

COMUNE DI ORISTANO

PROVINCIA DI ORISTANO

PIANO DI LOTTIZZAZIONE**"SULIS E PIU"****ZONA C2ru - LOCALITA' S'ARRODIA**

elaborato

2.6**STUDIO DI COMPATIBILITA'
GEOLOGICO-GEOTECNICA**

data 09/04/2015

Rev.

scala -

file:
Elaborato 2.6.pdf

cod. committente

Commessa

verificato

approvato

OR I 1**0 5 / 1 3**

Vacca Giuseppe

Vacca Luciano

Vacca Marco

I Lottizzanti:

Sulis Giuseppe Paolo

Zanda Maria Pina

Carta Anna Maria Ignazia

Nigro Michele

Visti per approvazione:

Progettista incaricato: dr. ing. Gianni Porcu

Consulente geotecnica: ing. Gianni Porcu

Consulente geologia: dr. geol. Fausto A. Pani

COMUNE DI ORISTANO
PROVINCIA DI ORISTANO

PIANO DI LOTTIZZAZIONE SULIS E PIÙ
Località sa Rodia

STUDIO DI COMPATIBILITA' GEOLOGICO
GEOTECNICA
(ART. 8 NTA PAI)

Responsabili dello studio:

Dott. Geol. Fausto A. Pani

Dott. Geol. Roberta M. Sanna

Ing. Gianni Porcu

Maggio 2015

Sommario

PREMESSA.....	4
IL PROGETTO	4
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	5
INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO	6
1.1 Inquadramento climatico	7
1.2 Termometria	7
1.3 Eliofania.....	9
1.4 Precipitazioni	9
1.5 Igrometria	11
1.6 Barometria.....	11
1.7 Regime Anemometrico.....	12
1.8 Caratteri evapotraspirativi	13
1.9 Classificazione climatica	13
INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE E STRATIGRAFICO	15
INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	21
INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	24
1.10 Acque superficiali	24
1.11 Acque sotterranee	25
GEOLOGIA DELL'AREA RISTRETTA.....	30
1.12 ALLUVIONI RECENTI E ATTUALI	30
INDAGINI GEOGNOSTICHE	31
1.13 Modello geotecnico	32
CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	34
IDROGEOLOGIA.....	41
VALUTAZIONE DEI TERRENI INTERESSATI DA SCAVI.....	42
1.14 Materiali interessati da scavi	42
1.15 Studi, caratterizzazioni, certificazioni, inerenti riutilizzo terre e rocce da scavo	42
1.16 Opere provvisionali.....	43
CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA.....	43
1.17 Definizione della categoria del suolo di fondazione	44
1.18 VULNERABILITA' IDROGEOLOGICA E ADEGUAMENTO DEL PUC AL PAI.....	45
1.19 Inquadramento territoriale e normativo	45
1.20 Finalità della disciplina dell'assetto idrogeologico.....	45
1.21 Indagine storica sui fenomeni di dissesto	46
1.22 TEMATISMI TERRITORIALI DI RIFERIMENTO PER LE ANALISI E CARTOGRAFIA	
FINALE DI ADEGUAMENTO	47
1.23 VALUTAZIONE DELLA PROPENSIONE AL DISSESTO IDROGEOLOGICO DI	
FRANA	47
1.24 ATTRIBUZIONE DEI PESI.....	48
LE AREE FRANOSE O POTENZIALMENTE FRANOSE.....	49
LA PERICOLOSITÀ DELLE AREE DI PROGETTO	51

STUDIO DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA

PREMESSA

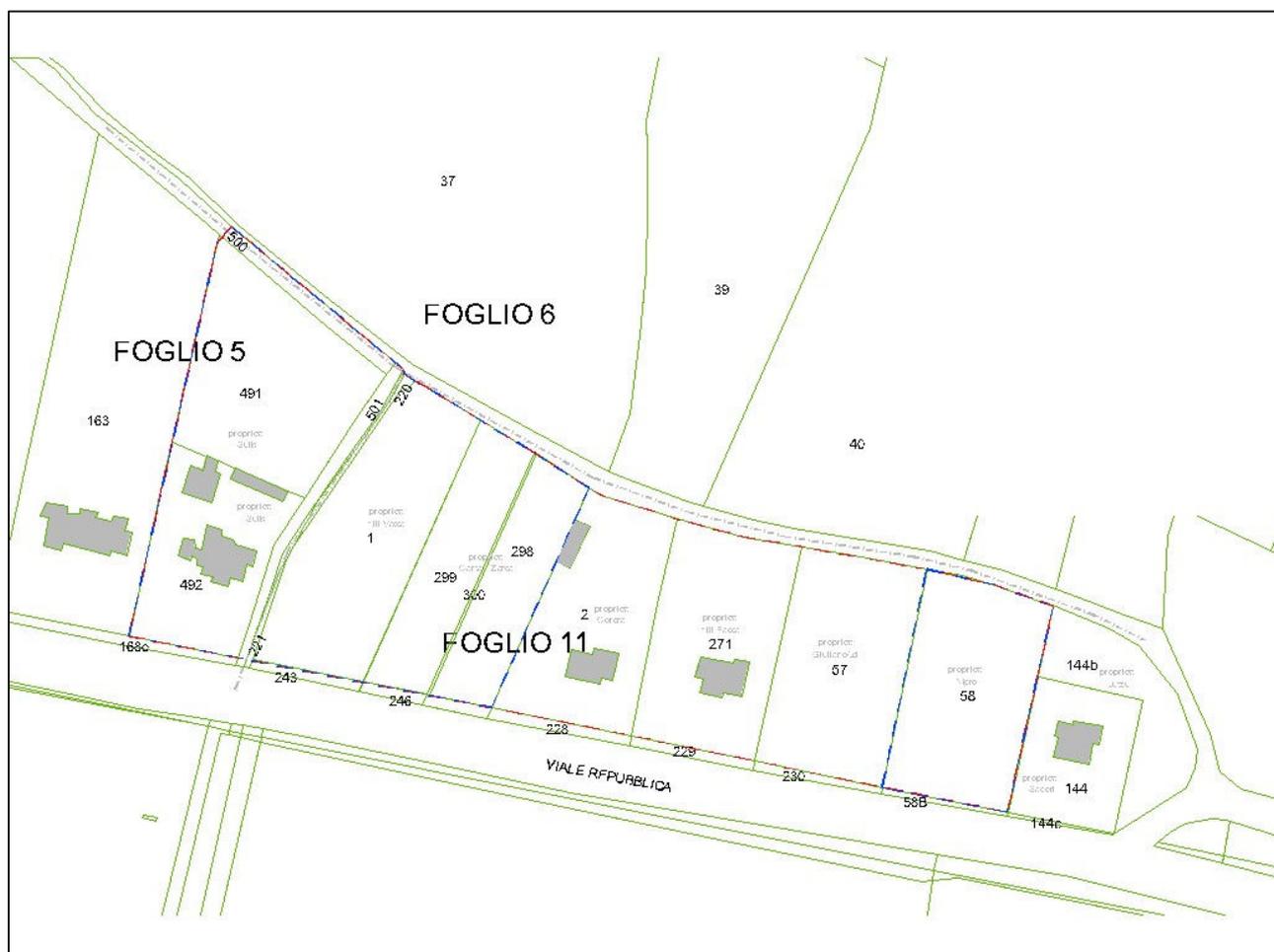
La presente relazione supporta la determinazione della compatibilità idraulica del progetto inerente la lottizzazione residenziale **Sulis e più** in zona **C_{2ru}** alla periferia occidentale di Oristano.

L'intervento edificatorio ricade in area Hi1 (fascia C) del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali in corso di approvazione ed è valutato rispetto all'Art. 30 delle NTA del PAI vigenti.

IL PROGETTO

L'area coinvolta dal progetto è costituita da un settore compreso tra il prolungamento di Viale repubblica ed una strada vicinale che da esso si diparte.

Risulta inquadrato tra i fogli 5 e 11 ed ai margini del Foglio 6 del Catasto di Oristano.



Area di intervento sulla cartografia catastale

Il progetto prevede un completamento di una porzione di territorio già abbondantemente edificata, mediante la suddivisione in lotti edificabili e aree di cessione.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il sito ricade nella Sardegna centro-occidentale, nel settore centrale del Campidano di Oristano.

Il bacino idrografico sotteso dal sistema costiero è suddiviso tra il bacino del Tirso e quello dei minori adiacenti.

Il settore di studio ricade all'interno del Bacino idrografico del Tirso, attraverso il sistema drenante di Pesaria, quindi del Canale di San Giovanni e lo Stagno di Santa Giusta.

La morfologia naturale e l'idrografia del settore sono stati profondamente modificati nel tempo da una serie di opere di bonifica e di sistemazione idraulica e fondiaria e sono attualmente gestiti attraverso sollevamenti artificiali che scaricano nel Canale di San Giovanni e quindi nello Stagno di Santa Giusta.



Mapa - Il reticolo idrografico visto dalla foce e la zona di intervento in viola

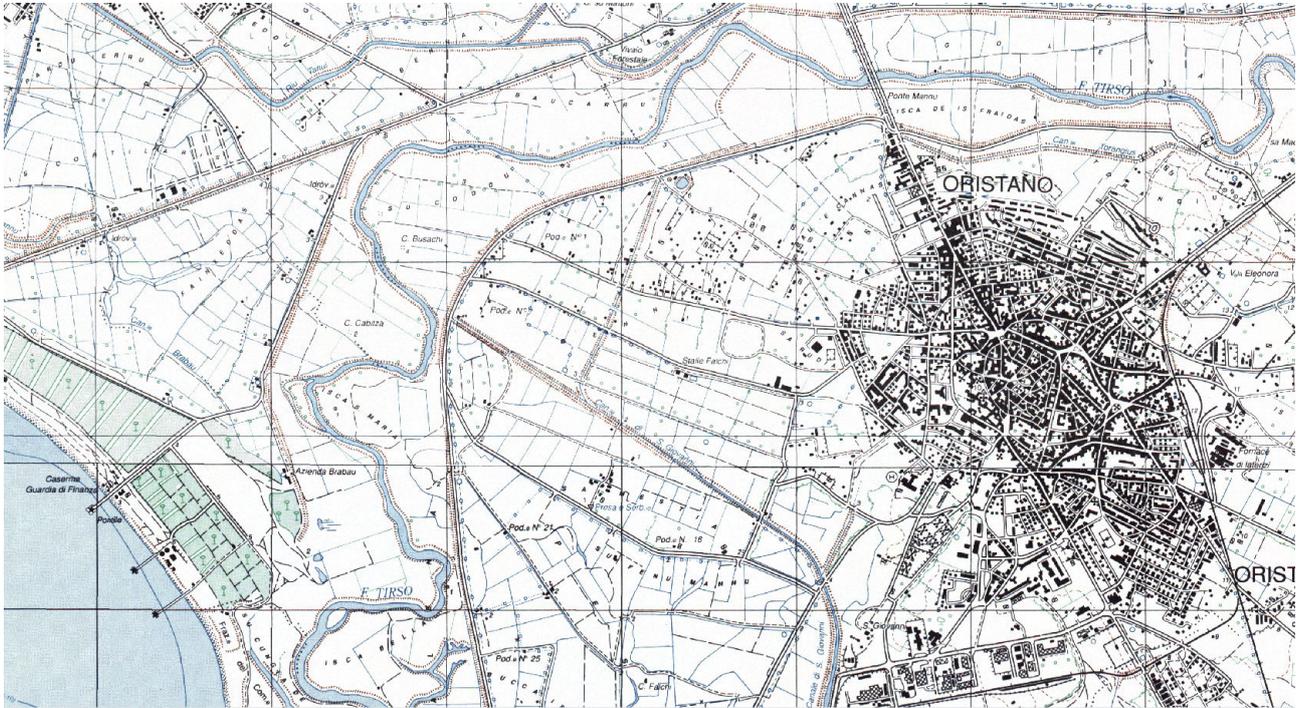
L'area è posta ad una quota compresa tra i 5.9 ed i 6.5 m s.l.m.m..

Il settore è pianeggiante con dislivelli ridotti e pendenze prossime a 0.2% ed è posto nella piana alluvionale del Tirso.

INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO

Il settore di Oristano oggetto di analisi è compreso nel F° 528 sez I - Oristano nord - e nel F°528 sez. II - Oristano sud- della Carta Topografica d'Italia dell'IGMI a scala 1:25.000.

L'area è ricompresa nelle Sezione 528080 "Oristano" della Carta Tecnica Regionale (CTR) in scala 1:10.000.



Mappa – Stralcio dalla cartografia IGMI comprendente l'area in oggetto



Mappa – Stralcio dalla immagine da satellite alla data del 13 aprile 2013 comprendente l'area in oggetto

INQUADRAMENTO CLIMATICO

1.1 Inquadramento climatico

L'area in esame ricade nella Sardegna centro-occidentale e mostra caratteristiche topografiche, pluviometriche e termometriche riferibili alla macro-area costiera del golfo di Oristano, con caratteri orografici tipici della pianura costiera, con altitudine compresa tra 6,00 ed i 2,00 m slm ed il livello del mare.

L'area pertanto non presenta variabilità orografiche che possano determinare variazioni sul tipo di clima che caratterizza la piana costiera.

Per delineare i caratteri climatici dell'area vasta intorno all'area del pozzo sono stati analizzati i regimi dei principali parametri meteorologici, attraverso l'elaborazione e l'analisi e delle serie storiche dei parametri meteorologici principali rilevati nelle stazioni meteorologiche ricadenti nel territorio in esame ed in quelle ubicate nel suo intorno.

I dati utilizzati provengono dalla sezione del Genio Civile di Cagliari dell'Assessorato Regionale ai Lavori Pubblici, dagli Uffici Regionali dell'ENEL, dall'EAF, dalla Marina Militare e dall'Atlante della Sardegna (Pracchi et alii).

I diversi regimi meteorologici sono stati definiti elaborando ed analizzando le osservazioni giornaliere, rilevate dal 1922 al 1992 nelle stazioni meteorologiche di Cabras, Riola, Capo Frasca, Oristano (1922-2002), Santa Giusta e Santa Lucia. Di queste stazioni solo quella di Santa Lucia (8 m slm) registra regolarmente, oltre alla pluviometria e le temperature l'umidità dell'aria e l'eliofanìa. Per il regime anemometrico oltre ai dati provenienti dalla stazione di Oristano (SI), sono stati considerati anche quelli di Capo Frasca (Marina Militare) e del Cirras (Enel).

codS	ENTE	nome	quota m s.l.m.	Coord. G.B. EST m	Coord. G.B. NORD m
98	AER	Capo Frasca (Aer)	92	1453250	4402300
99	SI	Arborea	7	1464120	4402760
100	SI	Marrubiu (C.ra)	32	1471000	4402420
101	SI	Km.82	32	1469700	4405650
102	SI	S. Anna-Oristano	12	1468140	4409400
103	SI	S. Giusta	10	1466560	4413930
104	SI	Sassu Idrovora	5	1463750	4408500
105	SI	Oristano FF.SS.	12	1466090	4417020
165	SI	Ex Tanca Regia	332	1480100	4443300
166	SI	Abbasanta	317	1484600	4441710
167	SI	Paulliatino	280	1479880	4437020
168	SI	Fondongianus	32	1483900	4427300
169	SI	Mogorella	299	1487930	4412870
170	SI	Santa Vittoria	22	1477600	4424100
171	SI	Simaxis	17	1473530	4420110
172	SI	Riola	9	1460780	4427470
173	SI	Cabras	9	1460000	4420100
174	SI	Santulussurgiu	557	1470430	4443630
175	SI	Seneghe	300	1467010	4436810
176	SI	Bauladu	29	1472060	4430010
177	SI	Cadreas (C.ra)	74	1457350	4434450
408	SI	Putzu Idu	4	1449500	4430850
3	SAR	ARBORREA	2	1466889	4402818
4	SAR	MILIS	125	1469754	4435241
6	SAR	GHILARZA	293	1485233	4440190
11	SAR	ZEDDIANI (UCEA)	14	1467534	4425939
14	SAR	SCANIO MONTIFERRO	405	1466211	4453417



Mappa – La rete delle stazioni di misura utilizzate

Stazioni presenti nell'area circostante il settore di Oristano

1.2 Termometria

L'analisi dei dati rilevati nelle stazioni termometriche disponibili indicano che nel settore interessato dal progetto la temperatura media annua è di 16,3°C. Le escursioni termiche annue

codS	ENTE	nome	quota m s.l.m.	Temp media diurna 1922-02	Temp minima diurna 1922-02	Temp massima diurna 1922-02
98	AER	Capo Frasca (Aer)	92	16,6	16,0	17,4
99	SI	Arborea	7	14,7	14,1	15,7
100	SI	Marrubiu (C.ra)	32	18,1	18,1	18,1
101	SI	Km.82	32	0,0	0,0	0,0
102	SI	S. Anna-Oristano	12	17,2	15,9	18,1
103	SI	S. Giusta	10	16,7	14,8	18,2
104	SI	Sassu Idrovora	5	16,8	15,9	19,8
105	SI	Oristano FF.SS.	12	16,6	13,1	17,7
165	SI	Ex Tanca Regia	332	0,0	0,0	0,0
166	SI	Abbasanta	317	14,5	9,2	18,1
167	SI	Paulilatino	280	16,2	15,5	16,9
168	SI	Fordongianus	32	16,8	15,6	18,5
169	SI	Mogorella	299	15,3	14,9	15,6
170	SI	Santa Vittoria	22	16,5	16,5	16,5
171	SI	Simaxis	17	16,8	16,5	17,3
172	SI	Riola	9	16,7	16,2	17,8
173	SI	Cabras	9	0,0	0,0	0,0
174	SI	Santulussurgiu	557	14,3	10,0	19,4
175	SI	Seneghe	300	0,0	0,0	0,0
176	SI	Bauladu	29	18,2	16,7	20,4
177	SI	Cadreas (C.ra)	74	0,0	0,0	0,0
408	SI	Putzu Idu	4	0,0	0,0	0,0

variano tra i 14,2°C di Santa Giusta ed i 13,3°C di Capo Frasca, mentre le escursioni termiche giornaliere sono comprese tra i 6,1°C ed i 12°C.

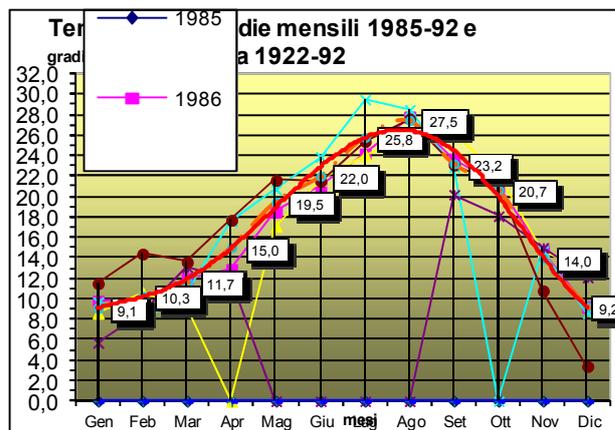
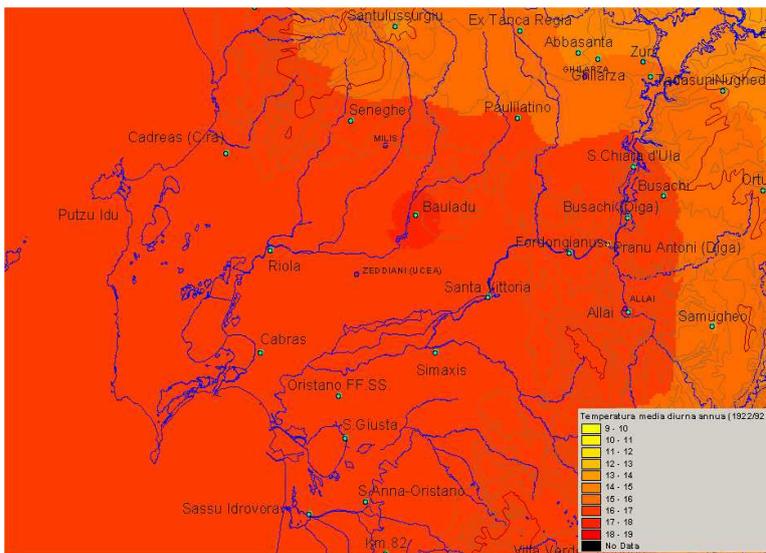


Grafico andamento della temperatura media diurna nell'arco dell'anno per la stazione di Oristano

Temperature tipiche delle stazioni circostanti l'area di Oristano

Il mese più freddo è generalmente gennaio con temperatura media di 9,6°C, anche se temperature assolute più fredde si possono registrare anche nei mesi di dicembre e febbraio. Solo raramente si riscontrano temperature sotto zero gradi.



Temperatura media diurna su base annua dell'area oristanese

I mesi più caldi sono luglio e agosto, con valori medi di temperatura massima intorno ai 30°C. In questi mesi le temperature massime assolute possono raggiungere i 37-38°C e superare anche i 40°C. Anche nei mesi di settembre e giugno si possono registrare temperature abbastanza alte con valori massimi generalmente intorno ai 35°C e meno frequentemente con valori massimi intorno ai 36-37°C. L'autunno è generalmente più caldo della primavera, per l'influsso del mare così come i minimi ed i massimi termici sono in parte attenuati per l'influenza termoregolatrice delle masse d'aria di provenienza marittima.

1.3 Eliofoania

Il soleggiamento giornaliero si misura in ore. Alle nostre latitudini il soleggiamento teorico è di 8-9 ore in inverno e di 14-16 ore in estate. Il soleggiamento relativo ha un valore minimo di 0,30-0,50 in inverno ed uno massimo di 0,65-0,85 in estate.

Per quanto riguarda i dati relativi alla radiazione solare incidente esistono le rilevazioni effettuate dalla rete attinometrica del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare, che hanno permesso di calcolare i valori medi mensili di radiazione solare globale (diretta + diffusa), incidente sull'unità di superficie orizzontale in Sardegna. Il valore medio annuo calcolato è di circa 165 W/mq, con un massimo di 180 W/mq nelle zone montane ed un minimo di 150-170 W/mq che si riscontra invece in corrispondenza delle zone di pianura.

Questi dati danno un'informazione generale sull'andamento della radiazione nell'Isola, che risulta una delle più alte in Italia. Nell'area non sono invece disponibili dati relativi a misure della radiazione solare pertanto risulta assai difficile descrivere in dettaglio l'andamento di questo parametro. Gli unici dati disponibili sono quelli sull'eliofoania, rilevati nella stazione meteorologica sita nel Campo sperimentale di Santa Lucia (8 m slm), in agro di Zeddiani, dell'Istituto di Agronomia generale e Coltivazioni erbacee dell'Università di Sassari. I dati dell'eliofoania relativi a questa stazione sono riportati nella Tab.

Mesi	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
n/N	0,41	0,46	0,52	0,53	0,60	0,68	0,75	0,74	0,67	0,60	0,49	0,48

Dove n/N è il rapporto tra la durata del tempo in cui il sole è effettivamente visibile al suolo (n = eliofoania assoluta) e la durata astronomica della permanenza del sole sopra l'orizzonte (N).

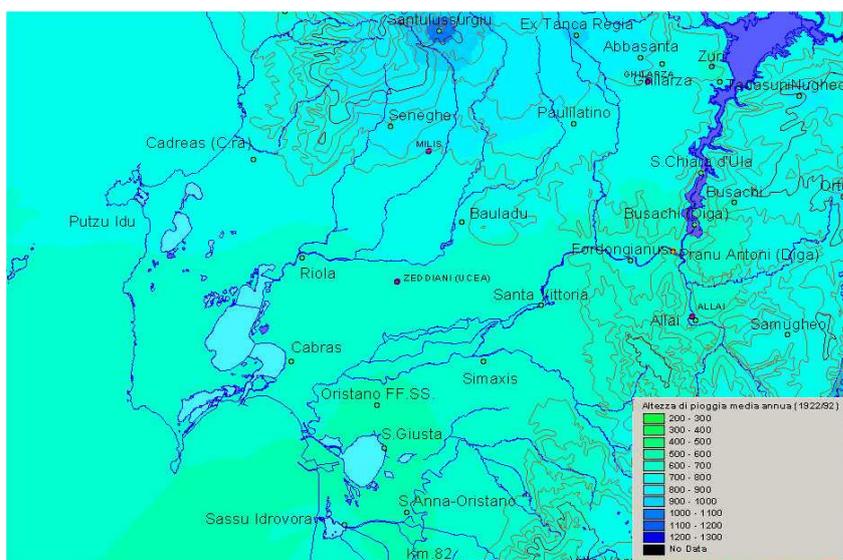
Medie mensili dell'eliofoania per la stazione di Santa Lucia (Zeddiani)

Questi dati possono essere considerati validi anche per le aree che presentano caratteri orografici e di esposizione analoghi a quelli di questa stazione, ossia aree pianeggianti poste ad altitudine non molto diversa e assenza di ostacoli che possano creare ombre.

Per quanto riguarda la nuvolosità, nella stazione di Oristano si rilevano in media 133 giorni sereni, 112 nuvolosi e 120 coperti, con nuvolosità minore ai 3/10 di cielo aperto.
pippo

1.4 Precipitazioni

La pluviometria varia tra 550 mm/anno ed i 650 mm/anno.



Mapa – Piovosità media-annua per l'area oristanese

Per la stazione di Riola (9 m slm) sono disponibili rilevazioni per circa 49 anni ed il valore medio delle precipitazioni è di 642.0 mm/anno. La piovosità massima mai registrata sulle 24 ore è di 97 mm, mentre quella probabile a 500 anni è di 139.77 mm. In questa stazione il mese più piovoso, con valori medi di 152,2 mm/m, è dicembre, quello più asciutto è luglio con 3,1 mm/m.

Nella stazione di Cabras (9 m slm), per la quale si hanno solo 21 anni di osservazioni, il valore medio annuo delle precipitazioni è di 629,2 mm/a. Il mese più piovoso è dicembre, con valori medi di 95,6 mm/m, mentre quello più secco è luglio con valori medi di 2,3 mm/m. In questa stazione il massimo pluviometrico in 24 ore di 79,4 mm/g si registrò nel 1933.

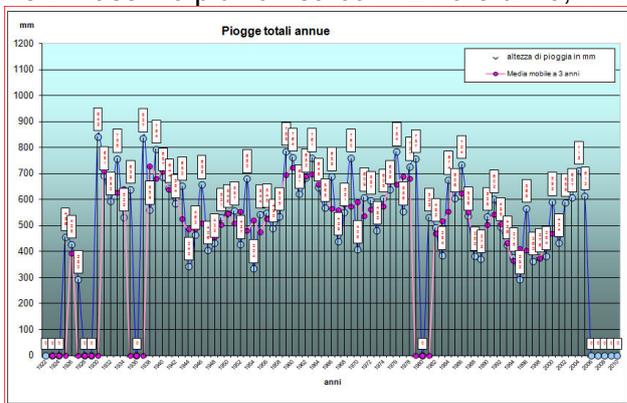


Grafico - Piovosità media-annua - S. Oristano

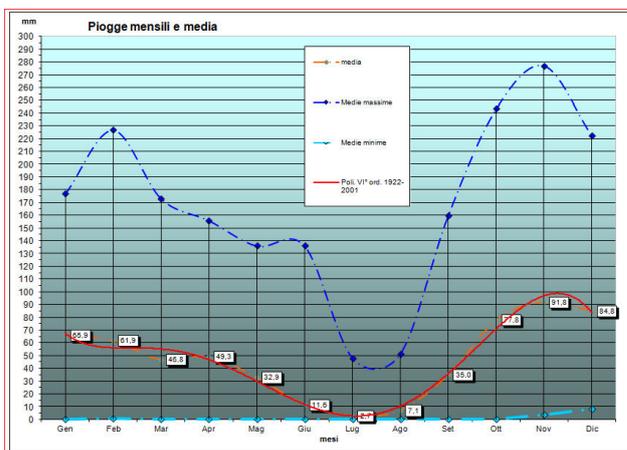


Grafico - Piogge mensili e media - S. Oristano

Nome	Quota m slm	Piovosità annua 1922-2002			Anni di Oss.	Piovosità massima assoluta				
		media	massima	minima		Reale sulle 24 h 1922-80	24 h a 50 anni	24 h a 100 anni	24 h a 200 anni	24 h a 500 anni
Capo Frasca	92	556,70	721,20	388,60						
Arborea	7	669,26	1022,50	419,00	40	112,00	98,08	110,63	123,31	140,14
S. Anna	12	570,48	845,70	283,90	50	68,40	80,75	91,08	101,52	115,38
S.Giusta	10	569,84	847,20	307,30	58	72,50	81,45	91,88	102,41	116,39
Sassu Idrovora	5	612,14	867,60	366,20	30	129,00	93,77	105,77	117,89	133,99
Oristano FF SS	12	563,45	841,60	291,60	46	74,00	87,96	99,21	110,58	125,68
Simaxis	17	620,28	1156,00	325,20	57	104,00	84,67	95,50	106,45	120,92
Riola	9	642,03	1071,00	336,00	49	97,00	97,82	110,34	122,98	139,77
Cabras	9	629,23	968,70	406,90	20	79,40	92,37	104,19	116,13	131,98

Caratteristiche delle precipitazioni misurate e analisi della pioggia probabile nelle 24 h con differenti tempi di ritorno

A Santa Lucia si registrano valori medi annui di precipitazioni di 574,7 mm/a, il mese più piovoso con 134,8 mm/m è dicembre, quello più asciutto, con 4,6 mm/m, è luglio.

Per la stazione di Santa Giusta (10 m slm) le precipitazioni medie annue sono di 580,9 mm/a. Il mese più piovoso è dicembre con valori medi di 95,2 mm/m, mentre quello più asciutto è luglio con 3,1 mm/m. Le massime precipitazioni in 24 ore, pari a 72,5 mm/g, si verificarono nel settembre del 1949.

Per Oristano (12 m slm) il valore delle precipitazioni medie annue è di 581,8 mm/a. Per questa stazione il mese più piovoso risulta quello di dicembre con media mensile di 93,6 mm/m, mentre quello più secco risulta luglio con 2,0 mm/m di precipitazioni. Il massimo pluviometrico nelle 24 ore, pari a 74,0 mm di pioggia in un giorno, è stato registrato nell'ottobre giugno del 1959.

Nella figura è riportato il grafico dell'andamento delle precipitazioni medie annue. Nella tabella sono riportate le caratteristiche delle precipitazioni misurate per le stazioni ricadenti nell'area vasta e l'analisi della pioggia probabile nelle 24 h con differenti tempi di ritorno.

Nel complesso l'area esaminata mostra un regime pluviometrico con una piovosità di bassa entità, concentrata nel periodo invernale, con estati rigorosamente asciutte, solo qualche volta interessate da eventi temporaleschi anche eccezionali. La primavera è generalmente scarsa di apporti mentre l'autunno è sovente più ricco dell'inverno. Buona parte degli eventi meteorici di rilievo ha avuto luogo in periodo autunnale e precisamente tra settembre e dicembre, con episodi notevoli anche nei primi 2 mesi dell'anno.

Le precipitazioni nevose sono rare.

Per tutte le stazioni considerate le precipitazioni sono generalmente concentrate nel periodo autunno-invernale ed il maggior quantitativo di pioggia cade nel mese di dicembre. Il periodo estivo è caratterizzato per tutte le stazioni da una accentuata aridità, con anni nei quali il periodo secco si prolunga anche per otto mesi. Nel periodo invernale, nel mese di gennaio e talvolta di febbraio, si possono verificare alcune settimane di tempo secco, le cosiddette secche di gennaio.

La media annua di giorni piovosi varia tra 61 ed 70 gg.

Il regime pluviometrico risulta estremamente irregolare con forti variazioni tra anno ed anno. All'andamento tipico mediterraneo ogni tanto si alterna quello mediterraneo di transizione caratterizzato da due periodi piovosi, uno in inverno ed l'altro in primavera. Nell'arco di tempo coperto da osservazioni si notano alcune serie di anni particolarmente siccitosi, così come non sono infrequenti eventi pluviometrici di portata straordinaria.

Si può notare che il fattore che influenza principalmente il regime pluviometrico è costituito dall'esposizione dell'area.

1.5 Igrometria

L'umidità dell'aria mostra generalmente un andamento decrescente dalla costa verso l'interno, per la forte influenza giocata dalle brezze di mare che caricano di umidità l'aria e dall'inverno all'estate. I valori di umidità relativa registrati nella stazione di Oristano sono dell'ordine dell'84% in gennaio, dell'82% in aprile, del 77% in luglio e dell'80% in ottobre.

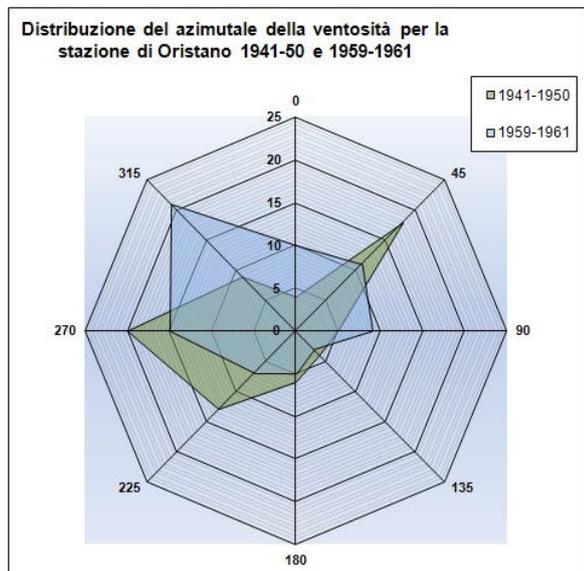
1.6 Barometria

La pressione atmosferica media annua, ridotta al livello del mare, sempre relativa alla stazione di Oristano, è di 1015,2 mb, con un massimo di 1015,7 mb nel mese di luglio ed un minimo di 1014,5 mb nei mesi di gennaio e aprile. Nel Sinis la pressione atmosferica media annua mostra valori di poco superiori ai 1015,2 mb.

1.7 Regime Anemometrico

Per la caratterizzazione del regime anemometrico dell'area sono stati utilizzati i dati registrati nelle stazioni di Oristano, di Capo Frasca e del Cirras (ENEL).

L'area è caratterizzata da un'elevata ventosità. I venti dominanti sono quelli provenienti dal IV quadrante (maestrale e di ponente), che spesso raggiungono e superano la velocità di 25 m/s, e quelli provenienti dal II e III quadrante (scirocco e libeccio).



STAZIONE DI ORISTANO												
Periodo dal 1941-1950 e 1959-1961												
	Alt. M		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Calme	
Oristano	28	941-195	4	18	5	4	6	13	20	9	21	100
Oristano	19	959-196	10	11	9	3	5	7	15	21	19	100

Fig. Grafico - Distribuzione dell'intensità del vento misurata presso la stazione di Oristano

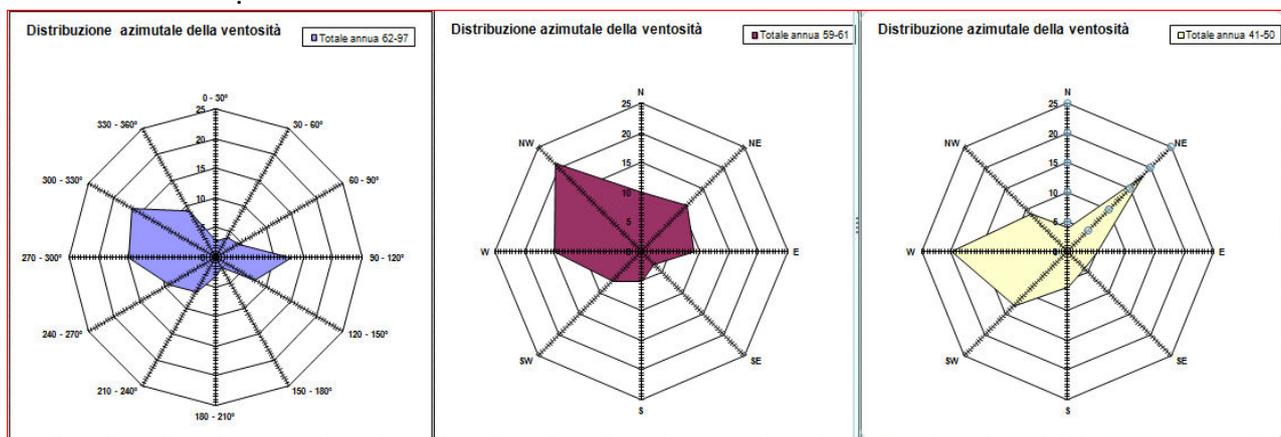


Fig. Grafico - Distribuzione dell'intensità del vento misurata presso la stazione di Oristano

Nella stazione di Oristano il vento dominante è rappresentato dal ponente. Questo vento, con il 20% della frequenza, raggiunge sovente velocità intorno ai 25 m/s. Il grecale mostra una frequenza del 15% con velocità generalmente non superiori ai 25 m/s, ed il maestrale con una frequenza intorno al 13%, raggiunge e supera la velocità di 25 m/s. Il vento meno frequente è lo scirocco, che però talvolta raggiunge e supera i 25 m/s. Le giornate di calma di vento rappresentano il 20,42% del totale.

Per la stazione di Oristano sono disponibili i dati in tre diversi archi temporal (69-97, 59-61, 41-50) e curiosamente caratteristici. Per l'arco temporale più vecchio disponibile è possibile vedere

una dominanza delle direzioni da W e da NE, mentre negli anni successivi le misurazioni mostrano dominare il NW e secondariamente E e NE.

L'elaborazione ed analisi dei dati anemometrici suddetti mostrano una prevalenza dei venti provenienti da NO ed O. I venti provenienti da NO spesso raggiungono e superano i 28 m/s di velocità al suolo. Tutti gli altri venti sono mediamente molto meno frequenti.

L'area è caratterizzata da un'elevata ventosità, soprattutto nella parte sommitale dei rilievi, ben esposti a tutti i venti, ed in particolare ai venti del IV quadrante. I mesi più ventosi sono generalmente quelli invernali.

1.8 Caratteri evapotraspirativi

Le precipitazioni sono concentrate nel periodo metà autunno-inverno, mentre il periodo fine primavera-estate è caratterizzato da un'accentuata aridità. Il bilancio idrico secondo Thornthwaite produce un deficit idrico fra i mesi di maggio ed ottobre, il periodo della ricostituzione della riserva idrica inizia ad ottobre fino a metà gennaio e solo da metà gennaio ad aprile si stabilisce il periodo di eccedenza idrica.

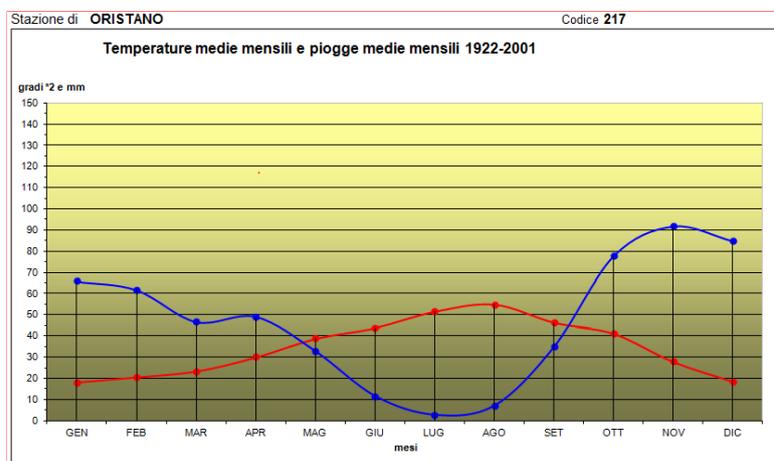


Fig. 4.4.7.1 - Grafico - Diagramma umbro termico per l'area di Oristano

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
T =	9,1	10,3	11,7	15,0	19,5	22,0	25,8	27,5	23,2	20,7	14,0	9,2
i =	2,5	3,0	3,6	5,3	7,8	9,4	12,0	13,2	10,2	8,6	4,7	2,5
l =	82,8											
P =	65,9	61,9	46,8	49,3	32,9	11,6	2,7	7,1	35,0	77,8	91,8	84,8
a =	1,8											
b =	0,8	0,8	1,0	1,1	1,3	1,3	1,3	1,2	1,0	1,0	0,8	0,8
PE =	15,6	19,7	30,9	53,1	95,7	120,6	163,4	170,4	109,9	81,6	34,3	15,6
P-PE =	50,3	42,2	15,9	-3,8	-62,8	-109,0	-160,7	-163,3	-74,9	-3,8	57,5	69,2
A.WL =	100,0	100,0	100,0	-3,8	-66,6	-175,5	-336,3	-499,6	-574,4	0,0	0,0	0,0
ST =	100,0	100,0	100,0	96,3	51,4	17,3	3,5	0,7	0,3	100,0	100,0	100,0
C.ST =	0,0	0,0	0,0	-3,7	-44,9	-34,1	-13,8	-2,8	-0,4	99,7	0,0	0,0
AE =	15,6	19,7	30,9	53,0	77,8	45,7	16,5	9,9	35,4	-21,8	34,3	15,6
D =	0,0	0,0	0,0	0,1	17,9	74,9	146,9	160,5	74,5	103,4	0,0	0,0
S =	50,3	42,2	15,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-3,8	57,5	69,2
RO =	25	21	7	0	0	0	0	0	0	-2	28	34
TMD =	125,0	121,0	107,0	96,3	51,4	17,3	3,5	0,7	0,3	98,0	128,0	134,0
	18,1	20,6	23,4	30,1	39,0	44,0	51,6	55,0	46,4	41,4	27,9	18,4
	65,9	61,9	46,8	49,3	32,9	11,6	2,7	7,1	35,0	77,8	91,8	84,8

Tab. - Parametri di evapotraspirazione potenziale per la stazione di Oristano (C.R.A.)

1.9 Classificazione climatica

L'analisi ed elaborazione dei regimi dei diversi parametri meteo climatici indicano che il territorio in esame ricade in un ambiente ecologico caratterizzato da un clima mediterraneo semiarido con moderato surplus idrico durante la stagione invernale ed accentuato deficit idrico

nella stagione estiva, dove i minimi ed i massimi termici sono in parte attenuati per l'influenza termoregolatrice delle masse d'aria di provenienza marittima.

Secondo la classificazione climatica di Thornthwaite, si tratta di un clima mesotermico, B2, sub-arido, con eccedenza idrica invernale da moderata e scarsa.

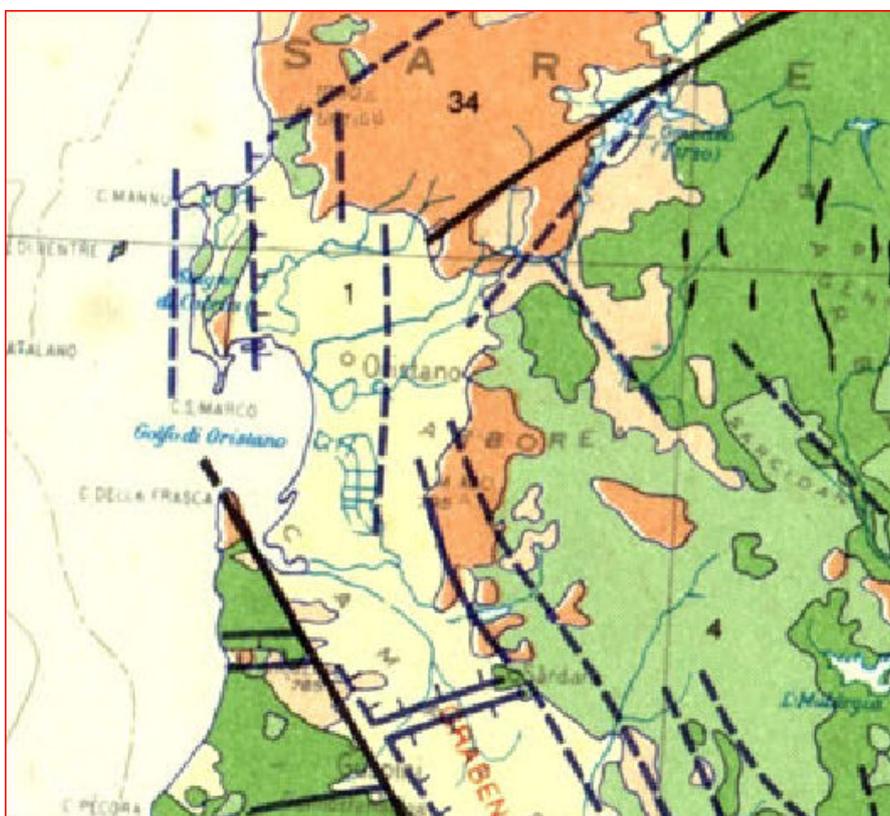
INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE E STRATIGRAFICO

L'area in esame costituisce una piccola porzione della fascia costiera del Golfo di Oristano, geologicamente e strutturalmente parte integrante della pianura del Campidano, che si estende per circa 115 km, con direzione NO-SE, dal Golfo di Cagliari al Golfo di Oristano.

Per meglio comprendere l'attuale assetto geologico e morfologico dell'area in studio si riportano i principali eventi geologico-strutturali che hanno portato alla formazione ed all'evoluzione del sistema graben – horst del Campidano.

Gli eventi geologici responsabili dell'attuale assetto geo-strutturale del settore in esame si possono far iniziare nel Terziario, durante l'Oligocene medio, quando, per la collisione della placca africana con quella europea, si ebbe la rototraslazione del blocco sardo-corso e l'apertura del rift sardo, con la suddivisione del basamento cristallino paleozoico, strutturalmente già evoluto, in due horst (Tapponier, 1977). L'horst occidentale fu smembrato in blocchi, disposti in senso meridiano, rappresentati da: la Nurra, i Monti di Flumentorgiu, l'Arburese-Iglesiente ed il Sulcis di grandi dimensioni, ed altri come il sud-Algherese e l'isola di Mal di Ventre, di dimensioni assai ridotte.

L'horst orientale, almeno apparentemente più omogeneo, è costituito dal complesso granitico del nord Sardegna, dalla zona assiale della catena ercinica della Sardegna nord-orientale, dalla zona a falde della catena ercinica della Sardegna centrale e dall'intrusione ercinica del Sarrabus.



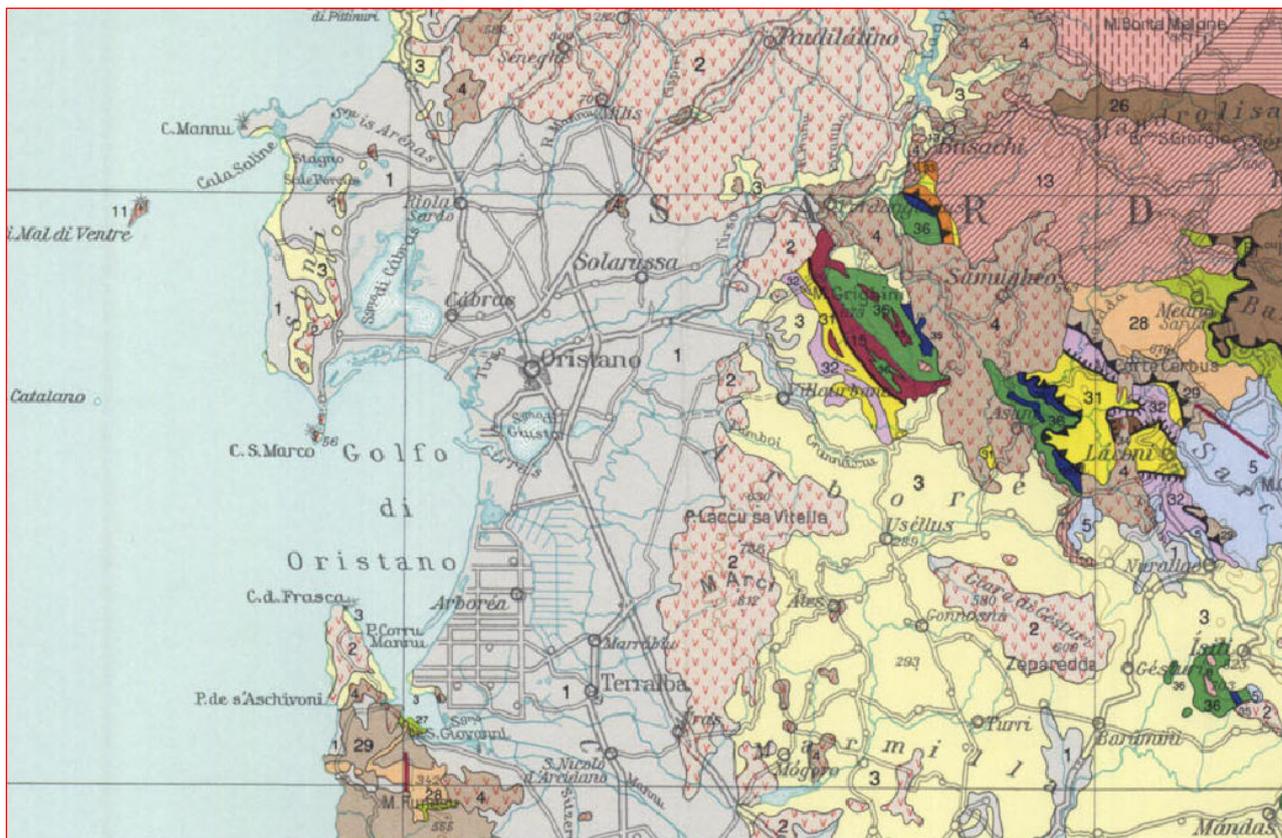
Stralcio dallo Schema geo-strutturale della Sardegna – Fonte Carmignani et alii (1982)

La formazione della "fossa sarda", che si sviluppava dal Golfo di Cagliari a quello dell'Asinara con una larghezza di circa 40 km, fu seguita da un'intensa attività vulcanica

sintettonica, che portò al parziale riempimento della stessa, come testimoniano le estese coperture vulcaniche della Planargia, del Bosano, del Montiferru, quelle carotate nel Campidano e quelle presenti ad est della dorsale del Grighini.

La subsidenza all'interno della fossa fu attiva per un lungo periodo, cosicché il mare miocenico vi penetrò, come testimoniano i numerosi affioramenti di sedimenti marini miocenici nel Meilogu-Logudoro a nord e lungo i bordi della fossa campidanese a sud, nella Marmilla e nella Trexenta ad est e di Funtanazza e del Cixerri ad ovest.

Nel settore meridionale della "fossa sarda" la serie miocenica, ricostruita sulla base dei risultati di perforazioni profonde eseguite nel Campidano e delle indagini di superficie, presenta uno spessore di circa 1500 m, di cui circa 300-400 m di ambiente continentale ed il restante di ambiente marino.



Stralcio Carta Tettonica d'Italia

In relazione ai movimenti tettonici che hanno generato il bacino sedimentario oligo-miocenico i materiali che si rinvergono nella fossa sono stati suddivisi da Cherchi e Montardet (1982, 1984) in depositi pre-rift, syn-rift e post-rift, in funzione della loro posizione rispetto all'evoluzione della fossa stessa.

I depositi pre-rift, costituiti dai depositi detritici continentali eocenici della formazione del Cixerri, si rinvergono nella parte basale della fossa e costituiscono i termini più antichi carotati nel Campidano. Sono classificati come syn-rift oltre ai prodotti del ciclo vulcanico oligo-miocenico ad affinità calco-alcalina auct., i sedimenti continentali della formazione di Ussana, i sedimenti in facies marina delle Arenarie di Gesturi, in eteropia con i Calcari di Isili e con le Marne di Ales (Cattiano sup.) ed il successivo complesso vulcano-sedimentario della formazione della Marmilla (Aquitano) in eteropia con i Calcari di Villagrecia.

I depositi post-rift, rappresentati dalla sequenza sedimentaria marina costituita alla base dalle Marne di Gesturi (Burdigaliano medio e sup.-Langhiano sommitale), che poggiano sulla formazione della Marmilla, di età Burdigaliano inf., dalle argille di Fangario (Langhiano sup.-Serravalliano inf.), dalle arenarie di Pirri (Serravalliano) seguite dal Calcare di Cagliari suddiviso in tre subunità e datato Serravalliano-Messiniano inf., si sono formati al termine dell'attività tettonica che provocò l'apertura della fossa, quando il mare miocenico entrò stabilmente nella stessa.

Le tensioni tettoniche responsabili del sistema di rift, datate Oligocene medio-Aquitano, hanno lasciato testimonianza degli stress sia nel sedimentario che nel vulcanico con direzione prevalente N 80° E. Questa fase è stata seguita da una fase tettonica di età burdigaliana, probabilmente dovuta alla collisione fra il blocco sardo-corso e la placca Apuliana, testimoniata dalle lineazioni N 40° E, mentre la direzione N 140°, riconoscibile in numerosi affioramenti, testimoniano la fase tettonica compressiva messiniana, responsabile del contatto discordante fra i sedimenti marini messiniani e quelli marini pliocenici.



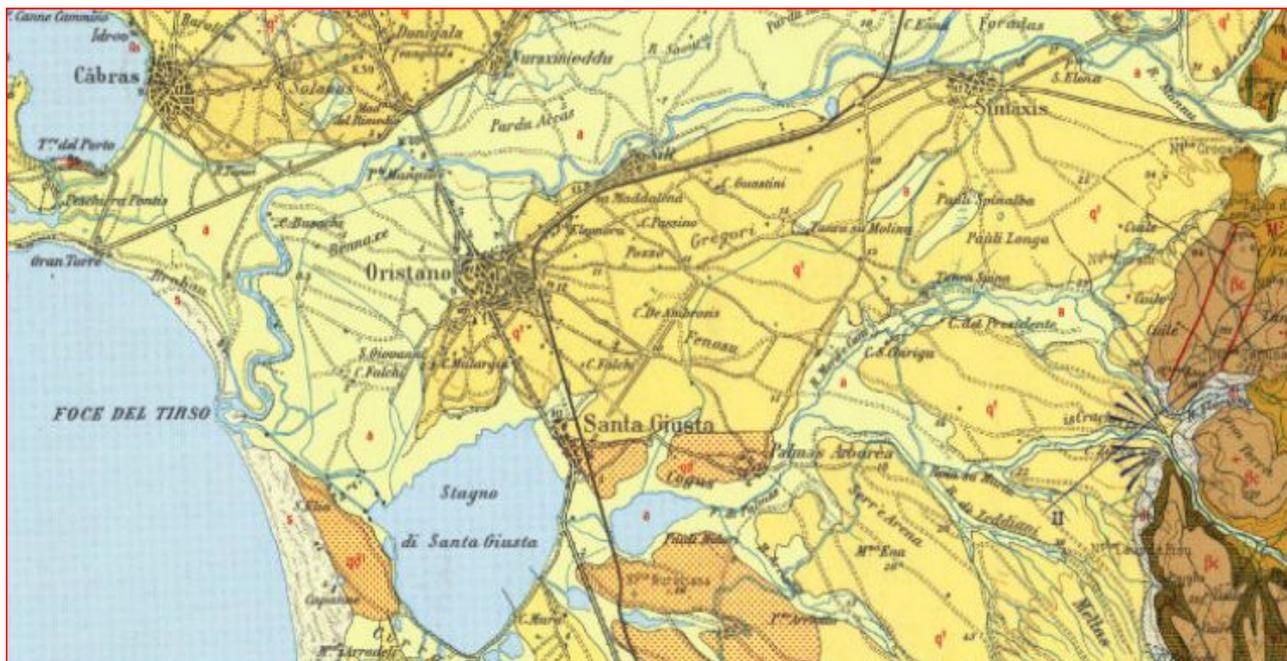
La geologia dell'area vasta sulla cartografia storica (La Marmora 1864 et alii)

Nel Messiniano in seguito alla crisi di salinità del Mediterraneo occidentale, il mare miocenico si ritirò e le aree precedentemente sommerse divennero sede di un'intensa attività erosiva, come evidenziato da una netta superficie di erosione che tronca la sequenza stratigrafica miocenica.

Durante la fase di regressione si passa gradualmente da un ambiente di mare aperto ad un ambiente di mare ristretto. Questi passaggi sono testimoniati nella penisola del Sinis, dove si rinvennero depositi evaporitici messiniani.

Nel nuovo ambiente continentale, nelle aree più depresse vengono depositi i detriti asportati dagli atmosferici nelle aree altimetricamente più elevate. Si formano così i sedimenti continentali pliocenici della Formazione di Samassi.

Nel Plio-Quaternario una nuova fase tettonica a carattere distensivo, collegata con l'origine del bacino oceanico del Tirreno centro-meridionale, interessa l'isola, ed è responsabile dell'apertura del graben campidanese, che si sovrappone al settore centro-meridionale della fossa sarda, attraverso il ringiovanimento, lungo i bordi paleozoici, di una serie di faglie parallele con direzione NNO-SSE.



Mappa – L'area sulla Carta Geologica d'Italia 1:100.000

A questa fase tettonica è inoltre legata una nuova fase vulcanica, a carattere alcalino, alla quale sono legate le manifestazioni vulcaniche responsabili della formazione dei grandi edifici vulcanici della Sardegna (Montiferru e Monte Arci) e della messa in posto dei basalti di piattaforma. Questi ultimi, spesso in evidente inversione di rilievo, andarono a colmare i bassi morfologici, ricoprendo i depositi detritici post-miocenici.

Lungo i bordi del graben questa situazione innesca un consistente regime erosivo che in parte smantella i sedimenti miocenici.

Dal Pleistocene medio la Sardegna acquista una certa stabilità tettonica. Le oscillazioni climatiche del Quaternario, a partire dal Pleistocene, e il susseguirsi delle variazioni eustatiche, generano nell'Isola degli evidenti mutamenti morfologici.

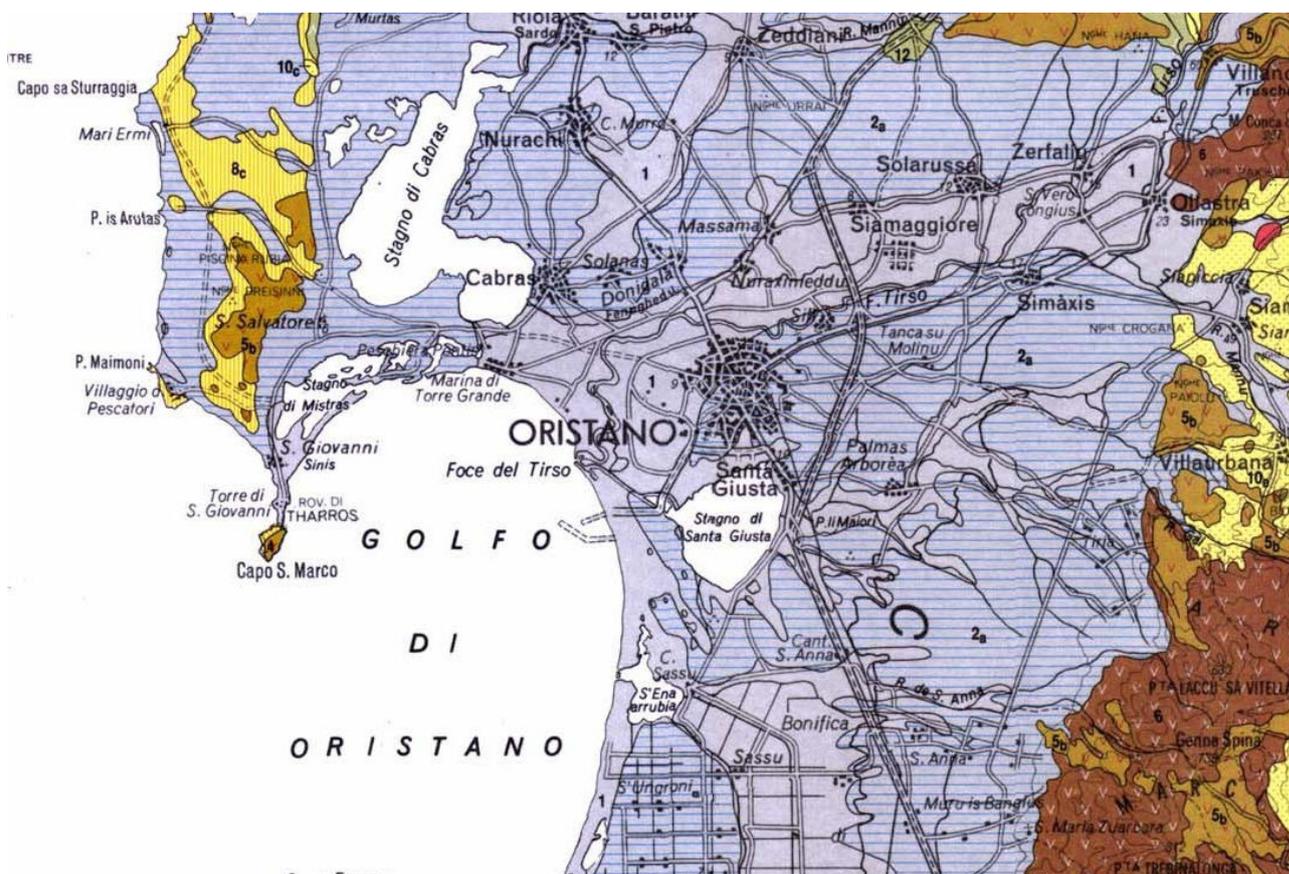
Nell'Olocene, infine, assistiamo alla deposizione di sedimenti (alluvioni, depositi litorali, dune etc.) che conferiscono alla Sardegna l'attuale aspetto morfologico.

La successiva ripresa dell'attività erosiva, guidata dalle discontinuità tettoniche, che ha agito con maggior intensità sulle litologie più erodibili, determinò la produzione di ingenti quantità di materiale detritico. Il materiale eroso, trasportato a valle dalle acque superficiali, incanalate e non, venne depositato nella fossa del Campidano fino a colmarla, con la formazione di potenti depositi detritici.

Nel Campidano la continua subsidenza e la mancanza di pendenze adeguate, ha localmente consentito il permanere di vaste zone depresse, come per esempio lo stagno di Sanluri e l'anello "lacustre" attorno al Golfo di Oristano e quello attorno a quello di Cagliari.

La pianura si affaccia sul Golfo di Oristano con una costa bassa e sabbiosa ad arco, che termina con due promontori alti e rocciosi rappresentati da Capo Frasca verso SO e Capo San Marco verso NO. Si tratta di una spiaggia di considerevoli dimensioni, sia per larghezza sia per lunghezza, interrotta localmente dalla foce del Tirsu e dalle bocche a mare delle lagune costiere. Proprio agli apporti del Tirsu, rappresentati prevalentemente da sabbie e ghiaie quarzoso-feldspatiche debolmente limose, ridistribuiti dalle correnti litoranee e dal moto ondoso, si deve l'origine della spiaggia.

Una serie di stagni e paludi, oggi per lo più bonificati, e campi dunali di retrospiaggia, per buona parte rimboschiti a pino, evidenziano il passaggio tra la piana costiera e la spiaggia.



La geologia dell'area vasta con in grigio – celeste le aree limoso - palustri e alluvionali recenti (Carmignani et alii)

I corpi idrici, relitti di bracci fluviali e meandri abbandonati del Tirso e dei suoi affluenti, oggi in parte bonificati, ed i terrazzi fluviali testimoniano le fasi evolutive dei corsi d'acqua, mentre le lagune costiere e gli stagni retrodunali testimoniano le diverse fasi evolutive della linea di costa, entrambe legate a periodi di sedimentazione alternati a fasi di erosione, conseguenti sia a fenomeni di subsidenza tettonica sia al glacio-eustatismo quaternario.

5.2 Stratigrafia del Campidano di Oristano

Il complesso plio-quaternario, che colma il graben campidanese, potente da alcune decine di metri fino a circa 800 metri, è costituito da sedimenti continentali, per lo più appartenenti alla Formazione di Samassi, sui quali poggiano potenti depositi alluvionali, lacustri e lagunari pleistocenici, con intercalate lave basaltiche del ciclo vulcanico alcalino, seguiti da depositi marini e lagunari flandriani-versiliani. I depositi marini quaternari, rappresentati da depositi di ambiente freddo, e da depositi tirreniani tipici, sono presenti nelle sole fasce costiere.

Il sottosuolo è caratterizzato dall'alternarsi di strati più o meno potenti, talora lentiformi, di ghiaie ciottoloso-sabbiose, di argille, argille limose e sabbie argillo-limose. Localmente sono presenti anche dei livelli torbosi.

I singoli orizzonti, spesso lentiformi, presentano spessori molto variabili da luogo a luogo, rendendo difficili le correlazioni stratigrafiche.

Il basamento della serie plio-quaternaria è rappresentato dalle formazioni vulcaniche e sedimentarie oligo-mioceniche, che affiorano localmente nella fascia pedemontana, lungo i bordi della fossa, dove si rinvengono anche terreni cristallini paleozoici.

La sequenza stratigrafica del Campidano di Oristano è stata ricostruita sulla base dei risultati di due perforazioni profonde eseguite nei primi anni '60 per una ricerca di idrocarburi promossa dalla Regione Autonoma della Sardegna.

Il primo sondaggio eseguito presso Case Sassu (tra lo Stagno di S'Ena Arrubia e l'ex stagno di Sassu), raggiunse la profondità di 1802 m ed attraversò i seguenti terreni:

profondità à m	descrizione	età
0.00 - 33.00	Sabbie limi argillosi, con livelli di conchiglie marine e di stagno	Quaternario
33.00- 94.00	Argille, limi e scarse sabbie ciottolose in facies alluvionale e palustre	Quaternario
94.00- 304.00	Argille grigiastre, limi e rare sabbie in facies prevalentemente alluvionale, con resti di gasteropodi d'acqua dolce e di piante palustri	Pliocene e sup
304.00- 310.00	Basalto, grigio scuro, compatto, in colate	Pliocene e (?)
310.00- 730.00	"Formazione di Samassi", costituita da alternanze di limi marnoso-calcarei, talora sabbiosi, conglomerati a ciottoli di marne mioceniche prevalenti, argille e marne ad abbondanti foraminiferi miocenici e pliocenici rimaneggiati, in facies fluvio-torrentizia e lacustre subordinata	Pliocene e medio-superiore
730.00- 820.00	Marne arenacee a foraminiferi e resti di molluschi marini	Pliocene e inf.
820.00- 870.00	Complesso sabbioso-ciottoloso, argillo-marnoso e sabbioso-marnoso sterile	Messiniano (?)
870.00- 1430.00	Alternanze di marne ed arenarie fini di ambiente di mare aperto, a foraminiferi e lamellibranchi	Tortoniano-Burdigaliano
1430.00- 1802.00	Marne prevalentemente arenacee ed arenarie con intercalazioni tufacee, piroclastiche e probabilmente laviche, andesitico-basaltico, talora in giacitura caotica	Burdigaliano-Aquitani

Il secondo sondaggio eseguito nella periferia sud-occidentale dell'abitato di Riola raggiunse il 1700 m di profondità ed attraversò i seguenti terreni:

profondità à m	descrizione	età
0.00- 20.00	Sabbie dunari, sabbie e limi a conchiglie marine e di stagno, ricoprenti ghiaie alluvionali prevalentemente quarzose	Quaternario
20.00- 218.00	Argille e limi sabbiosi con intercalazioni ghiaiose, in facies alluvionale prevalente e palustre	Quaternario Pliocene e sup
218.00- 243.00	Basalto, grigio scuro, compatto, in colate	Pliocene e (?)
243.00- 671.00	"Formazione di Samassi", costituita da alternanze di marne arenaceo-calcaree, conglomerati a ciottoli di marne e arenarie mioceniche prevalenti, sabbie, argille torbose, limi, ad abbondanti foraminiferi miocenici e pliocenici rimaneggiati, in facies fluvio-torrentizia e lacustre subordinata	Pliocene e medio-superiore
671.00- 729.00	Marne argillose ed arenacee, a foraminiferi e resti di lamellibranchi marini	Pliocene e inf.
729.00- 856.00	Marne e sabbie talora grossolane, in facies marina e dubitativamente continentali nella parte alta	Messiniano (?) Miocene e sup.-medio (?)
856.00- 1298.00	Ignimbriti, andesiti e tufi associati	Miocene e inf.
1298.00- 1308.00	Tufiti con intercalati livelli marini ad ostree	Pliocene e sup
1308.00- 1700.00	Andesiti, Ignimbriti e tufi associati, talora con filoni e vene di calcedonio	Miocene e inf. - Oligocene sup

Dalla lettura delle due stratigrafie risulta che, nel sottosuolo, intercalati ai depositi detritici, si incontrano una serie di colate basaltiche plio-quadernarie, omologhe a quelle di Capo Frasca, di Capo San Marco e del Sinis.

Queste colate, disposte a gradinate a causa di una serie di faglie, sono situate ad una profondità crescente verso sud. La colata più superficiale, attraversata da numerose perforazioni per acqua effettuate poco a monte dell'abitato di Solarussa, si trova ad una profondità di alcune decine di metri, ricoperta da depositi alluvionali, e poggia a sua volta su altri sedimenti alluvionali di età precedente. Nelle perforazioni effettuate dall'AGIP, le colate basaltiche sono ribassate alla profondità di circa 218 metri presso Riola e di 304 metri presso Sassu.

In superficie nei settori compresi tra Zerfaliu, Solarussa-Siamaggiore Nuraxinieddu, Cabras, Solanas, Donigala, Zeddiani e la fascia pedemontana del Montiferru a nord del Tirso e tra Ollastra, Simaxis, Oristano, Santa Giusta, Palmas ed Uras a sud del Tirso affiorano i depositi alluvionali antichi, composti da livelli di ciottoli e ghiaie poligeniche ed eterometriche, in matrice sabbio-limo-argillosa ferrettizzata, fortemente addensati e spesso terrazzati.

Lungo le fasce pedemontane si rinvengono depositi di conoide e di glaicis, molto simili alle alluvioni antiche del Tirso e presumibilmente ad esse coevi, ma più ricchi in elementi vulcanici, depositati dalle acque dei fiumi e torrenti provenienti dai massicci vulcanici del Montiferru e dell'Archi e dal massiccio paleozoico del Monte Grighine.

Nel settore compreso tra Donigala, Nurachi e Cabras sino a Riola e Baratili si trovano depositi alluvionali spianati, formati prevalentemente dal rimaneggiamento delle alluvioni antiche, con arricchimenti più francamente argillosi, le cosiddette alluvioni medie.

Anche in questi depositi, ubicati più lontano dal corso attuale del Tirso e dei suoi affluenti, si possono riconoscere delle superfici terrazzate, raccordate con le alluvioni recenti da ripe di erosione fluviale. A sud di Santa Giusta e nel settore compreso tra Terralba e S. Nicolò Arcidano, questi depositi sono ricoperti da resti di antiche dune presumibilmente pre-tirreniane.

Lungo i corsi d'acqua affiorano le alluvioni recenti, costituite da sabbie quarzose fini e ghiaie e ciottoli eterometrici e poligenici. Su questi depositi si sono evoluti dei suoli, ad alta potenzialità per uso agricolo, conosciuti nell'area come terreni di "Bennaxi", mentre sui terrazzi più antichi si sono evoluti dei suoli meno fertili dei precedenti, denominati terreni di "Gregori".

All'interno delle alluvioni recenti si riconoscono, in corrispondenza di depressioni create dal divagare dei corsi d'acqua prima di raggiungere il mare, depositi palustri. Queste zone, oggi bonificate, costituivano le aree paludose del Campidano.

INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'assetto morfologico attuale è il risultato di processi fluviali e secondariamente eolici che, attivi durante tutto il Quaternario, in condizioni climatiche differenti dalle attuali, hanno dato luogo a ripe di erosione fluviale, meandri, terrazzi fluviali, con di deiezione e campi dunali. Si rinvengono pertanto forme di accumulo e di erosione tipiche della dinamica fluviale e di quella eolica. La costa, bassa e sabbiosa è invece il risultato dell'azione modellante del mare.

Il Campidano di Oristano è attraversato dal tratto terminale del fiume Tirso e dei suoi affluenti, che hanno avuto un ruolo molto importante, con la loro azione di erosione, trasporto e sedimentazione, nella formazione della piana e nel suo successivo modellamento.

La vasta superficie, da sub-pianeggiante ad ondulata, modellata nei potenti depositi detritici plio-quadernari di varia origine, degrada dolcemente verso il mare. Essa è incisa dagli alvei del Tirso degli altri fiumi gravitanti nell'area, che presentano reticolo idrografico ad andamento da rettilineo a meandriforme, localmente anastomizzato. La piana è attraversata anche da una fitta rete di canali artificiali, realizzati dagli anni '30 fino ad oggi.

Superfici terrazzate, formatesi in diversi periodi ed in condizioni climatiche differenti dalle attuali, stagni, piccole paludi, lagune costiere e vasti campi dunali, interrompono localmente la monotonia del paesaggio pianeggiante.

Nella pianura si distinguono le seguenti unità geomorfologiche:

- Le alluvioni antiche terrazzate

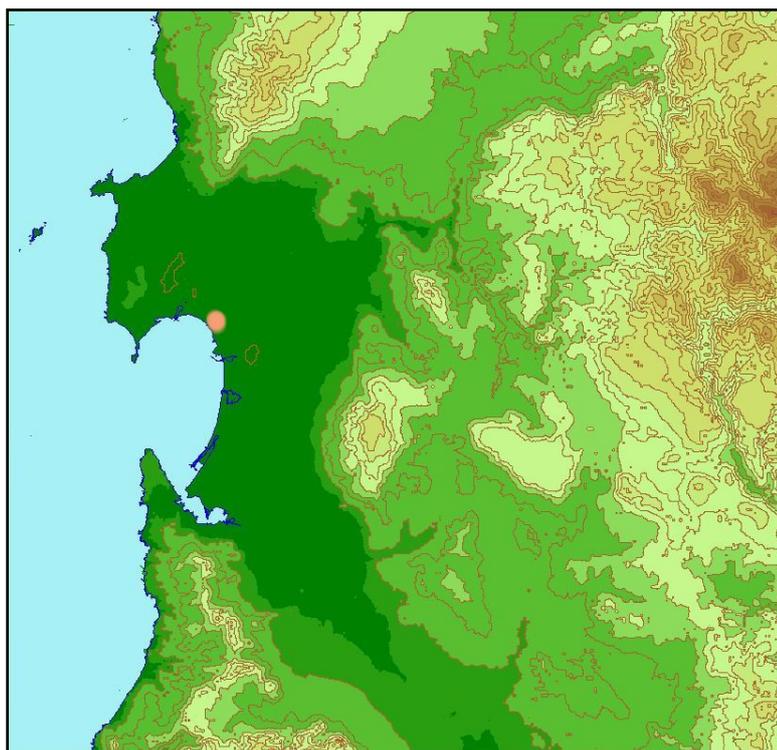
Le alluvioni antiche terrazzate, substrato di tutta la zona, consistono in depositi sabbioso-ciottolosi, sedimentati nel Plio-Quaternario dal paleo-Tirso e dai fiumi minori che attraversano la pianura.

Questi depositi un tempo costituivano la gran parte della pianura del Campidano. La successiva opera di modellamento, sono stati parzialmente smantellati e modellati dalla successiva erosione fluviale tanto che oggi si presentano generalmente terrazzati. I terrazzi fluviali, debolmente ondulati, sono separati da piccole vallecole nelle quali si instaura una rete idrografica attiva solo in occasione di forti precipitazioni. Essi sono caratterizzati da bordi generalmente netti e sono raccordati ai terreni più recenti da scarpate di erosione fluviale, oramai inattive, più o meno acclivi, dove agiscono il dilavamento diffuso ed il ruscellamento incanalato, che localmente ha prodotto piccoli solchi di erosione. I terrazzi più ampi si trovano tra Solarussa-Siamaggiore e la Carlo Felice, dove raggiungono altezze intorno ai 40 metri slmm e nel settore prospiciente il Monte Arci.

- Le conoidi alluvionali ed i glacis

Le conoidi alluvionali ed i glacis sono localizzati nella fascia pedemontana dei rilievi che delimitano la pianura. I depositi di conoide, caratteristici per la loro forma a ventaglio, sono il risultato della deposizione di ingenti quantità di materiale detritico trasportato a valle dalle acque incanalate provenienti dai rilievi al loro sbocco in pianura, per il brusco decremento della velocità dell'acqua. Nel settore di raccordo tra l'Arci e la pianura prevalgono i glacis detritici, che devono la loro origine all'arretramento parallelo dei versanti rocciosi, per erosione areale. Questi depositi detritici, così come le alluvioni antiche, sono stati successivamente incisi e localmente terrazzati.

- Le alluvioni medie



Sono costituite prevalentemente dal rimaneggiamento e rideposizione del materiale detritico asportato, dall'azione erosiva dei fiumi, dalle alluvioni antiche, modificato con il deposito di termini più francamente argillosi. Esse danno luogo a superfici terrazzate, raccordate con le alluvioni recenti da modeste ripe di erosione fluviale, evidenziate da piccole rotture di pendio.

Fig. Mappa - L'andamento dell'altimetria nell'area vasta circostante Oristano (in arancio)

- Le alluvioni recenti

I depositi più recenti, i cosiddetti terreni di "Bennaxi", si trovano lungo le rive del Tirso, del

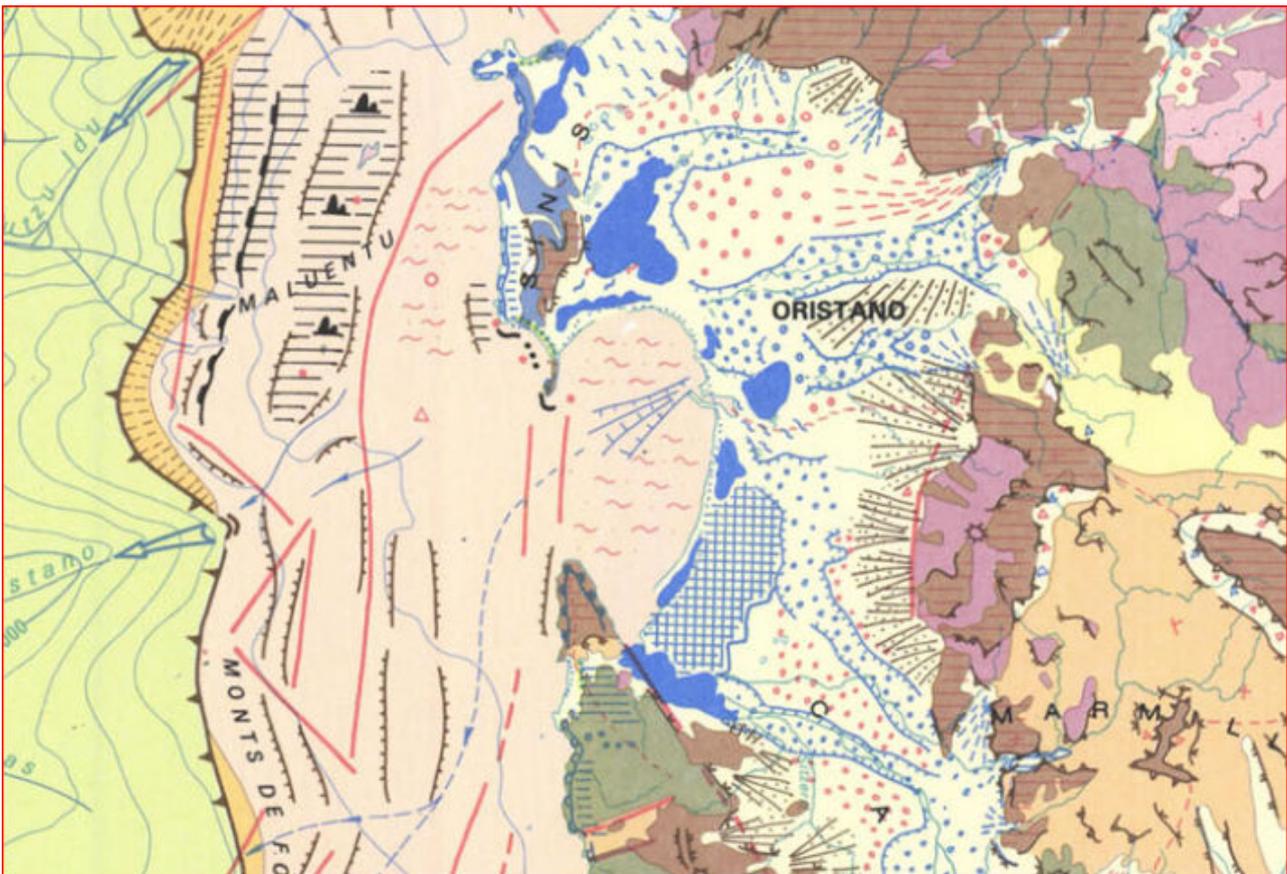
Mare Foghe, del Mogoro e dei loro affluenti. Questi terreni costituiscono delle ampie superfici sub-pianeggianti, debolmente degradanti verso ovest, più o meno incise dall'azione del fiume che le attraversa. Lungo gli alvei si possono riconoscere delle piccole ripe di erosione fluviale. Queste alluvioni costituiscono i terrazzi più recenti.

- Le aree palustri e delle paludi bonificate

All'interno delle alluvioni recenti si riconoscono delle aree depresse, create dal divagare dei corsi d'acqua nella pianura prima che raggiungessero lo sbocco a mare. Queste zone, oggi bonificate, costituivano le aree paludose del Campidano. Le paludi sono numerose e punteggiano la vasta zona tra lo stagno di Cabras, il Mare Foghe e il Tirso, la zona della bonifica di Sassu ed ancora la piana di Arborea.

- Il sistema costiero e la foce del Tirso

Questo sistema è formato da una costa bassa sabbiosa, che termina con gli alti promontori rocciosi di Capo San Marco e Capo Frasca. Esso è caratterizzato da vasti campi dunali di retrospiaggia e da stagni e lagune costiere. La spiaggia sabbiosa ad arco borda la pianura con continuità, interrotta solo localmente dalla foce del Tirso e dalle bocche a mare delle lagune costiere. Essa è il risultato della redistribuzione ed accumulo dei materiali detritici trasportati dal Tirso e dagli altri fiumi che sfociano nel golfo, operata nel tempo dal moto ondoso e delle correnti litoranee. La spiaggia mostra un profilo longitudinale regolare a pendenza media, con la berma di tempesta evidente solo dopo le forti mareggiate.



Stralcio della Carta Geomorfologica della Sardegna marina e Continentale – Fonte A. Ulzega et alii (1988)

Le spiagge del settore settentrionale sono in persistente avanzamento dalla seconda metà del secolo scorso, ad eccezione di piccoli settori localizzati, di contro quelle del settore centrale e meridionale sono in erosione. Un cordone dunale, delimita l'avanspiaggia dalla

retrospiaggia, dove i venti dominanti hanno formato campi dunali di dimensioni variabili, oggi quasi interamente stabilizzati da impianti a pino, come a Torregrande e ad Arborea. A ridosso dei cordoni dunali spesso si rinvengono piccole depressioni, che nel periodo delle piogge danno luogo a piccole paludi e stagni temporanei. Bacini idrici di dimensioni assai più grandi sono invece le lagune, più note come stagni, che nell'oristanese caratterizzano il passaggio fra l'ambiente costiero e la pianura. Esse si sono formate per accrescimento successivo di barre sabbiose, ad opera del mare e subordinatamente del vento, che, delimitando alcuni settori del mare del golfo, hanno dato luogo a questi bacini idrici salmastri. Tra queste le più importanti sono quella di Cabras e quella di Santa Giusta.

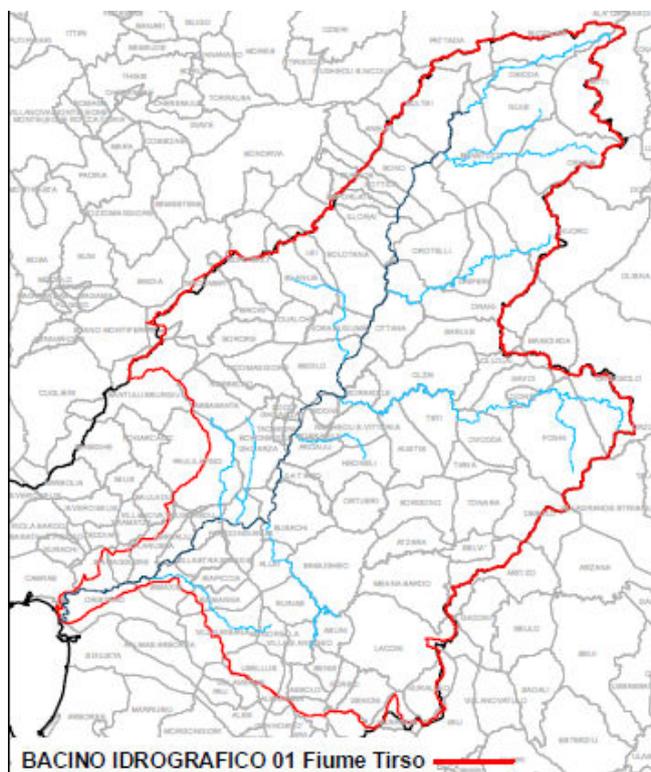
Nel contesto della pianura l'attività antropica è attualmente il processo morfogenetico più intenso. Gli insediamenti urbani, rurali e le infrastrutture, oltre alle attività economiche, stanno modificando velocemente l'assetto morfologico dell'area. Vaste porzioni di pianura sono state profondamente scavate per il prelievo di materiali per inerti, con la creazione di ampie e profonde cave che spesso, intercettando la falda freatica, si trasformano in laghetti. Altre sono state spianate a fini agricoli, rendendo spesso difficile il riconoscimento delle forme originarie dell'area.

Nel settore costiero, ugualmente fortemente antropizzato, i processi di dinamica costiera ed eolica sono sempre attivi, anche se spesso subiscono le interferenze determinate dell'attività dell'uomo.

INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

1.10 Acque superficiali

La zona dell'intervento ricade al margine ovest di Oristano, posto a sud rispetto al corso del fiume Tirso, il fiume più importante della Sardegna, per lunghezza ed ampiezza del bacino, che domina e caratterizza tutto l'assetto idrologico ed idraulico del settore.



Bacino idrografico del fiume dell'U.I.O n 2 - Tirso

La circolazione idrica superficiale è pertanto dominata dalla presenza del fiume e da numerosi canali di scolo a servizio della rete di irrigazione del Consorzio di Bonifica dell'Oristanese (CBO).

Il bacino idrografico del Tirso, nella suddivisione del Bacino Unico della Sardegna in sottobacini, costituisce l'U.IO n. 2, dove l'unico corso d'acqua principale del bacino è il Tirso.

Il fiume Tirso ha origine nell'altopiano di Buddusò tra i rilievi di Monte Longos (925 m slm) e Sa Ianna Bassa (955 m slm) e dopo aver attraversato la Sardegna centrale con andamento sfocia nel golfo di Oristano presso lo stagno di Santa Giusta ricoprendo una superficie di circa 3.287 kmq

Nel settore in esame il sistema idraulico locale è rappresentato dai canali di scolo del sistema di infrastrutturazione irrigua del CBO.

Le acque di precipitazione sono raccolte e drenate attraverso la rete di canalizzazione agricola e sono convogliate sul Rio Tanui, emissario dello Stagno di Cabras.

1.11 Acque sotterranee

Le indagini eseguite hanno permesso di delineare l'assetto idrogeologico dell'area d'interesse, caratterizzata da una certa complessità derivante dai differenti caratteri idraulici delle formazioni geologiche e dai rapporti geometrici e giacitureali delle stesse.

La pianura del Campidano, di chiara impostazione tettonica, è il risultato della colmata da parte di potenti depositi detritici plio-quadernari del graben campidanese.

Alle ultime fasi di sedimentazione del Pleistocene e dell'Olocene si deve la sequenza di facies fluviali, deltizie, lacustri, palustri e marine che hanno portato alla caratteristica alternanza, sia pure variabile da luogo a luogo, di depositi ghiaiosi, sabbiosi ed argillo-limosi. In prossimità della costa non mancano locali depositi di sabbie di spiaggia ed eoliche, così come nelle aree prossime ai bordi strutturali sono frequenti conoidi alluvionali e coni di detrito.

Sulla base delle caratteristiche idrauliche delle diverse formazioni presenti nell'area in esame sono state identificate le principali unità idrogeologiche.

Nell'identificazione delle unità idrogeologiche, una prima discriminazione è stata fatta suddividendo le formazioni permeabili per porosità da quelle permeabili per fratturazione.

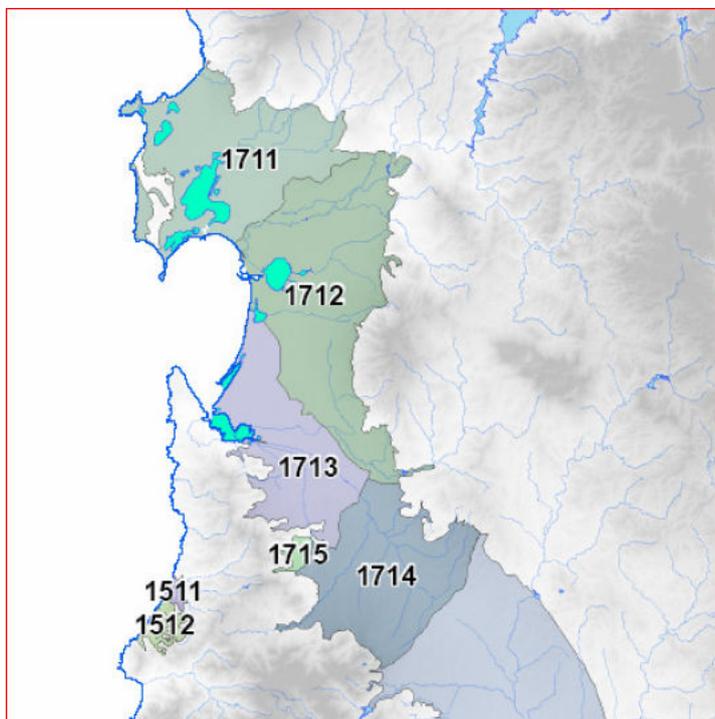
Successivamente, all'interno dei due singoli gruppi sono state definite, qualitativamente, le diverse classi di permeabilità, e ad esse sono state associate le litologie che, sulla base dei caratteri idraulici, ricadono generalmente in una determinata classe di permeabilità. Le litofacies, caratterizzate dallo stesso tipo di permeabilità e ricadenti nella stessa classe di permeabilità sono state aggregate per formare le unità idrogeologiche.

La unità idrogeologiche così definite sono state successivamente comparate con le tipologie dei complessi idrogeologici uniformi, previste nel Decreto Legislativo 16 marzo 2009, n. 30. "Attuazione della direttiva 2006/118/CE, relativa alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento".

Acronimo	Complessi idrogeologici
DQ	Alluvioni delle depressioni quadernarie
AV	alluvioni vallive
CA	Calcari
VU	Vulcaniti
DET	Formazioni detritiche degli altipiani plio-quadernarie
LOC	Acquiferi locali
STE	Formazioni sterili

TAB- TIPOLOGIE DI COMPLESSI IDROGEOLOGICI UNIFORMI A LIVELLO NAZIONALE PREVISTE DAL D.LGS 30/2009

Nella seguente sono riportati i corpi idrici degli acquiferi sedimentari plio-quadernari presenti nell'area vasta del Campidano di Oristano estratta dal PTA.



La complessa geometria delle diverse facies non permette facili e sicure correlazioni stratigrafiche di dettaglio. La semplificazione della situazione stratigrafica porta all'individuazione di quattro unità idrogeologiche caratterizzate da diversa permeabilità:

- La formazione delle alluvioni e delle conoidi alluvionali antiche. Questi terreni mostrano nel complesso una permeabilità bassa per la presenza di potenti orizzonti conglomeratici ad abbondante matrice fine, localmente cementati ed addensati e livelli limo-argillosi poco permeabili, intercalati a livelli francamente sabbiosi e ghiaiosi che possono presentare permeabilità media e localmente alta;
- Le alluvioni medie: costituite dagli stessi terreni detritici della formazione precedente, ma meno addensate e poco cementate

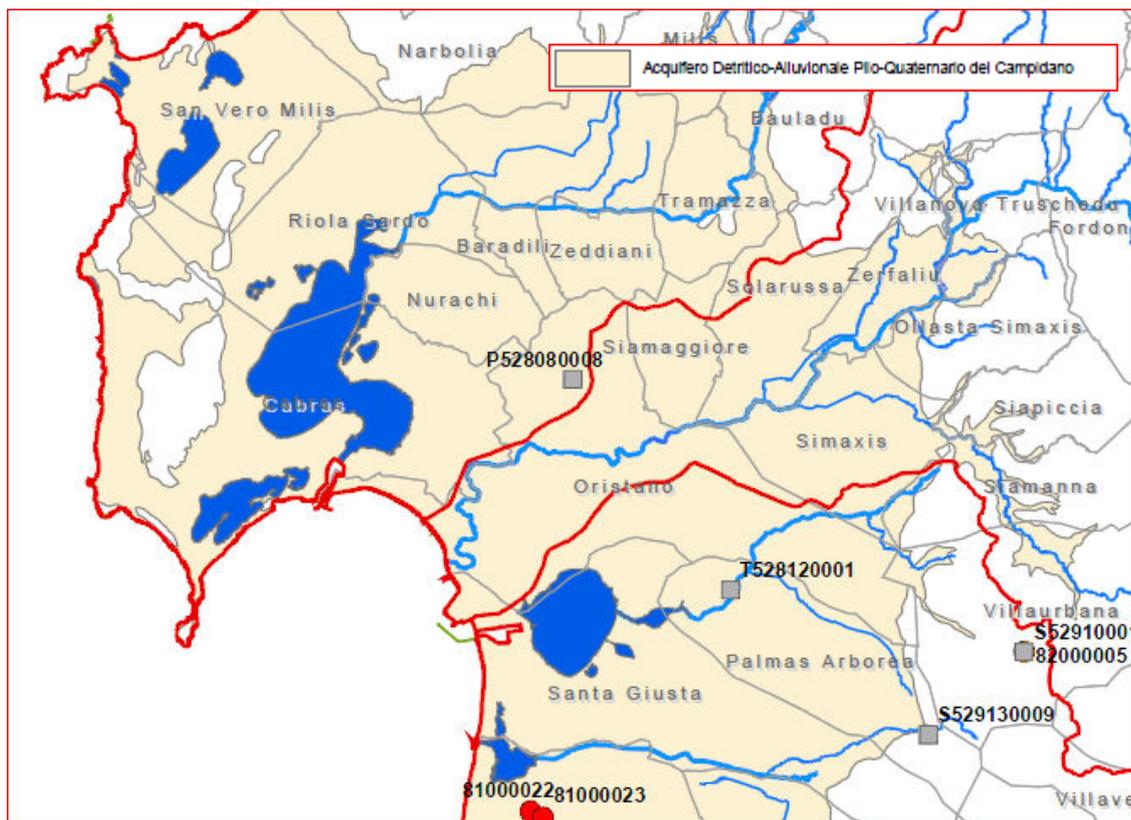
presentano una permeabilità da bassa a media;

- Le alluvioni recenti, poco cementate e poco costipate, spesso ghiaiose-sabbiose, presentano nel complesso una permeabilità media che, in funzione della percentuale dei materiali fini presenti, può decrescere od aumentare consistentemente.
- I terreni argillo-limosi delle aree paludose sono caratterizzati da permeabilità da bassa a molto bassa.
- Le dune costiere e le sabbie di spiaggia sono caratterizzate da permeabilità alta per porosità.

All'interno di tali unità si rinvencono:

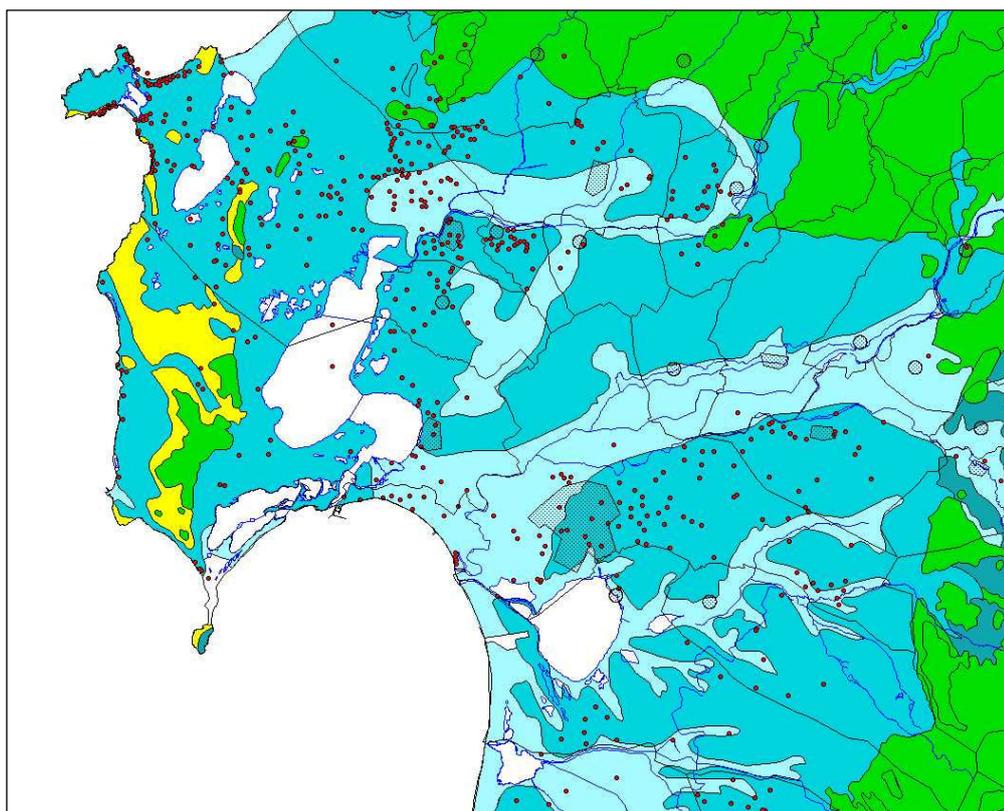
- Acquiferi freatici e semiconfinati principali.
Generalmente molto superficiali si rinvencono nelle alluvioni sabbioso-ciottolose più recenti e nelle sabbie eoliche. Essi sono alimentati principalmente dal corso di subalveo dei principali corsi d'acqua che solcano il Campidano, dal drenaggio dei numerosi canali di bonifica e dalla stessa infiltrazione efficace alimentata dalle acque di irrigazione e da quelle meteoriche. Anche l'idrografia sepolta contribuisce ad alimentare queste falde acquifere. Questi acquiferi sembrano essere limitati ai depositi alluvionali suddetti, che si rinvencono in varia misura lungo gli alvei attuali e sepolti dei corsi d'acqua. Risulta, infatti, difficile, per la complessità della rete idrografica superficiale e sepolta, ipotizzare la continuità areale di tali acquiferi.
- Acquiferi freatici e semiconfinati secondari:
Si rinvencono sul bordo settentrionale del Campidano dove affiorano i terreni alluvionali e le conoidi antiche, caratterizzati da una percentuale maggiore di componente fine, addensati e localmente ben cementati e ferrettizzati e nelle alluvioni medie. Essi presentano potenza ed estensione limitata e produttività nettamente inferiore.
- Acquiferi profondi, presumibilmente multistrato

Si rinvencono nei livelli più francamente sabbioso-ghiaiosi delle alluvioni antiche, intercalati a livelli limo-argillosi a permeabilità molto bassa. Lungo il bordo settentrionale della pianura hanno sede nelle vulcaniti basaltiche interstratificate nelle alluvioni. Questi acquiferi sembrano essere comunicanti tra loro e localmente anche con gli acquiferi più superficiali per la discontinuità degli strati confinanti. Essi, spesso in pressione e talvolta anche artesiani, sono alimentati prevalentemente dalle acque superficiali che si infiltrano lungo i bordi della pianura in corrispondenza delle discontinuità strutturali. Essi, anche se i prelievi sono spesso elevati, non mostrano nel tempo variazioni di portata rilevanti e non risentono in maniera evidente dell'andamento delle precipitazioni.



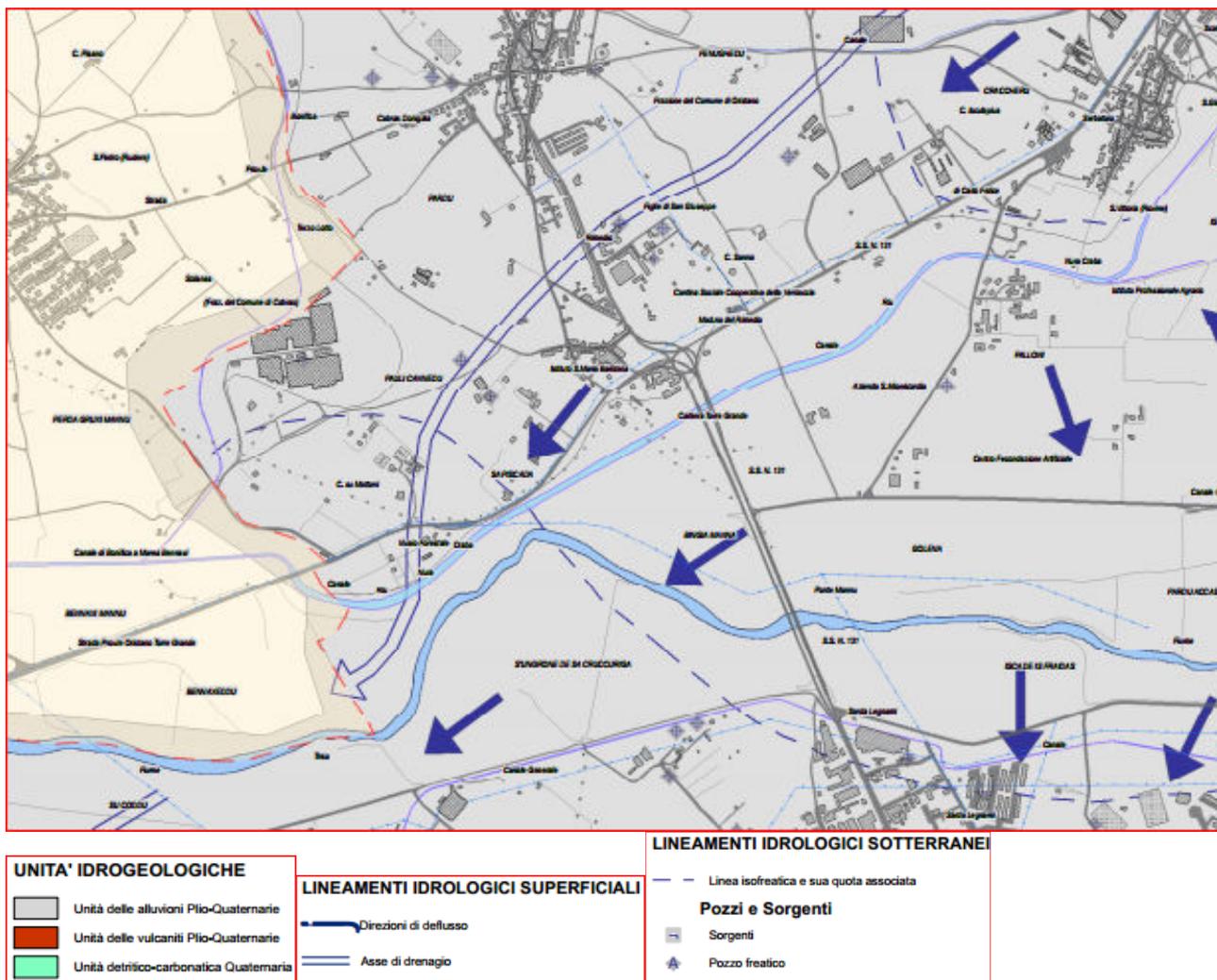
1

corpi idrici sotterranei degli acquiferi sedimentari plio-quaternari (fonte RAS PGDI)



Le formazioni detritiche della fascia pedemontana e le alluvioni antiche sono rappresentate in celeste (permeabilità media per porosità), i terreni quaternari sciolti in celeste (permeabilità alta per porosità). In verde sono riportate le vulcaniti terziarie e quaternarie (permeabilità media e alta per fratturazione) mentre le formazioni carbonatiche sono in giallo (permeabilità per carsismo).

Mappa - La distribuzione della permeabilità e dei pozzi



Carta idrogeologica del settore in esame (Fonte PUC)

La profondità del livello idrostatico superficiale, ricostruito sui dati puntuali di una serie di pozzi misurati, segue generalmente l'andamento della superficie topografica arrivando localmente a dar luogo a delle depressioni con quote di circa -1.5 m rispetto al livello del mare.

In caso di perdurante siccità il livello freatico delle falde superficiali tende ad abbassarsi. A risentire di questo problema sono generalmente i pozzi a cassa, numerosi nei centri abitati. Non mostrano invece abbassamenti correlati alla siccità i pozzi trivellati.

Nella fascia costiera, in seguito alla scarsa ricarica, gli emungimenti eccessivi stanno provocando la graduale salinizzazione delle falde per effetto dell'ingressione di cunei salati e salmastri. Il fenomeno della salinizzazione è accentuato anche dal fatto che durante la stagione secca, in particolari condizioni di vento e di mare, cunei di acqua di mare, non contrastati dagli scarsi deflussi superficiali dei fiumi, possono risalire lungo gli alvei dei corsi d'acqua per parecchi chilometri dalla foce.

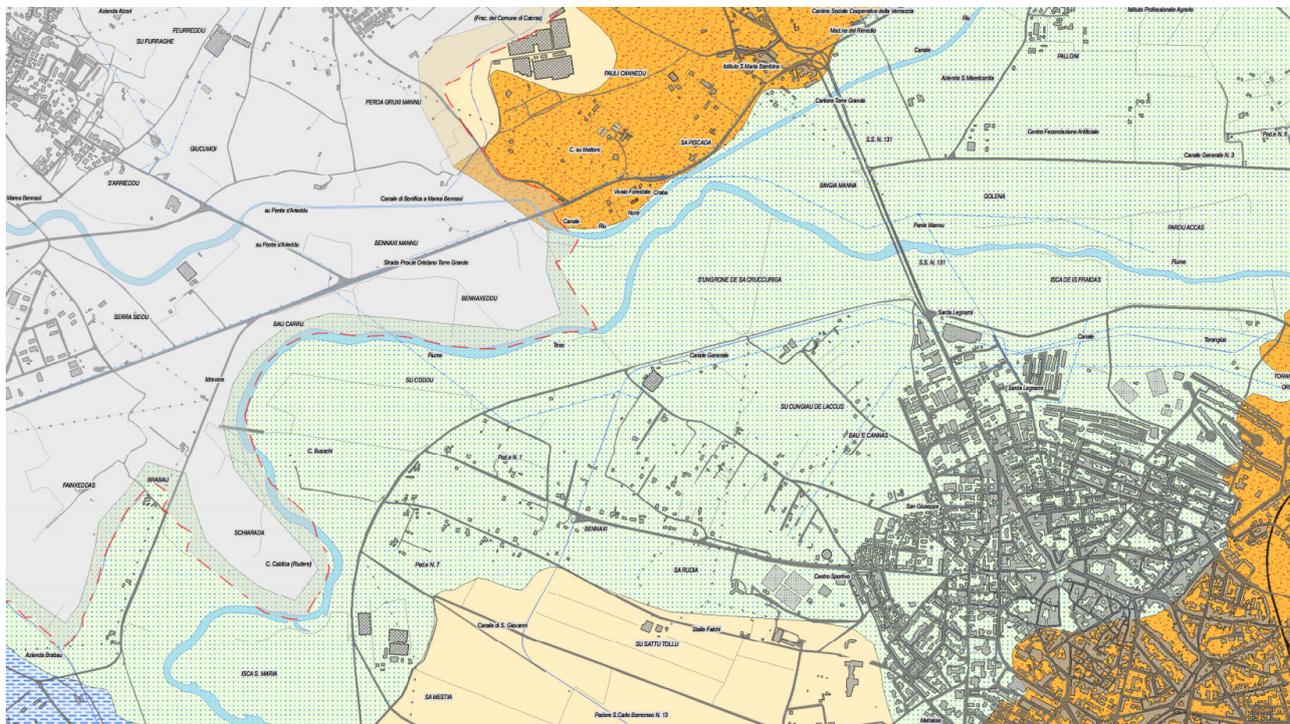
I dati acquisiti mostrano che le falde profonde confinate e semiconfinate spesso sono state messe in comunicazione tra di loro e con le falde freatiche dai numerosi pozzi perforati, rendendo tutto il sistema particolarmente vulnerabile.

Nel territorio in esame, come si evince, dalla carta idrogeologica allegata, prodotta per il PUC di Oristano, il regime delle acque sotterranee è strettamente correlato all'andamento idrologico ed idraulico del Tirso e degli altri fiumi gravitanti nell'area.

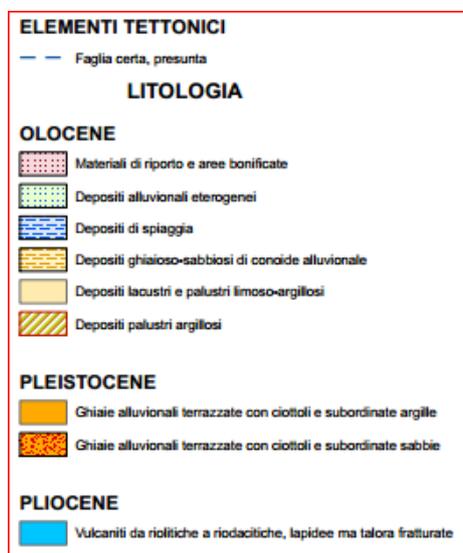
GEOLOGIA DELL'AREA RISTRETTA

L'area ristretta comprende le formazioni alluvionali recenti e attuali.

1.12 ALLUVIONI RECENTI E ATTUALI



Carta geologica del sito (Fonte PUC)



Formano la gran parte dell'area circostante il progetto e costituiscono il substrato delle piane alluvionali dei corsi d'acqua i cui alvei sono stati sovente modificati o sistemati da opere di bonifica.

E' il caso del sistema alveale del Tirso, parzialmente incluso all'interno dell'attuale sistema di argini onde limitare la sua naturale esondazione a discapito delle aree abitate e coltivate adiacenti il suo corso attuale.

INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per la progettazione sono utilizzate le indagini geognostiche eseguite in zone prossime nel novembre 2011.

Le indagini geognostiche necessarie per il dimensionamento delle strutture fondali e per la caratterizzazione sismica dell'area.

Le indagini eseguite, nel novembre 2011, sono consistite in:

- ❖ n° 3 sondaggi a carotaggio continuo;
- ❖ n° 12 prove SPT in foro;
- ❖ n° 1 profilo sismico tipo MASW

Durante le operazioni di perforazione sono stati prelevati:

- ❖ n° 2 campioni indisturbati;
- ❖ n° 1 campione rimaneggiato.

Sui campioni prelevati sono state successivamente eseguite, dalla ditta Geosystem srl, le seguenti analisi e prove di laboratorio:

- ❖ n° 1
- ❖ n° 2 prove di taglio diretto
- ❖ n° 2 prove edometriche

Nella tabella tab sono riportati i sondaggi, la profondità di prelievo dei campione indisturbati e le analisi eseguite.

Sondaggio	Profondità sondaggio m
1	20,00
2	15,00
3	25,00

Tab. – Sondaggi e profondità raggiunte

Per la caratterizzazione dei terreni coesivi presenti nel sottosuolo sono stati prelevati n° 2 campioni indisturbati, mentre per la caratterizzazione dei terreni interessati da scavi è stato prelevato un campione rimaneggiato.

Nella tabella seguente sono riportati i sondaggi, la profondità di prelievo dei campioni rimaneggiati ed indisturbati prelevati in foro e le analisi e prove di laboratorio eseguite. Si precisa che il campione rimaneggiato è stato prelevato dopo la realizzazione della documentazione fotografica. Pertanto dalla fotografia della prima cassa dello stesso del sondaggio S1 non si evince il prelievo del campione.

Sondaggio	Profondità prelievo da p.c. (m)	Tipo Campione	Analisi eseguite
S1	0,50 – 1,00	rimaneggiato	Classificazione CNR-UNI 10006
S 3	2,30 – 2,70	indisturbato	Prova di Taglio c.d.
S 3	2,30 – 2,70	indisturbato	Prova edometrica
S 3	7,40 – 8,00	indisturbato	Prova di Taglio c.d.
S 3	7,40 – 8,00	indisturbato	Prova edometrica

Tab. – Profondità di prelievo campioni ed analisi e prove di laboratorio eseguite

Le analisi e prove di laboratorio sono state eseguite dalla ditta Geosystem di Quartuciu.

Nella tabella seguente sono riportate le profondità delle prove SPT eseguite nei fori di sondaggi eseguiti dalla ditta TEC.AM srl nel novembre 2011.

Sondaggio	Profondità falda m	SPT Prof. Prova da p.c. m
S1	- 2,00	
		1,50
		5,40
		9,00
		12,50
S2	- 2,00	
		1,50
		5,00
		9,20
		12,50
S3	- 2,00	
		1,50
		5,40
		10,00
		12,50

Tab. – Profondità esecuzione prove SPT in foro

Per la caratterizzazione sismica del sito, ai sensi della NTC 2008, è stata eseguita un'indagine sismica tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves). Tale tecnica consente, attraverso le misure delle onde superficiali di Rayleigh, la determinazione delle velocità delle onde di taglio Vs.

L'indagine sismica è stata eseguita dallo Studio di geologia tecnica e geofisica applicata all'ingegneria del Dott. Luciano Puddu, di Monserrato (Ca).

L'ubicazione delle indagini è riportata nella base topografica e nella carta geologica allegata, mentre le stratigrafie dei sondaggi geognostici ed i certificati delle prove ed analisi di laboratorio sono riportati nella "Relazione sulle Indagini Geognostiche".

Le indagini sono state eseguite seguendo le "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche", elaborate dalla Commissione A.G.I. per la normativa geotecnica.

1.13 Modello geotecnico

I risultati delle analisi di superficie e delle indagini geognostiche hanno consentito la ricostruzione preliminare della conformazione geologica dei terreni di fondazione dell'opera in progetto.

In particolare è stato possibile identificare lo spessore e natura dei terreni e le loro caratteristiche tecniche, ed è stato possibile ricostruire un modello geologico-tecnico, di supporto alla progettazione definitiva dell'opera prevista.

Per l'elaborazione del modello geotecnico si è operato per fasi successive di approfondimento.

Utilizzando come base il modello geologico, sono state successivamente differenziate le categorie di materiali presenti, in funzione dei caratteri tecnici degli stessi.

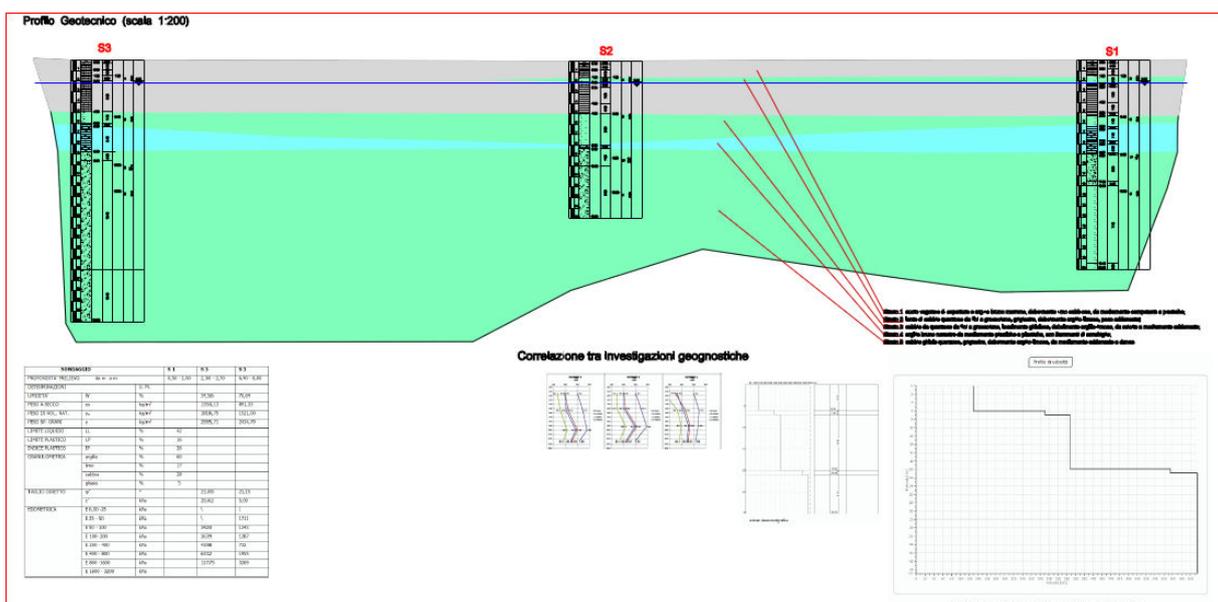
Le informazioni acquisite nel corso dei rilievi geologici e geomorfologici di campagna, delle indagini in sito eseguite ed i dati reperiti in letteratura hanno consentito di definire con una sufficiente approssimazione la situazione stratigrafica della zona interessata dalle opere fondali dell'edificio in progetto.

Tutta l'area è costituita da una sequenza di sedimenti di fascia di transizione, variabili da palustre ad alluvionali franchi.

Si tratta di depositi alluvionali sciolti, sabbioso-limosi o sabbio ghiaiosi in profondità (OLOCENE) (media qualità geotecnica), passanti a depositi di ambiente palustre costituiti da limi ed argille limose talvolta ciottolose, fanghi torbosi con frammenti di molluschi. (OLOCENE) (Mediocre qualità geotecnica).

L'alternanza si ripete verso la superficie con depositi sabbiosi e poi argillo limosi fino alla coltre pedogenizzata.

L'assetto litostratigrafico del sottosuolo può essere ricondotto al modello schematizzato nella figura seguente.



- Strato 1: suolo vegetale e argille bruno marrone, debolmente limo-sabbiose, da mediamente competenti a plastiche;
- Strato 2: lente di sabbie quarzose da fini a grossolane, grigiastre, debolmente argillo-limose, poco addensate;
- Strato 3: sabbie da quarzose da fini a grossolane, localmente ghiaiose, debolmente argillo-limose, da sciolte a mediamente addensate;
- Strato 4: argille bruno nerastre, con frammenti di conchiglie, da mediamente plastiche a plastiche;
- Strato 5: sabbie ghiaie quarzose, grigiastre, debolmente argillo-limose, da mediamente addensate a dense.

Fig. – Profilo geotecnico

Nel profilo geotecnico i termini presenti nel sottosuolo sono stati accorpati, sulla base di considerazioni prevalentemente qualitative, in 5 strati principali, che dall'alto in basso sono:

➤ Strato 1: suolo vegetale e argille bruno marrone, debolmente limo-sabbiose, da mediamente competenti a plastiche. Questo strato, al quale è stato accorpato anche il livello superficiale di suolo vegetale (0,20 m di spessore) è stato intercettato fino ad una profondità di circa 5, 30 m da p.c. nel sondaggio S1. Lo spessore delle l'unità tende a decrescere da sondaggio S1 al sondaggio S3 dove la base della stessa è stata intercettata a - 4,90 m da p.c.. Esso mostra caratteristiche tecniche nel complesso scadenti.

- Strato 2: lente di sabbie quarzose da fini a grossolane, grigiastre, debolmente argillo-limose, poco addensate. Questo strato, assente nel sondaggio S3, è stato incontrato dalle verticali del sondaggio S1 da - 1,50 m da p. c. a - 2,25 m da p.c. (spessore 0,75 m) e nel sondaggio S2 da - 1,60 m da p.c. a - 2,00 m da p.c. (spessore 0,40 m). Esso è caratterizzato da caratteri tecnici da mediocri a scadenti.
- Strato 3: sabbie da quarzose da fini a grossolane, localmente ghiaiose, debolmente argillo-limose, da sciolte a mediamente addensate. Questo strato, che si intercetta nei sondaggi da circa - 5,30 m a - 6,60 m da p.c nel sondaggio S1, da - 4,95 m a - 8,00 m da p.c. nel sondaggio S2 e da - 4,90 m a - 6,30 nel sondaggio S3, mostra uno spessore variabile lungo le tre verticali di indagine, presentando gli spessori maggiori (circa 3,00 m) nel settore centrale del lotto, in corrispondenza del sondaggio S2. Esso presenta caratteri tecnici da mediocri a discreti.
- Strato 4: argille bruno nerastre, con frammenti di conchiglie, da mediamente plastiche a plastiche. Questo strato, costituito da materiali di ambiente palustre, compressibili, localmente plastici, con caratteristiche tecniche da scadenti a molto scadenti, in corrispondenza della verticale del sondaggio S2 mostra uno spessore di circa 0,35 m, mentre nei sondaggi posti alle estremità del sedime dell'edificio mostra spessori di 2,20 m (S1) e 2,70 m (S3).
- Strato 5: sabbie ghiaie quarzose, grigiastre, debolmente argillo-limose, da mediamente addensate a dense. Questo strato, che si incontra con continuità fino a fine sondaggio in tutte le verticali investigate, caratterizzato da all'alternarsi di livelli più francamente sabbiosi ed altri più francamente ghiaiosi, come meglio specificato nelle stratigrafie, mostra caratteri tecnici da mediocri a discreti.

Il sedime si presenta nel complesso sommariamente omogeneo realmente, mentre mostra alcune differenze negli spessori dei singoli strati identificati.

Durante i lavori di perforazione il livello idrico è stato intercettato in tutte le verticali indagate a - 2,00 m da p.c.. Il livello idrostatico, misurato successivamente, si è stabilizzato a - 1,35 m da p.c nel sondaggio S1, a - 1,65 m da p.c. nel sondaggio S2 e a - 1,00 m da p.c. nel sondaggio S3.

La ricostruzione del modello geologico-tecnico, ha permesso di affrontare i vari problemi geotecnici legati alla progettazione delle opere previste, di valutare la stabilità d'insieme dell'area interessata dall'opera, e di identificare le problematiche che la natura e le caratteristiche tecniche dei terreni possono creare nella scelta delle soluzioni progettuali.

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Gli strati identificate nel modello geotecnico di riferimento, attraverso l'analisi congiunta di dati misurati tramite prove in situ e di laboratorio, sono stati caratterizzati da un punto di vista meccanico.

I parametri sono stati calcolati sulla base di elaborazioni di tipo statistico.

La valutazione quantitativa dei parametri geomeccanici è stata eseguita dall'elaborazione dei dati acquisiti tramite l'esecuzione di n. 3 sondaggi, 12 SPT ed alcune prove di laboratorio.

In riferimento alle indagini eseguite ed alle prove (tipologia di strumento utilizzato) si devono considerare in maniera critica i valori di portanza ammissibile.

Nella tabella seguente sono riportati i risultati delle analisi e prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati nei sondaggi.

SONDAGGIO		1	S 3	3	S
PROFONDITA' PRELIEVO	da m a m	0,5 0 - 1,00	2,30 - 2,70	6,4 0 - 8,00	
DETERMINAZIONI	U . M.				

UMIDITA'	W	%		6	34,5	70,
						64
PESO A SECCO	γ_s	$\frac{g}{m^3}$ k		,13	1350	89
						1,33
PESO DI VOL. NAT.	γ_N	$\frac{g}{m^3}$ k		,75	1816	15
						21,00
PESO SP. GRANI	γ	$\frac{g}{m^3}$ k		,71	2555	24
						34,79
LIMITE LIQUIDO	LL	%	42			
LIMITE PLASTICO	LP	%	16			
INDICE PLASTICO	IP	%	26			
GRANULOMETRIA	argilla	%	60			
	limo	%	17			
	sabbia	%	28			
	ghiaia	%	5			
TAGLIO DIRETTO	ϕ'	°		9	23,0	23,
						15
	c'	Pa k		2	29,6	5,0
						9
EDOMETRICA	E 0,00 -25	Pa k			\	\
	E 25 - 50	Pa k			\	17
						11
	E 50 - 100	Pa k			3420	12
						43
	E 100- 200	Pa k			3639	12
						87
E 200 - 400	Pa k			4198	73	
					2	
E 400 - 800	Pa k			6332	19	
					55	
E 800 -1600	Pa k			5	1177	32
						69
E 1600 - 3200	Pa k					

Il campione 1 prelevato nel sondaggio S1 tra -0,70 m - 1,00 m da p.c., rappresentativo della parte superficiale dei terreni di sedime, ricade nel gruppo A – 7 – 6 , secondo la classificazione CNR-UNI 10006.

In particolare il campione 1 prelevato nel sondaggio S1 ed il campione 2 prelevato nel Sondaggio S3 si riferiscono allo strato 1 costituito da suolo vegetale e argille bruno marrone, debolmente limo-sabbiose, da mediamente competenti a plastiche, caratterizza il sedime tra -0,00 m - 4,90 -4,95 m da p.ca.

Il campione 3, prelevato nel sondaggio S3, è rappresentativo dello Strato 4, costituito da argille bruno nerastre, con frammenti di conchiglie, da mediamente plastiche a plastiche, mostra spessori compresi tra 0,35 (S2) m e 2,70 m (S3).

Come si nota entrambi i campioni sui quali sono state eseguite prove di laboratorio mostrano caratteri tecnici scadenti.

Per il materiale rappresentato dal campione 1 prelevato tra 2,30 – 2,70 nel sondaggio S3 si possono assumere i seguenti parametri caratteristici:

- $\phi' = 23,09$
- $c' = 29,62$ Kpa

Per il materiale rappresentato dal campione 2 prelevato tra 7,40 – 8,00 m i parametri caratteristici sono i seguenti:

- $\phi' = 23,15$
- $c' = 5,09$ Kpa

Questi terreni risentono particolarmente della presenza d'acqua, che ne peggiora i caratteri tecnici già scadenti.

I livelli sabbiosi e ghiaiosi sono invece stati caratterizzati con le prove SPT eseguite nei fori di sondaggio.

I risultati delle prove, riportati nella tabella che segue, sono stati elaborati per definire i parametri tecnici dei livelli granulari da utilizzare per il dimensionamento delle opere fondali.

Sondaggio	Profondità falda m	SPT Prof. Prova da p.c. m
S1	- 2,00	
		1,50
		5,40
		9,00
		12,50
S2	- 2,00	
		1,50
		5,00
		9,20
		12,50
S3	- 2,00	
		1,50
		5,40
		10,00
		12,50

I risultati delle prove SPT consentono di descrivere più compiutamente le formazioni attraversate dai sondaggi ed in particolare di completare la stratigrafia con indicazioni sullo stato di addensamento – consistenza del deposito.

Sulla base delle analisi eseguite e secondo quanto riportato in letteratura le correlazioni tra i valori di NSPT ed i parametri geotecnici sono sufficientemente attendibili per i materiali granulari, a granulometria sabbiosa e ghiaio fine, sono invece meno attendibili quando si trovano livelli di ghiaie grossolane, in quanto spesso il NSPT può essere direttamente influenzato dalla presenza di materiale grossolano e può portare a delle sovrastime dei parametri geotecnici del deposito analizzato.

Per quanto riguarda l'applicazione della SPT per misurare le proprietà meccaniche dei terreni coesivi, viene ritenuto in generale che i parametri ricavati non siano attendibili, e le correlazioni basate sulle prove SPT devono essere considerate solo indicative.

Nella Figura seguente sono riportate tali valutazioni in funzione del n° di colpi NSPT, sia per i terreni granulari che per quelli coesivi elaborate da Terzaghi e Peck (1948) e Skempton (1986), per le sabbie.

SABBIE(*)					ARGILLE	
Stato di addensamento	$N_{60} (σ'_{vm} = 0.75)$	N_{60}	N_{60}/D_{50}^2	$(N_{60})_{cor}/D_{50}^2$	Stato di consistenza	N
Molto sciolta (Very loose)	4	4.4	3	—	Molle (Very soft)	2
Sciolta (Loose)	10	11	8	65	Tenero (Soft)	4
Media (Medium)	30	33	25	59	Medio (Medium)	8
Addensata (Dense)	50	55	42	58	Compatto (Stiff)	15
Molto addensata (Very dense)	70	77	58	58	Molto compatto (Very stiff)	30
					Duro (Hard)	

(*) $C_{u1} = 1.1$; $ER_{60} = 0.75$

Tabella 2.9 Classifica orientativa della compattezza dei terreni in base alla prova SPT (Terzaghi e Peck, 1948; Skempton, 1986 per sabbie)

I valori di N_{SPT} ricavati dalle prove in situ sono stati elaborati secondo varie metodologie proposte da diversi autori, e nelle tabelle seguenti si riportano i risultati ottenuti.

S 1

	SPT1	SPT2	SPT3	SPT4	SPT5	SPT6	SPT7	SPT8	SPT9	SPT10
quota dal p.c. (m)	1,50	5,40	9,00	12,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
falda	No	Si	Si	Si	No	No	No	No	No	No
Nspt	4	12	22	17						

	ANGOLO DI RESISTENZA ALTAGLIO (°)									
R.B.S.	22,7	28,4	31,7	30,5						
J.M.R.	28,2	30,6	32,6	31,8						
De Mello	24,2	28,2	29,7	29,1						
Owasaki & Iwasaki	23,9	30,5	34,2	32,9						
Sowers	29,1	31,4	33,2	32,5						
Jeck Hanson & Thornburn	28,3	30,6	32,4	31,7						
Meyerhof	25,9	34,4	36,6	35,8						
Hatanaka & Uchida	27,8	33,6	36,9	35,7						
Wolff	28,3	30,6	32,5	31,8						
Schmertmann (DR)	35,0	37,3	35,0	35,0						

	DENSITA' RELATIVA (%)									
Gibbs & Holtz	47	62	66	55						
Meyerhof	43	64	73	63						
Schultze & Menzebach	47	65	72	63						
Bazaraa	31	42	48	43						
Skempton										
Marcuson & Bieganousky										
Cubrinowski & Ishihara										

	MODULO ELASTICO [Young] (MPa)									
D'Appolonia et al										
Tornaghi et al	14,0	24,2	30,1	28,0						
Jambu										
Schmertmann										
Schultz & Menzebach	/	13,6	17,0	15,7						
Webb										
Jamiolkowski et al [E25]										

	MODULO EDOMETRICO (MPa)									
Farrent	2,8	8,3	12,9	11,1						
Menzebach & Malcev										

S2

	SPT1	SPT2	SPT3	SPT4	SPT5	SPT6	SPT7	SPT8	SPT9	SPT10
quota dal p.c. (m)	1,50	5,00	9,20	12,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
falda	No	Si	Si	Si	No	No	No	No	No	No
Nspt	10	10	35	13						
ANGOLO DI RESISTENZA ALTAGLIO (°)										
R.B.S.	27,2	27,2	34,4	29,0						
J.N.R.	30,0	30,0	34,5	30,9						
De Mello	27,6	27,5	30,9	28,3						
Owasaki & Iwasaki	29,1	29,1	37,4	31,1						
Sowers	30,8	30,8	35,0	31,6						
Peck Hanson & Thornburn	30,0	30,0	34,2	30,8						
Meyerhof	28,8	33,7	38,5	34,8						
Hatanaka & Uchida	32,4	32,4	39,6	34,1						
Wolff	30,0	30,0	34,3	30,9						
Schmertmann (DR)	35,0	37,3	35,0	35,0						

	DENSITA' RELATIVA (%)									
Gibbs & Holtz	71	59	74	50						
Meyerhof	68	59	85	57						
Schultze & Menzebach	74	60	83	57						
Bazaraa	49	39	55	39						
Skempton										
Marcuson & Bieganousky										
Cubrinowski & Ishihara										

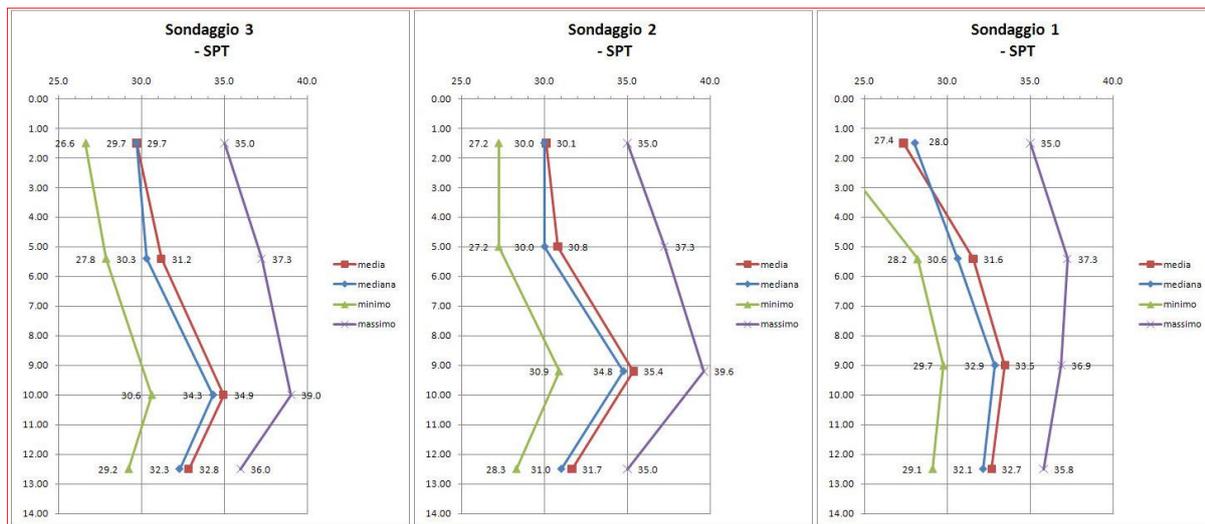
	MODULO ELASTICO [Young] (MPa)									
D'Appolonia <i>et al</i>										
Tornaghi <i>et al</i>	22,1	22,1	35,0	25,2						
Jambu										
Schmertmann										
Schultz & Menzebach	/	12,6	20,4	14,2						
Webb										
Jamiolkowski <i>et al</i> [E25]										

	MODULO EDOMETRICO (MPa)									
Farrent	7,0	7,0	17,4	9,0						
Menzebach & Malcev										

S3

	SPT1	SPT2	SPT3	SPT4	SPT5	SPT6	SPT7	SPT8	SPT9	SPT10
quota dal p.c. (m)	1,50	5,40	10,00	12,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
falda	No	Si	Si	Si	No	No	No	No	No	No
Nspt	9	11	32	18						
ANGOLO DI RESISTENZA ALTAGLIO (°)										
2	B.S.	26,6	27,8	33,8	30,7					
3	J.N.R.	29,7	30,3	34,1	32,0					
4	De Mello	27,2	27,9	30,6	29,2					
5	Owasaki & Iwasaki	28,4	29,8	36,7	33,2					
6	Sowers	30,5	31,1	34,6	32,6					
7	Peck Hanson & Thornburn	29,7	30,3	33,8	31,8					
8	Meyerhof	28,3	34,0	38,1	36,0					
9	Hatanaka & Uchida	31,8	33,0	39,0	35,9					
0	Wolff	29,8	30,3	33,9	31,9					
1	Schmertmann (DR)	35,0	37,3	35,0	35,0					
DENSITA' RELATIVA (%)										
	Gibbs & Holtz	68	60	70	56					
	Meyerhof	64	62	80	64					
	Schultze & Menzebach	70	62	80	64					
	Bazaraa	47	40	53	44					
	Skempton									
	Marcuson & Bieganosky									
	Cubrinowski & Ishihara									
MODULO ELASTICO [Young] (MPa)										
	D'Appolonia <i>et al</i>									
	Tornaghi <i>et al</i>	21,0	23,2	33,9	28,4					
	Jambu									
	Schmertmann									
	Schultz & Menzebach	/	13,1	19,6	16,0					
	Webb									
	Jamiolkowski <i>et al</i> [E25]									
MODULO EDOMETRICO (MPa)										
	Farrent	6,3	7,7	16,4	11,5					
	Menzebach & Malcev									

Nella figura sottostante sono riportati i grafici dell'andamento dell'angolo d'attrito ricavato con le elaborazioni eseguite.



Per quanto riguarda l'angolo di attrito relativo ai livelli investigati tramite prove SPT in foro, sulla base delle analisi statistiche dei dati rilevati, cautelativamente, è stato considerato come parametro caratteristico il valore minimo ricavato.

Nella seguente scheda sono riportati i caratteri dei terreni incontrati sulla verticale del sondaggio S1.

S1	profondità	spessore	descrizione	SPT	P. Penetrometer Kg/cm ²	Densità relativa	Φ	c Kpa	Modulo edometrico MPa
	0,00 - 0,20	0,2	Suolo vegetale bruno con frustoli vegetali						
	0,20 - 0,60	0,60	Argilla limosa bruno-marrone, localmente sabbiosa, con resti di radici			Sciolta 15-35%	23		
	0,60 - 1,50	0,70	Argilla limosa bruno-marrone localmente debolmente sabbiosa, poco competente			Sciolta 15-35%	23		
	1,50 - 2,25	0,75	Sabbia ghiaiosa quarzosa, in matrice argillo-limosa bruna marrone sciolta	2 - 2 - 2 (-1,50 m)		Sciolta 15-35%	23		2,8
	2,25 - 2,50	0,25	Argilla limosa bruno marrone, da mediamente competente a plastica con lente ciottoloso-sabbiosa a - 2,45		2,66		23,09	c' = 29,62	
	2,50 - 4,00	1,50	Argilla bruno marrone, mediamente competente		2,2		23,09	c' = 29,62	
	4,00 - 5,00	1,00	Argilla grigio nerastra mediamente competente		2,02		23,09	c' = 29,62	
	5,00 - 5,30	0,30	Argilla grigio nerastra, plastica						
	5,30 - 6,30	1,00	Sabbia da fine a grossolana, grigio nerastra poco addensata	5 - 6 - 6 (-5,40 m)	0,48	Sciolta 15-35%	28		8,3
	6,30 - 6,60	0,30	Sabbia fine argillo limosa grigio-nerastra, con lenti centimetri che torbose						
	6,60 - 7,70	1,10	Argilla nerastra debolmente limo-sabbiosa, con resti di conchiglie (<i>Cardium edulis</i>), plastica		0,48		Φ' = 23,15	c' = 5,09	
	7,70 - 8,00	0,30	Idem, con ciottoli di quarzo diam max 2 cm		0,42		Φ' = 23,15	c' = 5,09	
	8,00 - 8,80	0,80	Argilla nerastra debolmente limo-sabbiosa con frammenti di conchiglie, plastica		0,42		Φ' = 23,15	c' = 5,09	
	8,80 - 8,90	0,10	Idem con ciottoli diam 2 - 4 cm		0,42		Φ' = 23,15	c' = 5,09	
	8,90 - 11,60	2,70	Sabbia quarzosa, da fine a grossolana e ghiaia debolmente argillo limosa, diam max clasti 8-7 cm. Mediamente addensata	6 - 11 - 11 (-9,00 m)		Med. Densa 35 - 65%	30		12,9
	11,60 - 12,00	0,40	Livello più francamente ghiaioso Mediamente addensato						
	12,00 - 19,40	7,40	Sabbia grigiastra quarzosa, da fine a grossolana, e ghiaia, debolmente argillo limosa, mediamente addensate	6 - 8 - 9 (-12,50 m)		Med. Densa 35 - 65%	29		11,1

Nella seguente scheda sono riportati i caratteri dei terreni incontrati sulla verticale del sondaggio S2.

S2 profondità	spessore	descrizione	spessore	SPT	P.Penetrometer Kg/cmq	Densità relativa	φ	c	Modulo edometrico MPa
0,00 – 0,20	0,2	Suolo vegetale bruno con frustoli vegetali							
0,20 – 0,80	0,60	Argilla limosa bruno-marrone, localmente sabbiosa, con resti di radici				Sciolta 15-35%	27		
0,80 – 1,50	0,70	Argilla limosa bruno-marrone localmente debolmente sabbiosa, poco competente				Sciolta 15-35%	27		
1,50 2,00	0,50	Sabbia-ghiaiosa quarzosa, in matrice argillo-limosa bruna marrone, poco addensata		2 – 4 – 6 (- 1,50m)	2,02 2,16	Sciolta 15-35%	27		7,0
2,00 2,50	0,25	Argilla limosa bruno marrone, plastica con lente ciottoloso-sabbiosa a – 2,45			1,64		φ' = 23,09	c' = 29,62 Kpa	
2,50 4,00	1,50	Argilla bruno marrone, mediamente competente			1,41		φ' = 23,09	c' = 29,62 Kpa	
4,00 4,95	0,95	Argilla grigio nerastra mediamente competente			1,19		φ' = 23,09	c' = 29,62 Kpa	
4,95 8,00	3,05	Sabbia quarzosa grigio-nerastra fine, localmente grossolana, debolmente argillo-limosa, poco addensata		4 – 5 – 5 (- 5,00 m.)		Sciolta 15-35%	27 φ' = 23,15	c' = 5,09 Kpa	7,0
8,00 8,35	0,35	Argilla nerastra, debolmente limosa, plastica con frammenti di conchiglie			0,54		φ' = 23,15	c' = 5,09 Kpa	
8,35 10,00	1,65	Ghiaia e sabbia grigiastra, debolmente argillo-limosa. Diam max 7 cm da mediamente addensata a densa		14 – 21 – 14 (- 9,20 m)		Densa 65-85%	31		17,4
10,00 15,00	5,00	Sabbia quarzosa, grigia, da fine a grossolana, con ghiaia, diam. Max 3 cm, debolmente argillo-limosa, mediamente addensata		8 – 7 – 6 (- 12,50 m)		Med. Densa 35 – 65%	28		9,00

Nella seguente scheda sono riportati i caratteri dei terreni incontrati sulla verticale del sondaggio S3, fino alla profondità investigata con le prove SPT.

S3 profondità	spessore	descrizione	spessore	SPT	P.Penetrometer Kg/cmq	Densità relativa	φ	c	Modulo edometrico MPa
0,00 – 0,20	0,20	Suolo vegetale bruno con frustoli vegetali							
0,20 – 0,90	0,70	Argilla limosa bruno-marrone, localmente sabbiosa				Sciolta 15-35%	27		
0,90 – 1,50	0,60	Argilla limosa bruno-marrone localmente debolmente sabbiosa, mediamente competente				Sciolta 15-35%	27		
1,50-2,00	0,50	Argilla limosa bruno-marrone, poco competente		3 – 4 – 5 (- 1,50 m)		Sciolta 15-35%	27		6,3
2,00 - 4,90	2,90	Argilla limosa bruno-grigiastra, con scarso scheletro sabbioso – Prelievo di campione indisturbato tra 2,30 – 2,70			2,02 kg/cmq 2,16 kg/cmq		φ' = 23,09	c' = 29,62 Kpa	
4,90 - 6,00	1,10	Sabbia quarzosa fine, grigia, debolmente argillo-limosa, poco addensata		6 – 5 – 6 (- 5,40 m)		Med. Densa 35 – 65%	27		7,7
6,00 - 6,30	0,30	Argilla limosa debolmente sabbiosa, nerastra poco competente					φ' = 23,15	c' = 5,09 Kpa	
6,30 - 8,70	2,40	Argilla grigio nerastra, debolmente limosa, con frammenti di conchiglie e scarso scheletro sabbioso, da poco competente a plastica Prelievo campione indisturbato 7,40 – 8,00 m			0,38 kg/cmq		φ' = 23,15	c' = 5,09 Kpa	
8,70 - 9,60	0,90	Sabbia quarzosa e ghiaia, grigia, debolmente argillo-limosa, poco addensata. Diam max classi cm 3,00				Med. Densa 35 – 65%	27		
9,60 - 25,00	15,40	Sabbia quarzosa grigiastra, da fine a grossolana, con ghiaia, debolmente argillo-limosa, da poco addensata a densa		7 – 9 – 23 (- 10,00 m) 7 – 9 – 9 (- 12,50 m)		Densa 65 - 85% Densa 35 - 65%	31 28		16,4 11,5

IDROGEOLOGIA

Le indagini eseguite hanno permesso di delineare l'assetto idrogeologico dell'area d'interesse.

La circolazione idrica superficiale dominata dalla presenza del fiume e dai numerosi canali di scolo a servizio della rete di irrigazione del Consorzio di Bonifica dell'Oristanese (CBO).

Il sistema dei canali di scolo consortili trasferisce le acque superficiali, tramite il Canale di San Giovanni, allo stagno di Santa Giusta, che è collegato con il mare tramite il Canale di Pesaria.

La circolazione idrica sotterranea si svolge nei livelli granulari delle alluvioni recenti del Tirso.

I suoli superficiali, composti prevalentemente da frazioni argillose e limose, sono caratterizzati da ridotta circolazione idrica.

Nel sottosuolo investigato con i sondaggi geognostici fino alla profondità di -25 m da p.c. è stata incontrata l'unità idrogeologica delle alluvioni recenti.

Questa unità, costituita da livelli argillo-limosi e livelli sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi, presenta nel complesso una permeabilità media che, in funzione della percentuale dei materiali fini presenti, può decrescere o aumentare consistentemente.

In questa unità idrogeologica si trovano acquiferi freatici e semiconfinati principali.

Essi sono alimentati principalmente dal corso di subalveo del Tirso e dal drenaggio dei numerosi canali di bonifica e dalla stessa infiltrazione efficace alimentata dalle acque meteoriche. Anche l'idrografia sepolta contribuisce ad alimentare queste falde acquifere.

Tutte e tre le perforazioni eseguite hanno incontrato una falda semiconfinata alla profondità di - 2,00 m da p.c.. Il livello idrostatico si è stabilizzato a - 1,35 m da p.c nel sondaggio S1, a - 1,65 m da p.c. nel sondaggio S2 e a - 1,00 m da p.c. nel sondaggio S3.

VALUTAZIONE DEI TERRENI INTERESSATI DA SCAVI

1.14 Materiali interessati da scavi

Sulla base delle considerazioni emerse attraverso la caratterizzazione geotecnica dei terreni di sedime, è stato previsto uno scavo, per la realizzazione del piano di fondazione degli edifici.

Lo scavo previsto interesserà oltre allo scotico del suolo vegetale (0,20 m) uno strato di materiale argilloso debolmente limoso e sabbioso.

Questo materiale, sulla base delle analisi di laboratorio eseguite, ricade nel gruppo A - 7 - 6, secondo la classificazione CNR-UNI 10006.

Dal punto di vista dello scavo questi materiali sono considerati terreni di qualsiasi natura.

Il materiale di risulta degli scavi potrà essere in parte riutilizzato in loco.

Il materiale proveniente dallo scotico e la parte più superficiale del livello di argille debolmente limoso- sabbiose, fino alla profondità interessata da apparati radicali, dello spessore di circa 0,30-0,40 m, verrà accantonato in cantiere e potrà essere utilizzato per la sistemazione finale delle superfici.

Questo materiale può essere utilizzato anche per il rimodellamento e ripristino ambientale delle aree interessate dai lavori o in aree prossime.

Lo stesso materiale non può essere miscelato con i materiali necessari per la realizzazione di dreni.

Il materiale eccedente e non riutilizzabile dovrà essere conferito in discarica.

1.15 Studi, caratterizzazioni, certificazioni, inerenti riutilizzo terre e rocce da scavo

Le analisi e valutazioni ai sensi del TU Ambiente (L. 156/2006) e successive modificazioni, e delle perimetrazioni del sito di interesse nazionale SULCIS-IGLESIENTE-GUSPINESE di cui al D.M. 12 marzo 2003 ed in particolare rispetto alle aree perimetrate ai sensi degli Artt. 7-8-9 del D.M. 471/99, indicano che i materiali di scavo non provengono da aree caratterizzate da una perimetrazione predisposta dalle norme suddette o interne a bacini idrografici posti a valle di aree

minerarie significative o di zone industriali ad elevato inquinamento e conseguentemente, trattandosi di terreni in posto, si dichiara che sono esenti dalla potenziale presenza di sostanze inquinanti sulla base delle tabelle della normativa vigente.

Solo il tratto del lotto attualmente adibito a strada sterrata, potrebbe risultare potenzialmente inquinato, anche se il traffico veicolare è, in quel tratto assai, scarso.

Per questo tratto si consiglia, in fase esecutiva di effettuare le analisi di verifica prima del riutilizzo del materiale in loco.

1.16 Opere provvisoriai

In merito alla necessità di opere provvisoriai per la realizzazione degli scavi previsti:

- in terra sciolta con pendenza 2/3 fino alla quota di imposta delle fondazioni;
- in terra sciolta con pendenza 2/3 fino alla quota di imposta delle condotte fognature e acque bianche;

si ritiene che non siano necessarie opere provvisoriai per la realizzazione degli stessi, vista la limitata profondità da raggiungere (max 1,50 m), in quanto con la pendenza prescritta si scongiura ogni problema di instabilità delle pareti di scavo.

CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA

L'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 23.03.2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica l'intero" una nuova classificazione sismica del territorio nazionale.

La nuova classificazione sismica del territorio nazionale è articolata in 4 zone a diverso grado di sismicità espresso dal parametro a_g = accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A.

I valori convenzionali di a_g sono espressi come frazione dell'accelerazione di gravità g , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale e sono riferiti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Per ogni classe sismica si assumono i valori riportati nella tabella sottostante.

ZONA	VALORE di a_g
1	0.35g
2	0.25g
3	0.15g
4	0.05g

TABELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA P.C.M. n. 3274 del 23.03.2003

L'intero territorio della Sardegna, che precedentemente, non era classificato sismico, con la nuova classificazione sismica introdotta dall'O.P.C.M. n. 3274/2003, ricade in zona sismica 4.

La Regione Sardegna con Delibera G. R. n.15/31 del 30/03/2004 ha recepito, in via transitoria, fino a nuova determinazione, conseguente l'aggiornamento della mappa di rischio sismico nazionale, la classificazione sismica dei Comuni della Sardegna, così come riportato nell'allegato A dell'O.P.C.M. n. 3274/2003.

Il Territorio del Comune di Oristano e conseguentemente il sito in esame ricadono in zona sismica 4.

1.17 Definizione della categoria del suolo di fondazione

Sulla base delle indagini geofisiche eseguite, consistite in un profilo sismico con metodologia MASW, la categoria di suolo di fondazione, definita secondo le specifiche del 3.2.2 del D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni", dal D.M. 14 gennaio 2008, ricade nella categoria C.

A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di Vs,30 superiori a 800 m/s , eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina) .
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT,30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu,30 < 250 kPa nei terreni a grana fina) .
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT,30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu,30 < 70 kPa nei terreni a grana fina) .
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).
Tabella 3.2.III Categorie aggiuntive	
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs,30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < cu,30 < 20 kPa) , che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Le caratteristiche orografiche dell'area, pianeggiante, riconducono il sito in esame alla categoria topografica T1.

1.18 VULNERABILITA' IDROGEOLOGICA E ADEGUAMENTO DEL PUC AL PAI

1.19 Inquadramento territoriale e normativo

Nella redazione del Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico della Regione Sardegna il bacino unico regionale è stato suddiviso in sette sub-bacini.

Si è provveduto all'individuazione degli elementi a rischio presenti sul territorio ed alla perimetrazione delle aree a pericolosità e rischio idrogeologico, nonché della definizione dei criteri di salvaguardia, insieme ad una prima programmazione delle misure di mitigazione del rischio rilevato.

La redazione del PAI, per ragioni legate alla scala di analisi a livello regionale, alla disponibilità dei dati di base su scale ridotte, nonché ai tempi previsti per l'elaborazione, non ha consentito la mappatura di tutte le aree pericolose e i dissesti potenziali o in atto presenti sul territorio

Tali aree sono state quindi individuate e perimetrate con il dettaglio proprio delle mappature di pianificazione.

Il PAI avente valore di Piano di settore, prevale sui piani e programmi di settore di livello Regionale in quanto finalizzato alla salvaguardia di persone, beni, ed attività dai pericoli e dai rischi idrogeologici (N.T.A. PAI, Art. 4, comma 4).

Le previsioni del PAI prevalgono su quelle degli altri strumenti regionali di settore con effetti sugli usi del territorio e delle risorse naturali, sulla pianificazione urbanistica provinciale, comunale, delle Comunità montane, anche di livello attuativo, nonché su qualsiasi pianificazione e programmazione territoriale insistente sulle aree di pericolosità idrogeologica (N.T.A. PAI, Art. 6, comma 2). Sono fatte salve le norme di legge o di strumenti di programmazione e di pianificazione territoriale o di settore che direttamente o indirettamente stabiliscano per aree con pericolosità idrogeologica anche potenziale prescrizioni più restrittive di quelle stabilite dal PAI (N.T.A. PAI, Art. 4, comma 14). Nel caso di sovrapposizione delle discipline del PAI e del Piano Paesaggistico Regionale per le aree a pericolosità idrogeologica si applicano quelle più restrittive (N.T.A. P.P.R., Art 44).

In ottemperanza alle Norme di Attuazione del PAI si è provveduto a riportare alla scala grafica della strumentazione urbanistica vigente i perimetri delle aree a rischio R4, R3, R2 e delle aree pericolose H4, H3, H2 e ad adeguare contestualmente le norme dello strumento urbanistico (N.T.A. PAI, Art. 4, comma 5). Le N.T.A. PAI prevedono inoltre che nell'adeguamento della Pianificazione comunale vengano delimitate le aree di significativa pericolosità idraulica non perimetrate in precedenza dal PAI (N.T.A. PAI, Art. 26).

Ove si è ritenuto che le perimetrazioni del PAI non fossero sufficientemente adeguate a descrivere i problemi di pericolosità del territorio comunale, sono state effettuati studi di maggior dettaglio redigendo analisi idrauliche e/o geologiche a livello locale.

1.20 Finalità della disciplina dell'assetto idrogeologico

La disciplina dell'assetto idrogeologico si prefigge il raggiungimento di due obiettivi:

- la messa in sicurezza delle aree già antropizzate attraverso azioni strutturali e non strutturali;
- la prevenzione del rischio attraverso norme d'uso del territorio.

Mentre la riduzione del pericolo o la mitigazione del rischio sono competenza di sponte regionale attraverso un piano programmatico di interventi.

La prevenzione è competenza sia del governo regionale attraverso regole e linee di indirizzo per l'uso del territorio sia del governo locale come attuazione delle regole generali del Piano ma, soprattutto, nella fase decisionale della pianificazione locale.

In tale ottica l'attività di indagine locale è stata operata, sia al fine di pervenire al necessario approfondimento delle problematiche sia, soprattutto, per sfruttare l'opportunità di pervenire a una conoscenza partecipata delle caratteristiche del territorio che consenta una assunzione condivisa delle decisioni.

La definizione delle aree di pericolosità ovvero di quelle aree soggette a fenomeni di dissesto quali aree esondabili o aree soggette a fenomeni franosi, è stata necessaria per fondare la pianificazione sulla base della sua zonizzazione e per la definizione della realizzazione delle necessarie opere, attività e interventi.

L'individuazione delle aree di pericolosità e degli elementi a rischio presenti sul territorio, porterà a riconoscere le aree a rischio ovvero le aree dove il realizzarsi di un fenomeno di dissesto può comportare danni, quantificabili con perdita di vite umane o di risorse del territorio.

La successiva quantificazione del danno atteso consentirà la programmazione degli interventi da realizzare per la mitigazione del rischio.

1.21 Indagine storica sui fenomeni di dissesto

Nell'ambito della procedura di adeguamento del PUC al PAI è stata attivata un'analisi conoscitiva dei fenomeni di dissesto e delle condizioni di pericolosità e rischio sul territorio comunale.

L'indagine svolta è consistita nell'esame della bibliografia presente che ha consentito l'identificazione delle aree storicamente soggette a dissesto idrogeologico.

Sono state consultate numerose fonti, analizzate e sintetizzate, che vengono elencate di seguito, utilizzate per le valutazioni sulla instabilità.

In particolare, sono state consultate :

□ **Progetto Aree vulnerate Italiane (AVI) - Gruppo Nazionale Difesa Catastrofi Idrogeologiche del CNR (GNDCICNR)**, si tratta di una raccolta di dati storici di piene e frane messe a disposizione per la consultazione al sito internet www.gndci.cnr.it;

□ **Progetto SCAI - Studio sui Centri Abitati Instabili – Gruppo Nazionale Difesa Catastrofi Idrogeologiche del CNR G.N.D.C.I.**

□ **Progetto Naz. M.P.I. – C.N.R. “Dinamica, dissesti e tutela delle spiagge”**

□ **Servizio Geologico Nazionale (SGN) in collaborazione con le Regioni e le Province Autonome, Progetto IFFI, Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia, messo a disposizione nel sito dell'APAT;**

□ **Le frane della Sardegna – Sebastiano Crinò – da “L'ingegnere” – Roma, 1930;**

□ **Censimenti e catalogazioni o raccolta di notizie effettuati presso Province, Comunità Montane, Comuni limitrofi;**

□ **Progetto VAPI – Valutazione delle Piene in Sardegna – Pubblicazione CNR 1418;**

□ **Memorie e testimonianze storiche di particolari eventi di piena e di frana storica.**

Le informazioni raccolte e successivamente mappate sono state verificate a campione per la verifica dello stato attuale dei luoghi che sono stati interessati da fenomeni di dissesto, l'eventuale persistere di situazioni di pericolo e la valutazione dello stato e dell'efficacia delle opere di messa in sicurezza adottate.

Il materiale informativo raccolto ha costituito la base di partenza per la conoscenza della vulnerabilità del territorio e della sua sensibilità nei confronti dei fenomeni di dissesto idrogeologico ed ha rappresentato un ulteriore supporto alla definizione delle aree di pericolosità.

1.22 TEMATISMI TERRITORIALI DI RIFERIMENTO PER LE ANALISI E CARTOGRAFIA FINALE DI ADEGUAMENTO

La procedura utilizzata per la definizione della instabilità potenziale dei versanti ha utilizzato una serie di tematismi derivanti dalle cartografie di analisi di base, fattorizzate attraverso valutazioni di varia natura, seguendo una metodologia pubblicata sul Notiziario dell'Ordine dei Geologi, Geologia Tecnica, e variato in funzione della disponibilità dei temi richiesti e dell'approfondimento necessario.

I tematismi utilizzati sono:

1. Acclività;
2. Geo-litologia;
3. Uso del suolo;

Con l'ausilio di tali informazioni rese efficaci attraverso una fattorizzazione è stata prodotta una Carta della Instabilità Potenziale dei Versanti, che è stata confrontata con le informazioni reperite negli inventari, studi e ricerche sulla franosità e i dissesti consultati.

1.23 VALUTAZIONE DELLA PROPENSIONE AL DISSESTO IDROGEOLOGICO DI FRANA

L'elaborazione della carta della instabilità potenziale da frana è **costruita sulla base delle Linee Guida Pai**, considerando altresì le procedure proposte, dalla **"Guida alla realizzazione di una carta dello stabilità dei versanti"** pubblicata dalla Regione Emilia Romagna [RER, 1977], e da quanto indicato dal Servizio Geologico d'Italia nelle **"Linee guida per lo realizzazione della cartografia dello pericolosità geologica connesso ai fenomeni d'instabilità dei versanti"** [CARG, 1992]. La metodica utilizzata in nel lavoro prescelto è **altresì verificata per confronto** attraverso altre numerose ricerche [ARDAU et 01., 2002, 2003; BARBIERI & GHIGLIERI, 2003; GHIGLIERI et 01., 2004] per **essere resa maggiormente coerente con le peculiarità ambientali e territoriali della Sardegna.**

La metodica considera i principali fattori, ad influenza diretta e indiretta, che influenzano l'instabilità dei versanti. I fattori sono stati classificati in due categorie: invarianti, ovvero fissi nel tempo (litologia, morfologia e pedologia) e varianti, ovvero a rapido mutamento e modificabili dall'uomo (uso reale del suolo).

Questi sono resi omogenei e classificati attraverso l'attribuzione di "pesi" numerici, in relazione alla maggiore o minore propensione a favorire o ad ostacolare il dissesto. Nel primo caso il peso assegnato corrisponde ad un valore più basso; nel secondo caso si attribuisce un valore più alto. **Le Linee Guida Pai sono insufficienti nella fattorizzazione della estesa serie di unità geolitologiche e dell'uso del suolo o della vegetazione.**

L'attribuzione dei pesi, per le litologie ed usi non considerati dalle Linee Guida PAI, è stata una delle operazioni più delicate per la applicazione della metodica. Infatti, il modello di valutazione è corretto se i parametri considerati vengono sperimentalmente misurati e se vengono

riconosciute le loro possibili interazioni.

Pur se valutata opportuna una maggiore discriminazione nelle classi di acclività, in quando maggior generatore di instabilità a pari caratteristiche geologiche e di uso del suolo, sono state utilizzate le sole classi di acclività suggerite dalle linee guida PAI.

I pesi attribuiti ad ogni fattore sono quindi sommati algebricamente per successivi incroci o sovrapposizioni (overlay) dei diversi strati informativi (pendenza, esposizione, etc.) al fine di ottenere gli elaborati finali restituiti attraverso la "Carta della Instabilità Potenziale dei Versanti" e la successiva "Carta della Pericolosità di Frana".

1.24 ATTRIBUZIONE DEI PESI

La fase più delicate, nell'elaborazione delle carte di sintesi, costituita dall'attribuzione dei pesi ai fattori considerati in funzione dell'influenza che i fattori stessi si pensa esercitino sull'accadimento dei fenomeni di dissesto, è stata assolta con il riutilizzo delle tabelle pubblicate in tale studio, integrate in funzione delle litologie, dell'uso del suolo e dei suoli non tabellati in tale lavoro perché non presenti nell'area dello studio.

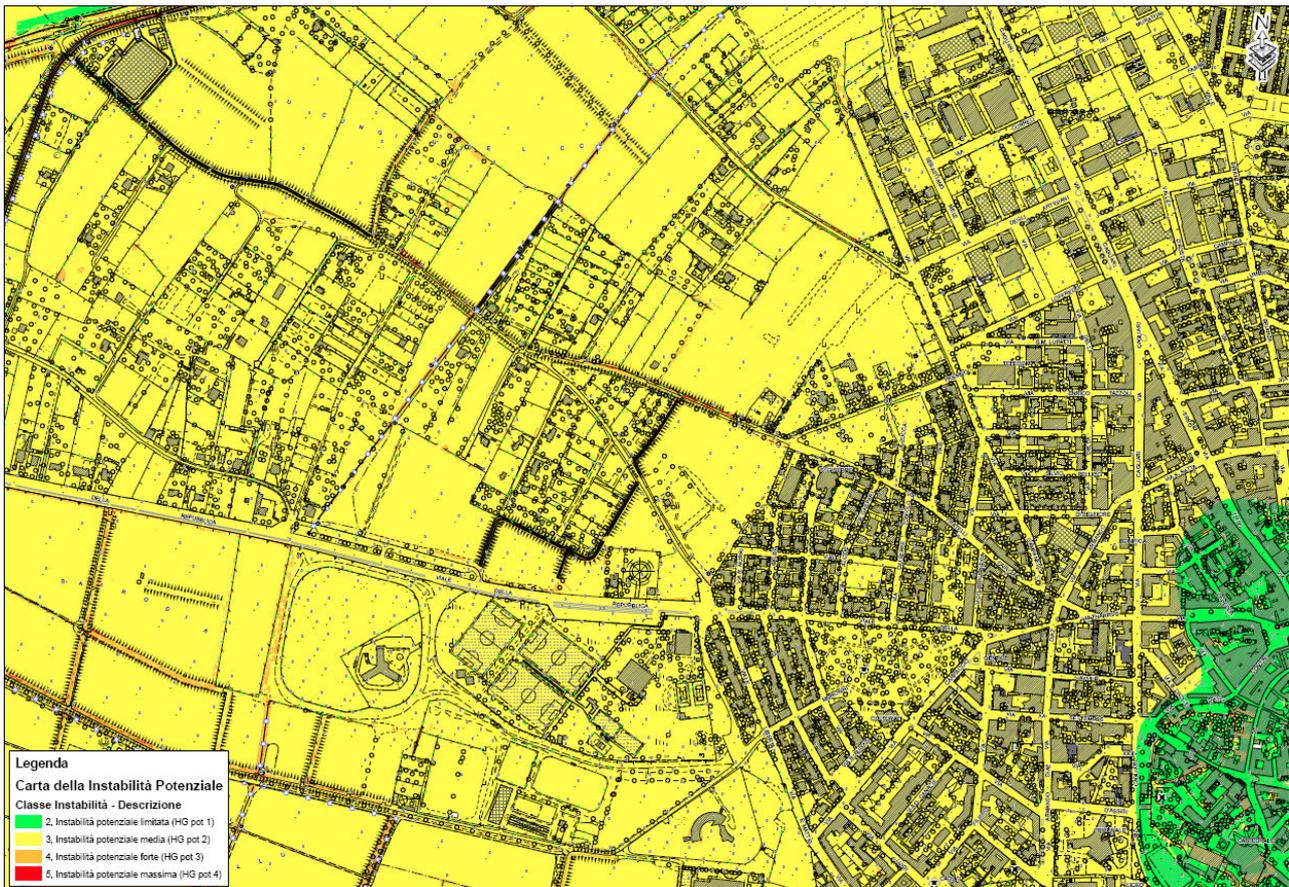
L'analisi delle cause predisponenti i dissesti ha preso in considerazione tutti i molteplici fattori dell'instabilità quantificandoli in classi in funzione della loro importanza relativa attraverso l'attribuzione di "pesi" numerici, proporzionati al grado di pericolosità relativa, e visualizzandoli in una serie di elaborati di base.

I pesi dell'acclività sono stati conservati identicamente alle Linee Guida.

TIPO	SIGLA	UNITA	PESO_GEO_R
AA0_003	ha	Depositi antropici. Manufatti antropici. OLOCENE	1
AA2_003	bb	Depositi alluvionali. Sabbie con subordinati limi e argille. OLOCENE	4
AA3_001	e5	Depositi palustri. Limi ed argille limose talvolta ciottolose, fanghi torbosi con frammenti di molluschi. OLOCENE	4
AA4_001	d	Depositi eolici. Sabbie di duna ben classate. OLOCENE	2
AA5_001	g2	Depositi di spiaggia. Sabbie e ghiaie, talvolta con molluschi, etc. OLOCENE	3
AA5_002	g	Depositi di spiaggia antichi. Sabbie, arenarie, calciruditi, ghiaie. ?PLEISTOCENE SUP. - ?OLOCENE	3

Tabella Attribuzioni pesi Litologia

LE AREE FRANOSE O POTENZIALMENTE FRANOSE



Mappa – L'instabilità potenziale dei versanti ottenuta per interazione con la metodologia PAI convertendo i valori di instabilità potenziale in pericolosità potenziale nella scala PAI.

La carta della pericolosità connessa ai fenomeni franosi costituisce una valutazione della pericolosità da frana finalizzata alla zonazione del territorio in aree suscettibili di innesco.

Per i fenomeni franosi in genere, quindi, i modelli predittivi si limitano a definire dove un determinato fenomeno è possibile che accada e con quale probabilità, senza determinare in modo esplicito i tempi di ritorno e le intensità.

Le aree individuate nella carta prodotta sono state definite di massima attraverso le metodologie illustrate e verificate con sopralluoghi.



Mappa - La carta della pericolosità reale del territorio di progetto

Il territorio di progetto, per motivi morfologici, è povero di condizioni che facilitino l'avviarsi di fenomeni di instabilità.

LA PERICOLOSITÀ DELLE AREE DI PROGETTO

Il territorio, è mappato dal progetto AVI, dal PAI e dall'IFFI, e non è interessato in nessun modo da problematiche morfologiche.

La situazione geologica incontrata, sia localmente che all'intorno del punto esaminato, la successione stratigrafica ed i parametri geomeccanici dei terreni costituenti il sedime, ricostruiti sulla base di indagini geognostiche eseguite in passato nelle vicinanze, non evidenziano controindicazioni particolari per l'ampliamento e ristrutturazione del fabbricato.

Le opere in progetto non sono di aggravio od anche di solo pregiudizio ad alcuna situazione di instabilità del suolo.

Le stesse non sono di pregiudizio alcuno ad interventi attuati dallo Stato o da altri Enti Pubblici per contenere fenomeni di instabilità del suolo.

Non sono presenti fenomeni storici o comunque anche recentemente censiti, significativi.

In particolare, non si riconoscono eventi o frane potenziali nel settore di progetto.

In ogni caso la trasformabilità del progetto non può non prevedere altro se non il rispetto delle limitazioni derivanti dai livelli di pericolosità Hg.

Il progetto è quindi compatibile con la pericolosità di frana riscontrata.

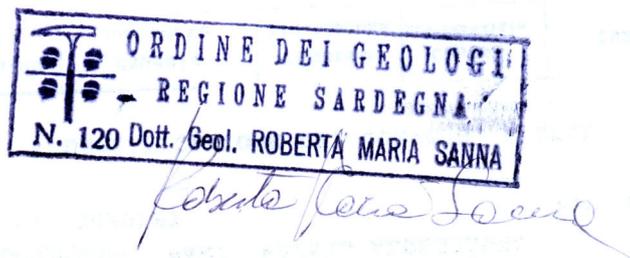
Geologo Fausto Alessandro Pani



Stampa professionale del Geologo Fausto Alessandro Pani, Ordine dei Geologi Regione Sardegna, N. 88. La stampetta è rettangolare con un logo a sinistra e il testo "ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE SARDEGNA N. 88 Dott. Geol. FAUSTO ALESSANDRO PANI" a destra. Una firma in blu inchiostro sovrappone la stampetta.

Collaboratore:

Geologo Roberta Maria Sanna



Stampa professionale del Geologo Roberta Maria Sanna, Ordine dei Geologi Regione Sardegna, N. 120. La stampetta è rettangolare con un logo a sinistra e il testo "ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE SARDEGNA N. 120 Dott. Geol. ROBERTA MARIA SANNA" a destra. Una firma in blu inchiostro sovrappone la stampetta.

Ingegnere – aspetti geotecnici - Gianni Porcu