenaggio realizzate per l'irrigazione e miglioramento fondiario. Sono inoltre presenti piccoli rii, a carattere torrentizio e generalmente in secca che hanno origine da sorgenti poste tra i rilievi collinari.

9. Conoscenze sulla pericolosità idraulica delle aree in studio.

9.1 Il Piano di Assetto Idrogeologico

L'Approvazione del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) avvenuta con deliberazione della Giunta Regionale n. 54/33 del 30/12/2004 ha conseguito l'esecutività delle perimetrazioni delle aree a rischio e delle aree pericolose individuate a livello regionale ai fini della salvaguardia del territorio da eventuali danni e dissesti dovuti a fenomeni di piena o di frana. Dopo la pubblicazione nel Bollettino Ufficiale della Regione avvenuta nel marzo 2005 si è avuta l'esecutività della suddetta delibera. Come previsto dal D.P.C.M. del 29 settembre 1998 e come riportato nelle "Linee Guida" delle Attività di individuazione e di perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia (RAS, 2000), la procedura per l'individuazione delle aree a rischio idraulico prevede, per ogni bacino idrografico, una prima identificazione dei tronchi critici del reticolo idrografico. La Normativa individua quattro classi di probabilità di evento o classi di pericolosità in relazione alle quali è prescritta la perimetrazione delle aree di pericolosità idraulica. Per la loro determinazione si effettua il calcolo delle portate di piena in sezioni idrografiche sufficientemente significative, relativamente a tempi ritorno di 50 anni, 100 anni, 200 anni e 500 anni, determinate attraverso i metodi correntemente adottati dall'idrologia per la Sardegna.

Il PAI del 2004 ha individuato le aree inondabili e quindi quelle a pericolosità per ciascuna delle classi previste nel DPCM del 29/09/1998 recepite nelle NdA del Piano di Assetto Idrogeologico.

In particolare sono rappresentati:

- Il perimetro delle aree di esondazione con tempo di ritorno minore o uguale a 50 anni (pericolosità idraulica molto elevata Hi4)
- La fascia di elevata pericolosità idraulica, relativa ad esondazioni aventi tempi di ritorno compresi tra i 50 e 100 anni (Hi3)
- La fascia di media pericolosità idraulica, relativa ad esondazioni aventi tempi di ritorno compresi tra i 100 e 200 anni (Hi2)
- La fascia di moderata pericolosità idraulica, relativa ad esondazioni aventi tempi di ritorno compresi tra i 200 e 500 anni (Hi1).

La metodologia seguita ha consentito la quantificazione numerica del rischio totale "R" e degli elementi a rischio interessati "E", associando alla classificazione qualitativa definita nel DPCM 29/09/98 opportuni valori numerici.

Si è anche differenziata la definizione di rischio a seconda del tipo di evento cui si riferisce (piena o frana). In particolare, il rischio idraulico R_i è stato definito, secondo la notazione usualmente utilizzata, come il prodotto di tre fattori:

$$R_i = H_i \cdot E \cdot V$$

dove:

- R_i = rischio idraulico totale, quantificato secondo 4 livelli; nella Figura 05 estratta dal PAI seguente sono evidenziati gli estremi superiori delle classi.
- H_i = pericolosità (natural Hazard) ossia la probabilità di superamento della portata al colmo di Piena. In accordo al DPCM 29/09/98 anche questa grandezza è ripartita secondo 4 livelli, pari a 0,02, 0,01, 0,005, 0,002, che corrispondono, rispettivamente, ai periodi di ritorno (T) di 50, 100, 200 e 500 anni. nella Figura 06 seguente estratta dal PAI sono evidenziati i valori attribuiti alle classi di pericolosità.
- E = elementi a rischio: ai sensi del citato DPCM 29/09/98 sono costituiti da persone e cose suscettibili di essere colpiti da eventi calamitosi e vengono classificati come riportato nella Figura 07 seguente estratta dal PAI, nella quale ad ogni classe è stato attribuito un peso secondo una scala compresa fra 0 e 1.
- V = vulnerabilità intesa come capacità a resistere alle sollecitazioni indotte dall'evento e quindi dal grado di perdita degli elementi a rischio E in caso del manifestarsi del fenomeno. Ogni qualvolta si ritenga a rischio la vita umana, ovvero per gli elementi di tipo E4, E3 e parte di E2, la vulnerabilità, in linea con il DPCM 29/09/98 è stata assunta pari all'unità; per quanto concerne gli elementi di altro tipo occorrerebbe provvedere a delle analisi di dettaglio.

La classificazione delle aree a Rischio Idraulico è stata quindi ricavata come intersezione tra aree pericolose (aree allagabili) ed elementi a rischio, secondo la scala riportata nella tabella seguente estratta dal PAI

Tabella XIII Classificazione delle aree a rischio idraulico

Classe	Intensità	valore	Elementi a rischio	Pericolosità / Tr (anni)			
				Hi1	Hi2	Hi3	Hi4
				500	200	100	50
R_{i1}	Moderato	≤ 0.002	E1	R _{i1}	R _{i1}	R _{i2}	R _{i2}
R_{i2}	Medio	≤ 0.005	E2	R _{i1}	R _{i2}	R _{i2}	R _{i3}
R_{i3}	Elevato	≤ 0.01	E3	R _{i1}	R _{i2}	R _{i3}	R _{i4}
R_{i4}	Molto elevato	≤ 0.02	E4	R _{i1}	R _{i2}	R _{i3}	R _{i4}

9.2 Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) è redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 della legge 19 maggio 1989 n. 183, quale Piano Stralcio del Piano di Bacino Regionale.

Il PSFF trova specificazione nella direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni e nel Decreto Legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 che recepisce tale direttiva.

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali ha valore di Piano territoriale di settore ed 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.

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali costituisce un approfondimento ed una integrazione necessaria al Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) in quanto è lo strumento per la delimitazione delle regioni fluviali funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (ai fini insediativi, agricoli ed industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali.

Per quanto riguarda le procedure di approvazione, si fa riferimento alla delibera n. 1 del 23 giugno 2011 del Comitato istituzionale dell'Autorità di bacino della Sardegna recante "Predisposizione del complesso di "Studi, indagini, elaborazioni attinenti all'ingegneria integrata, necessari alla redazione dello Studio denominato Progetto di Piano Stralcio Delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.)". Revoca della deliberazione del C.I. n. 1 del 31.03.2011, di adozione preliminare del P.S.F.F., e definizione di una nuova procedura per l'adozione e l'approvazione finale che prevede alcuni incontri e momenti di confronto con gli attori del territorio.

IL Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna, con Delibera n.1 del 20.06.2013, ha adottato in via definitiva il Progetto di Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, contenente nuove misure di salvaguardia del territorio regionale con l'individuazione di nuove aree di pericolosità idraulica e la modifica di altre precedentemente identificate dal PAI .

Nel PSFF l'analisi idraulica è stata condotta utilizzando il modello numerico HEC-RAS che consente il calcolo dell'andamento dei profili di corrente in moto permanente gradualmente variato od in moto vario, sia in alvei naturali, sia in canali artificiali, includendo anche la valutazione degli effetti sulla corrente dovuti all'interazione con ponti, tombinature, briglie, stramazzi, aree golenali ecc..

Per quanto riguarda gli aspetti normativi, il PSFF rimanda alle norme di attuazione del PAI. Per quanto concerne gli elementi areali il Piano individua le cosiddette fasce fluviali, dette anche aree di pertinenza fluviale, che identificano quelle aree limitrofe all'alveo inciso occupate nel tempo dalla naturale espansione delle piene, dallo sviluppo morfologico del corso d'acqua, dalla presenza di ecosistemi caratteristici degli ambienti fluviali.

9.3 Previsioni del PAI e del PSFF per l'area di interesse del progetto.

La porzione del territorio del Comune di Oristano affacciata sul fiume Tirso e che comprende l'area di interesse del progetto è individuata nelle tavole 7 e 8 del PAI nel Sub-bacino Tirso. Nelle tavole si individuano le zone perimetrate con pericolosità idraulica Hi4 ed Hi1; le prime (zone Hi4) sono localizzate all'interno delle aree golenali del fiume Tirso, mentre le altre, in aree adiacenti alle prime ed al di fuori della golenale. In generale le zone a pericolosità Hi4 possono essere zone a Rischio Ri2, Ri3 e Ri4, mentre le zone pericolosità Hi1 risultano sempre a Rischio Ri1.

Dall'analisi degli elaborati cartografici del PAI risulta che l'area oggetto di studio ricade all'interno di aree esondabili a pericolosità idraulica Hi1, ossia aree inondabili da piene con portate al colmo caratterizzate da tempi di ritorno di 500 anni.

Nell'ambito del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, Sub Bacino 02 Tirso, l'intervento ricade nelle aree soggette a vincolo idrogeologico perimetrate come fascia C, o fascia di

deflusso della piena con tempo di ritorno 500 anni, corrispondente ad area con pericolosità idraulica Hi1, definite dal PAI.

Ai sensi delle Norme di Attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico tali aree rientrano tra quelle oggetto di vincolo nel caso previsto dall'art. 30, **"Disciplina delle aree di pericolosità idraulica moderata Hi1"**, delle citate Norme :

" Fermo restando quanto stabilito negli articoli 23 e 24, nelle aree di pericolosità idraulica moderata compete agli strumenti urbanistici, ai regolamenti edilizi ed ai piani di settore vigenti disciplinare l'uso del territorio e delle risorse naturali, ed in particolare le opere sul patrimonio edilizio esistente, i mutamenti di destinazione, le nuove costruzioni, la realizzazione di nuovi impianti, opere ed infrastrutture a rete e puntuali pubbliche o di interesse pubblico, i nuovi insediamenti produttivi commerciali e di servizi, le ristrutturazioni urbanistiche e tutti gli altri interventi di trasformazione urbanistica ed edilizia, salvo in ogni caso l'impiego di tipologie e tecniche costruttive capaci di ridurre la pericolosità ed i rischi".

Da un accurato esame della cartografia, in particolare dalla Carta Tecnica dell'Italia Meridionale in scala 1:5000, si è potuto rilevare che nell'ambito dell'area interessata non grava nessun reticolo idrografico locale e minore che possa dare adito a qualsiasi rischio idraulico anche di minima entità.

Di seguito si ripotano gli elaborati cartografici del PAI e del PSFF che comprendono l'area oggetto di intervento.

Oltre alle tavole 7 e 8 del PAI, si allega anche la Tavola 11 del Piano Urbanistico Comunale di Oristano, relativa alle aree a pericolosità idraulica, con l'individuazione della lottizzazione.

10. Metodologie di calcolo delle portate di piena

La determinazione delle portate di massima piena in Sardegna, data la necessità di stimare i valori in sezioni non osservate e come nel caso in esame, riferite al reticolo idrografico superficiale secondario, si deve basare sulla comparazione critica dei risultati ottenuti dalle diverse metodologie di calcolo (metodi diretti e indiretti) e dal raffronto con i dati osservati, qualora disponibili.

Metodi diretti

Per metodi diretti si intendono quelli riportati nella pubblicazione "Valutazione delle piene in Sardegna" (Cao, Piga, Salis, Sechi, novembre 1991). Essi mirano a determinare la portata di piena di un bacino prescindendo dall'informazione pluviometrica della regione in cui il bacino è ubicato (nelle espressioni analitiche dei metodi non compare né l'altezza della precipitazione né la sua intensità) e determinando la distribuzione probabilistica della portata al colmo tramite l'elaborazione statistica dei dati idrometrici rilevati su bacini ritenuti morfometricamente omogenei.

Il primo metodo fa riferimento alla distribuzione log-normale delle portate di piena; divide il territorio regionale in bacini occidentali e orientali utilizzando diverse formulazioni per ognuna delle due macro aree.

Il metodo è applicabile solo se è rispettata la seguente condizione:

$$A \cdot H_m > 5 \times 10^9$$

dove A è la superficie del bacino in mq; H_m è l'altezza media del bacino in m.

Per il bacino in esame $A \cdot H_m < 5 \times 10^9$ quindi il metodo non è applicabile.

Il secondo metodo fa riferimento alla distribuzione TCEV esprimendo la probabilità di non superamento attraverso la somma di due distribuzioni esponenziali del tipo:

$$P(x \leq X) = \exp \left(-\lambda_1 e^{\frac{x}{\theta_1}} - \lambda_2 e^{\frac{-x}{\theta_2}} \right)$$

Caratterizzata dai quattro parametri $\lambda_1, \lambda_2, \theta_1, \theta_2$

La prima distribuzione (parametri λ_1, θ_1) caratterizza i valori più frequenti della portata di massima piena annuale mentre la seconda distribuzione (parametri λ_2, θ_2) caratterizza la componente eccezionale della portata di massima piena annuale. In base all'analisi

regionale, l'intero territorio della Sardegna risulta suddiviso in due zone (bacini occidentali e orientali), idrologicamente omogenee.

Quest'ultima metodologia, deriva dall'analisi di serie storiche relative a stazioni che sottendono bacini di estensione superiore a circa 60 km², di conseguenza essa fornisce risultati soddisfacenti se applicata a bacini di media e grande superficie.

Nel caso in questione si è escluso l'utilizzo dei metodi di stima regionali "diretti" in quanto non validati per bacini di piccola estensione.

Metodi indiretti

Si basano sulla stima della portata al colmo a partire dalle precipitazioni meteoriche. L'altezza di pioggia in relazione alla durata è descritta dalle curve di possibilità pluviometrica. Tali curve possono essere determinate con riferimento a due distribuzioni probabilistiche distinte: distribuzione log-normale e distribuzione TCEV.

10.1 Analisi pluviometrica

Per la determinazione delle curve di possibilità pluviometrica, in questo studio di compatibilità, si è utilizzato il modello probabilistico TCEV, infatti recenti studi per la Sardegna mostrano che il modello probabilistico ben interpreta le caratteristiche di frequenza delle serie storiche.

L'altezza di pioggia giornaliera h_T con assegnato tempo di ritorno T in anni è data da :

$$\text{SZO 1} \quad h(T) = \mu_g K_T = \mu_g [0.69319 + 0.72015 \log_{10} T + 3.1364 \cdot 10^{-2} (\log_{10} T)^2]$$

$$\text{SZO 2} \quad h(T) = \mu_g K_T = \mu_g [0.60937 + 0.91699 \log_{10} T + 3.9932 \cdot 10^{-2} (\log_{10} T)^2]$$

$$\text{SZO 3} \quad h(T) = \mu_g K_T = \mu_g [0.47839 + 1.22460 \log_{10} T + 5.3321 \cdot 10^{-2} (\log_{10} T)^2]$$

Il territorio di Oristano rientra nella sottozona 1 (SZO 1) come si evince dalla figura sotto riportata (Fig. a)

La pioggia indice giornaliera μ_g è la media dei massimi annui di precipitazione giornaliera.

K_T è il coefficiente (adimensionale) di crescita espresso in funzione del tempo di ritorno T .

Il valore della pioggia indice giornaliera μ_g (espressa in mm), si ricava dalla carta delle isoiete sotto riportata. (Fig. b)

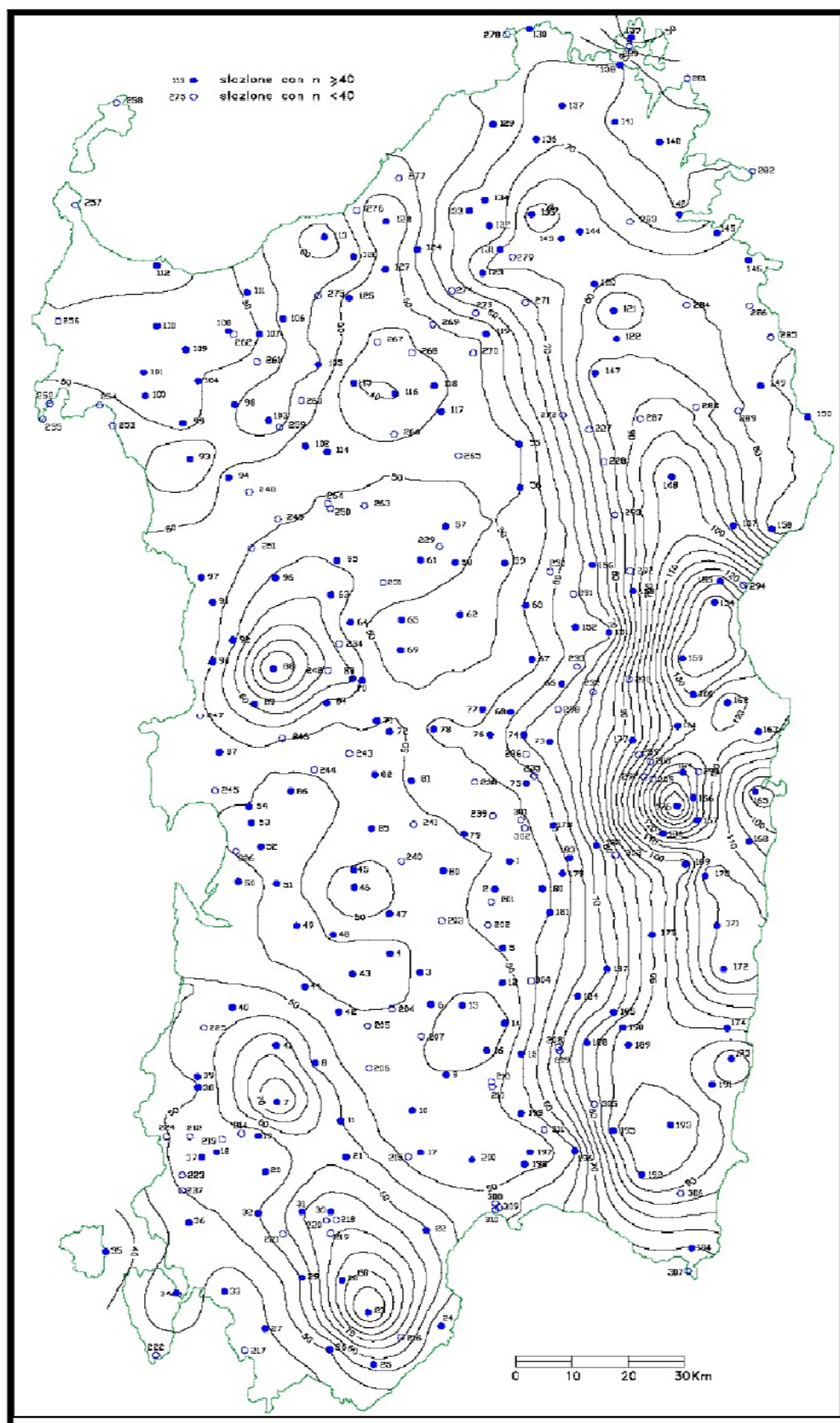


Figura b: Distribuzione spaziale dell'altezza di pioggia giornaliera.



Figura a: Carta delle Sottozone Omogenee per le piogge brevi e intense in Sardegna.

La pioggia indice $\mu(\tau)$ di durata τ (ovvero la media dei massimi annui delle piogge di durata τ) può essere espressa in forma monomia:

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

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

$$a_1 = \mu_g / (0.886 \cdot 24^{n_1}) \quad ; \quad n_1 = -0.493 + 0.476 \log_{10} \mu_g$$

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 $K_T(\tau) = a_2 \tau^{n_2}$:

$$h_T(\tau) = \mu(\tau) K_T(\tau) = (a_1 a_2) \tau^{(n_1 + n_2)}$$

dove i coefficienti a_2 e n_2 si determinano con le relazioni seguenti per differenti T e τ

a) per tempi di ritorno **$T \leq 10$ ANNI**

$$\begin{aligned} \text{SZO 1} \quad a_2 &= 0.66105 + 0.85994 \log_{10} T \quad ; \quad n_2 = -1.3558 \cdot 10^{-4} - 1.3660 \cdot 10^{-2} \log_{10} T \\ \text{SZO 2} \quad a_2 &= 0.64767 + 0.89360 \log_{10} T \quad ; \quad n_2 = -6.0189 \cdot 10^{-3} + 3.2950 \cdot 10^{-4} \log_{10} T \\ \text{SZO 3} \quad a_2 &= 0.62408 + 0.95234 \log_{10} T \quad ; \quad n_2 = -2.5392 \cdot 10^{-2} + 4.7188 \cdot 10^{-2} \log_{10} T \end{aligned}$$

b) per tempi di ritorno **$T > 10$ ANNI**

$$\begin{aligned} \text{SZO 1} \quad a_2 &= 0.46378 + 1.0386 \log_{10} T \\ n_2 &= -0.18449 + 0.23032 \log_{10} T - 3.3330 \cdot 10^{-2} (\log_{10} T)^2 \quad (\text{per } \tau \leq 1 \text{ ora}) \\ n_2 &= -1.0563 \cdot 10^{-2} - 7.9034 \cdot 10^{-3} \log_{10} T \quad (\text{per } \tau \geq 1 \text{ ora}) \\ \text{SZO 2} \quad a_2 &= 0.44182 + 1.0817 \log_{10} T \\ n_2 &= -0.18676 + 0.24310 \log_{10} T - 3.5453 \cdot 10^{-2} (\log_{10} T)^2 \quad (\text{per } \tau \leq 1 \text{ ora}) \\ n_2 &= -5.6593 \cdot 10^{-3} - 4.0872 \cdot 10^{-3} \log_{10} T \quad (\text{per } \tau \geq 1 \text{ ora}) \\ \text{SZO 3} \quad a_2 &= 0.41273 + 1.1370 \log_{10} T \\ n_2 &= -0.19055 + 0.25937 \log_{10} T - 3.8160 \cdot 10^{-2} (\log_{10} T)^2 \quad (\text{per } \tau \leq 1 \text{ ora}) \\ n_2 &= 1.5878 \cdot 10^{-2} + 7.6250 \cdot 10^{-3} \log_{10} T \quad (\text{per } \tau \geq 1 \text{ ora}) \end{aligned}$$

Risolvendo tali relazioni si ottengono le altezze di precipitazione più probabili in funzione della durata e del tempo di ritorno dell'evento considerato.

Tr		$t = 1 h$	$t = 3 h$	$t = 6 h$	$t = 12 h$	$t = 24 h$
10 anni	$h_{\max} =$	24,76	31,08	44,582	55,971	70,2
30 anni	$h_{\max} =$	31,35	41,33	64,061	84,454	111,33
50 anni	$h_{\max} =$	34,31	46,10	73,65	98,97	132,99
100 anni	$h_{\max} =$	38,26	52,576	87,010	119,56	164,30
200 anni	$h_{\max} =$	42,19	59,04	100,56	140,72	196,91

10.2 Coefficienti di deflusso

La portata meteorica lorda $Q(t)_{\text{lorda}}$ che affluisce ad un bacino di superficie S durante un evento con intensità $j(t)$ risulta:

$$Q(t)_{\text{lorda}} = j(t)S$$

La portata meteorica netta $Q(t)$ che affluisce alla rete di smaltimento è inferiore perché una parte dell'acqua evapora, viene intercettata o trattenuta dal suolo, riempie piccole cavità e soprattutto penetra per infiltrazione nel terreno. Per quantificare le perdite si utilizza il cosiddetto coefficiente di deflusso Φ , che varia da 0 a 1.

Il valore 0 caratterizza idealmente una superficie infinitamente permeabile che non permette il deflusso superficiale, mentre il valore unitario rappresenta la situazione di superficie impermeabile in cui l'infiltrazione è nulla.

I valori del coefficiente di deflusso cui fare riferimento, facilmente reperibili nella bibliografia tecnica, dipende dal tipo di superficie scolante e dalla durata oraria della pioggia considerata.

Per la valutazione dei coefficienti di deflusso delle varie superfici si è fatto riferimento al testo "Fognature" di Datei – Da Deppo di cui si riporta la tabella dei coefficienti di deflusso.

Valori del coefficiente di deflusso relativi a una pioggia avente durata oraria	
Tipi di superficie scolante	ϕ
Tetti metallici	0,95
Tetti a tegole	0,90
Tetti piani con rivestimento in calcestruzzo	0,70÷0,80
Tetti piani ricoperti di terra	0,30÷0,40
Pavimentazioni asfaltate	0,90
Pavimentazioni in pietra	0,80
Massicciata in strade ordinarie	0,40÷0,80
Strade in terra	0,40÷0,60
Zone con ghiaia non compressa	0,15÷0,25
Boschi	0,10÷0,30
Parti centrali di città completamente edificate	0,70÷0,90
Quartieri urbani con pochi spazi liberi	0,50÷0,70
Quartieri urbani con fabbricati radi	0,25÷0,50
Tratti scoperti	0,10÷0,30
Giardini e cimiteri	0,00÷0,25
Terreni coltivati	0,20÷0,60

(Tratto dal volume "Fognature" – Luigi Da Deppo e Claudio Datei)

Nel caso in esame, prendendo spunto da quanto riportato in bibliografia, si sono prese in considerazione le due configurazioni , attuale e di progetto, assegnando ad ogni tipo di superficie della lottizzazione un idoneo coefficiente di deflusso. Si è proceduto quindi calcolando il coefficiente di deflusso equivalente, ovvero un coefficiente di deflusso calcolato come media ponderata sulle aree:

$$\phi = \frac{\sum_{i=1}^n \phi_i S_i}{S_{tot}}$$

Svolgendo i calcoli si ottengono quindi due coefficienti, uno valido per lo stato attuale e uno per lo stato di progetto.

Nella suddivisione delle aree della lottizzazione e nell'individuazione dei rispettivi coefficienti di deflusso si sono fatte le seguenti considerazioni:

- Area occupata dagli edifici e dalle superfici asfaltate, o comunque assimilabili è stato attribuito un coefficiente di deflusso pari a 0.9
- Area occupata da superfici semipermeabile è stato attribuito un coefficiente di deflusso pari a 0.6 (accessi privati, pavimentazioni in pietra, ecc.)
- Alle aree a verde privato è stato attribuito un coefficiente di deflusso pari a 0.25

Con l'edificazione del comparto le superfici saranno ripartite nel modo seguente:

<i>Superficie totale edificata</i>	<i>5066,00 mq</i>
<i>Superficie strade e marciapiedi</i>	<i>2121,00 mq</i>
<i>Superficie parcheggi</i>	<i>197,00 mq</i>
<i>Totale superfici impermeabili</i>	<i>7384,00 mq</i>

<i>Strade private</i>	<i>237,00 mq</i>
<i>Sistemazioni esterne</i>	<i>5094,00 mq</i>
<i>Totale superfici semipermeabili</i>	<i>5331,00 mq</i>

<i>Verde privato</i>	<i>5066,00 mq</i>
<i>Totale superfici permeabili</i>	<i>5066,00 mq</i>

La zona interessata dal progetto è attualmente adibita ad uso agrario. Pertanto, nella situazione ante operam, il coefficiente di deflusso (Φ) è stato posto pari a 0,20.

Di seguito viene riportata la tabella riassuntiva delle superfici scolanti **post operam** e dei relativi coefficienti di deflusso utilizzati a cui fare riferimento per il calcolo delle portate meteoriche massime.

STATO ANTE OPERAM			
Superfici	Superficie mq	Φ	$S_i * \Phi$
permeabile	17781,00	0,2	3556,20

STATO POST OPERAM			
Superfici	Superficie mq	Φ	$S_i * \Phi$
impermeabile	7384,00	0,9	6645,00
semipermeabile	5331,00	0,6	3199,00
Area a verde	5066,00	0,15	760,00

TOTALE	17781,00	0,55	9780,00
---------------	----------	------	---------

10.3 Stima della portata meteorica netta

Per ridurre la complessità dei calcoli necessari alla definizione dell'intera portata di piena, sono stati sviluppati metodi semplificati, che si basano su ietogrammi di progetto ad intensità costante per la durata τ dell'evento, correlati a coefficienti di deflusso Φ parimenti costanti durante l'evento di data durata, in modo tale da ottenere portate di afflusso nette costanti nel tempo. Nello specifico si è fatto riferimento al Metodo della corrvazione che si basa sulle seguenti assunzioni:

- gocce di pioggia cadute contemporaneamente in punti diversi del bacino impiegano tempi diversi per arrivare sulla sezione di chiusura;

- esiste un tempo di corrivazione t_c caratteristico del bacino che rappresenta il tempo necessario perché la goccia caduta nel punto idraulicamente più lontano del bacino raggiunga la sezione di chiusura.

La formula che ne individua la portata è:

$$Q = \frac{h\phi S}{\tau} = j\phi S$$

che assume valore massimo per un tempo di pioggia pari al tempo di corrivazione, quando cioè tutto il bacino ha contribuito alla formazione della stessa.

Nel calcolo sono stati considerati i seguenti parametri:

Superficie totale $S=17781,00 \text{ mq}$

Tempo di ritorno $T_r = 50 \text{ anni}$

Coefficiente di deflusso attuale $\Phi = 0.2$

Coefficiente di deflusso progetto $\Phi = 0.55$

PORTATE ECCEZZIONALI DI DEFLUSSO ATTUALI

$\Phi = 0.15$	[mm]	[mc]	[mc]	[mc/h]
<i>Durata ore</i>	<i>h</i>	<i>Vol.tot di pioggia</i>	<i>Vol. deflussi</i>	<i>Vol. nell'unità di tempo</i>
1	34,31	610,00	122,00	122,00
3	46,10	819,70	164,00	54,64
6	73,65	1310,00	262,00	43,65
12	99,00	1760,00	352,00	29,33
24	133,00	2364,87	473,00	19,70

PORTATE ECCEZZIONALI DI DEFLUSSO DI PROGETTO

$\Phi = 0.55$	[mm]	[mc]	[mc]	[mc/h]
<i>Durata ore</i>	<i>h</i>	<i>Vol.tot di pioggia</i>	<i>Vol. deflussi</i>	<i>Vol. nell'unità di tempo</i>
1	34,31	610,00	335,50	335,00
3	46,10	819,70	450,80	150,27
6	73,65	1310,00	720,00	120,00
12	99,00	1760,00	968,00	81,00
24	133,00	2364,87	1300,00	54,00

Come si può ricavare dalle tabelle le eccedenze attuali in caso di precipitazioni eccezionali con durata oraria sono:

PORTATE ECCEDENTI

Durata	Differenza con situazione attuale	Differenza con situazione attuale
[h]	[mc/h]	[l/sec]
1	213,00	59,16
3	95,63	26,56
6	76,35	21,20
12	51,67	14,35
24	34,30	9,52

La portata critica di eccedenza come si può ricavare dalle tabelle si ha per piogge di un'ora, con tempo di ritorno di cinquanta anni, pari a 59,16 l/sec.

10.4 Invarianza idraulica

Come noto uno dei maggiori effetti dell'urbanizzazione è il consumo di territorio. Il consumo di territorio si concretizza, dal punto di vista idrologico, nell'aumento dell'impermeabilizzazione dei suoli; una delle prime conseguenze è la diminuzione complessiva dei volumi dei piccoli invasi, ovvero di tutti i volumi che le precipitazioni devono riempire prima della formazione dei deflussi. I piccoli invasi, in terreni naturali, sono costituiti dalle irregolarità della superficie e da tutti gli spazi delimitati da ostacoli casuali che consentono l'accumulo dell'acqua. Sotto determinate condizioni, la presenza stessa di un battente d'acqua sulla superficie (dell'ordine di pochi millimetri) costituisce un invaso che può avere effetti non trascurabili dal punto di vista idrologico. In senso del tutto generale, si può dire che i volumi di invaso sono la principale causa del fenomeno della laminazione dei deflussi.

L'impermeabilizzazione delle superfici e la loro regolarizzazione contribuiscono in modo determinante all'incremento del coefficiente di afflusso (la percentuale di pioggia netta che giunge in deflusso superficiale) e all'aumento conseguente del coefficiente udometrico (la portata per unità di superficie drenata) delle aree trasformate.

Il principio dell'invarianza idraulica sancisce **che la portata al colmo di piena risultante dal drenaggio di un'area deve essere costante prima e dopo la trasformazione dell'uso del suolo in quell'area.**

La portata in eccesso, derivata dall'impermeabilizzazione dell'area, o la quota parte che non può essere recepita dal collettore, deve essere trattenuta momentaneamente all'interno dell'area oppure va allontanata in altra maniera, tipo dispersione nel sottosuolo.

Questo risultato si può ottenere agevolando l'infiltrazione nel terreno dei volumi idrici in eccesso, rispetto alle condizioni pre-trasformazione, o laminando le portate. In quest'ultimo caso si opera praticamente realizzando vasche di accumulo temporaneo, la cui funzione è quella di trattenere l'acqua che defluisce in superficie durante gli eventi meteorici, per rilasciarla quindi gradualmente con una portata prestabilita, non superiore a quella caratteristica dell'area prima della trasformazione.

Le tipologie d'intervento per ottenere l'invarianza idraulica sono principalmente tre:

- *creazione di un vaso concentrato a cielo aperto o interrato;*
- *creazione di un vaso diffuso sotterraneo (sovradimensionamento rete fognaria);*
- *dispersione nel sottosuolo (pozzi drenanti)*

Nel caso in esame, considerato la presenza di volumi idrici da smaltire non eccessivi, si ritiene che si possa intervenire mediante la realizzazione di condotte sovradimensionate, in modo che, quando la portata entrante supera quella uscente, si abbia un progressivo riempimento della rete che funge da serbatoio diffuso nell'area.

L'adozione di tale tecnica privilegia principalmente le situazioni nelle quali gli spazi per altre opere compensative risultano limitati come appunto nella lottizzazione in progetto e ben si presta ad utilizzare come sede di vaso quella sottostante alla rete stradale ed ai piazzali.

Si ipotizza di concentrare i volumi d'acqua da invasare in corrispondenza della sezione di chiusura del bacino corrispondente all'area in esame.

10.5 Calcolo del collettore

Il dimensionamento del collettore di scarico in corrispondenza della sezione di chiusura del bacino viene determinato ponendoci nell'ipotesi di moto uniforme.

In condizioni di moto uniforme la velocità media all'interno della condotta è legata alle caratteristiche della stessa (pendenza, scabrezza, dimensioni) e dalla corrente (raggio idraulico, area della sezione bagnata) dalla legge del moto uniforme che si esprime tramite la ben nota formula di Chezy:

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

dove:

χ = è il coefficiente di scabrezza

A = area del bacino

R = è il raggio idraulico

i = la pendenza di fondo

Il coefficiente di scabrezza viene calcolato con la formula di Bazin

$$\chi = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}} \quad \gamma = \text{indice di scabrezza}$$

Fissata la pendenza i, il problema si riduce alla definizione della dimensione della sezione in modo che il tirante idrico h connesso con la portata Q di progetto, assicuri un prefissato franco minimo di sicurezza.

Nel caso di condotti chiusi la portata massima di un collettore non corrisponde al grado di riempimento massimo della condotta. Infatti la presenza di un franco, deve consentire una completa ed efficace aerazione della canalizzazione ed evitare che i fenomeni ondosi, che possono innescarsi sulla superficie libera, occludano momentaneamente lo specchio provocando fenomeni di battimento pericolosi per la durata e la stabilità della condotta.

Il riempimento massimo deve essere inferiore a quello a cui corrisponde la massima velocità di moto uniforme (per condotte circolari quindi $h_{\max} < 0,8 D$); in genere si assume un valore circa pari a $0,7 D$, assicurando, in ogni caso, un franco di almeno 20 cm.

La velocità massima in condotta non dovrà superare di norma i 2 m/s, in casi eccezionali i 4 m/s;

Considerando una tubazione a sezione circolare in PVC (UNI EN 1401-1), tipo Classe SN 4, diametro $\varnothing 300$ con pendenza longitudinale del 0.008%, la portata in corrispondenza della sezione di chiusura risulta essere di 79.84 lt/sec.

A tale valore corrisponde un' altezza idrica $h = 22$ cm, con una velocità in condotta di 1.26 m/sec e un grado di riempimento pari al 83%.

Il valore ottenuto verifica ampiamente la portata massima in condizioni di pioggia critica di progetto.

11. Conclusioni

Alla luce di quanto esposto, la realizzazione delle opere in progetto porterà quindi ad un aumento della quantità d'acqua defluita, in quanto aumenta il coefficiente di deflusso delle superfici rispetto alla situazione attuale.

Per questo motivo si ritiene indispensabile la realizzazione di sistemi di accumulo che permettano la laminazione degli eventi di piena.

Nel caso specifico aumentando la capacità d'invaso, mediante il sovradimensionamento delle tubazioni della linea fognaria della lottizzazione, si riuscirà a ritardare gli eventi di piena conseguenti la precipitazione. In questo modo le acque verranno convogliate verso il corpo ricettore finale (sistema fognario comunale) solo quando questo sia in grado di riceverle, evitando di mandare in crisi il sistema idraulico.

Gli interventi previsti, una volta attuate le misure compensative d'invarianza idraulica, non comporteranno quindi un aggravio delle condizioni di deflusso idrico rispetto allo stato esistente.

Per quanto sopra spiegato e dimostrato l'intervento in progetto non comporta alcun aggravio dell'esistente livello di rischio idraulico pertanto non si ravvedono ostative alla realizzazione dello stesso.