

## PIANO DEL PARCO

(art. 14 l.r. 5/99)

RUP: Dott.ssa Biologa Luisanna Massa

DIREZIONE: Dottore Agronomo Claudio M. Papoff

### COORDINAMENTO :

Prof. Arch. Franco Karrer - esperto di pianificazione urbanistica e di materie ambientali

Ing. Franco Piga - esperto di pianificazione urbanistica e infrastrutture

### CONSULENTE :

Dott. Fausto Pani - geologo

oggetto:

RELAZIONE GEOLOGICA

RELAZ. GEN.

ALLEGATO D

- Ottobre 2022 -



# **PIANO DEL PARCO NATURALE REGIONALE DEL MOLENTARGIUS SALINE**

*(ART. 14, L.R. SARDEGNA N. 5/1999)*

## **RELAZIONE GEOLOGICA**

## Indice

1	METODOLOGIA .....	4
2	DESCRIZIONE DELLE AREE DI STUDIO .....	8
2.1	IL SISTEMA FISICO .....	8
2.1.1	Contenuti .....	8
3	MOLENTARGIUS E IL SUO BACINO AMBIENTALE .....	9
4	ASPETTI GEOLOGICO-STRUTTURALI .....	10
4.1	LA DOCUMENTAZIONE GEOLOGICA DISPONIBILE .....	10
4.2	CARATTERI GEOLOGICI GENERALI .....	12
4.3	LA TETTONICA .....	14
5	LA SISMICA .....	16
5.1	LA VULNERABILITÀ SISMICA .....	17
5.2	PERICOLOSITÀ SISMICA .....	17
5.3	BIBLIOGRAFIA .....	19
6	LE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E STRUTTURALI DEL SETTORE DEL PARCO ....	20
6.1	LE UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE .....	22
6.1.1	(USS) FORMAZIONE DI USSANA .....	22
6.1.2	(USSa) FORMAZIONE DI USSANA .....	22
6.1.3	(GST) MARNE DI GESTURI .....	22
6.1.4	(GSTa) Tufi pomicei .....	22
6.1.5	Arenarie di Pirri .....	23
6.1.6	Pietra Cantone .....	23
6.1.7	Tramezzario .....	23
6.1.8	Pietra Forte .....	23
6.1.9	Depositi di versante (a) .....	23
6.1.10	Coltri eluvio-colluviali (b2) .....	23
6.1.11	Depositi di ambiente palustre (e5) .....	24
6.1.12	Depositi alluvionali degli alvei attuali (b, b2, bna, bnb) .....	24
7	IL SETTORE OCCIDENTALE .....	24
8	ASSETTO GEOMORFOLOGICO GENERALE .....	27
9	IL SISTEMA DELLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI NEL TERRITORIO DEL PARCO .....	28
9.1.1	IDROGRAFIA SUPERFICIALE .....	28
9.1.2	CARATTERI IDRAULICI DELLE FORMAZIONI GEOLOGICHE .....	33
9.2	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE .....	36
9.2.1	LA FALDA FREATICA .....	38
9.2.2	PIEZOMETRIA DELLE FALDE .....	39
9.2.3	IDROGRAFIA SOTTERRANEA .....	40
9.2.4	LE RISORSE IDRICHE SOTTERRANEE: PREVENZIONE E CONTROLLO DELL'ALTERAZIONE DELLE CARATTERISTICHE QUALITATIVE E QUANTITATIVE .....	41
9.2.5	Indirizzi per la realizzazione di nuovi pozzi .....	42
9.3	LE FORME ED I PROCESSI NEL TERRITORIO DEL PARCO .....	43
9.4	L'ATTIVITÀ ESTRATTIVA .....	48
9.4.1	I problemi d'impatto ambientale legati all'attività estrattiva .....	51
9.5	CARTE MORFODIGITALI: TIN, ACCLIVITÀ, ESPOSIZIONE ED ALTIMETRIA .....	52
9.6	VULNERABILITÀ IDROGEOLOGICA .....	54
9.6.1	Inquadramento territoriale e normativo .....	54
9.6.2	Finalità della disciplina dell'assetto idrogeologico .....	55
9.6.3	Procedura di adeguamento .....	55
9.6.4	Indagine storica sui fenomeni di dissesto .....	55
	Tematismi territoriali di riferimento per le analisi e cartografia finale di adeguamento .....	59
9.6.5	CARTA DELLA INSTABILITÀ POTENZIALE DEI VERSANTI .....	59
9.6.6	VALUTAZIONE DELLA PROPENSIONE AL DISSESTO IDROGEOLOGICO DI FRANA .....	60
9.6.7	ATTRIBUZIONE DEI PESI E APPLICAZIONE DELLA METODICA .....	61
9.6.8	Valutazione della Propensione Potenziale e Reale al Dissesto Idrogeologico .....	61

9.7	I PROCESSI DI DEGRADO DEL SUOLO E DEL SISTEMA IDROGEOLOGICO NEL TERRITORIO DEL PARCO.....	62
9.7.1	IL CONSUMO DEL SUOLO.....	62
9.7.2	Compensazione ecologica:.....	62
9.7.3	Alternative al consumo di suolo: .....	63
9.8	LA PERICOLOSITA' ED IL RISCHIO DA FRANA.....	64
9.8.1	Perimetrazione delle aree a rischio da frana.....	64
9.9	LA PERICOLOSITA' IDROGEOLOGICA .....	65
9.10	IL RISCHIO DA INONDAZIONE .....	65
9.10.1	Aree storicamente non esondate .....	65
9.10.2	Aree storicamente esondate (golene) .....	65
9.11	PERICOLOSITÀ DA DISSESTO IDROGEOLOGICO GENERALE.....	65
10	IL SISTEMA DELLE CRITICITA' AFFERENTE L'AMBITO GEOLOGICO S.L. (PRIME NOTE) .....	66
10.1	LA PRESSIONE DEL CONTESTO ED IL MARGINE.....	66
10.2	LE CRITICITÀ AMBIENTALI INTERNE .....	67

# 1 METODOLOGIA

Il lavoro di base di questo rapporto è costituito da una serie di rapporti tematici, redatti dallo scrivente in ambito di pianificazione territoriale, ed in particolare per i comuni di Cagliari, di Monserrato e di Quartu Sant'Elena.

Al fine di integrare le informazioni ed aggiornarle, è stato effettuato un approfondito lavoro di rielaborazione ed approfondimento delle informazioni, utilizzando come riferimenti le **Linee Guida per l'Adeguamento dei PUC al PPR ed al PAI** per la fase di **Riordino delle Conoscenze**.

La costruzione di questo rapporto è stata fatta attraverso tre fasi operative:

## 1) Fase preliminare

- ✓ - Ricerca ed acquisizione dei supporti cartografici topografici e tematici esistenti;
- ✓ - Ricerca dei supporti fotografici e/o di immagini da satellite esistenti;
- ✓ - Ricerca bibliografica ed acquisizione del materiale bibliografico di interesse;
- ✓ - Analisi critica del materiale cartografico e bibliografico censito;
- ✓ - Inquadramento geografico generale;
- ✓ - Inquadramento climatico generale;
- ✓ - Inquadramento geologico generale;
- ✓ - Inquadramento geomorfologico generale;
- ✓ - Inquadramento idrogeologico generale;
- ✓ - Inquadramento pedologico;
- ✓ - Individuazione delle problematiche presenti nel territorio in studio.

## 2) Fase di approfondimento

- ✓ - Rilevamento geologico di dettaglio (scala 1:10.000);
- ✓ - Analisi e descrizione dei caratteri geologici ;
- ✓ - Rilevamento geomorfologico di dettaglio
- ✓ - Analisi dell'assetto geomorfologico dell'area;
- ✓ - Rilevamento idrogeologico di dettaglio;
- ✓ - Analisi dell'assetto idrogeologico dell'area;
- ✓ - Descrizione dei caratteri geotecnici e geomeccanici dei litotipi presenti nel territorio comunale;

## 3) Fase di analisi e valutazione delle problematiche

- ✓ - Analisi e descrizione delle problematiche geologico e geologico-tecniche del territorio comunale;
- ✓ - Analisi della pericolosità geoambientale;
- ✓ - Conclusioni ed indicazioni operative.

Gli elementi topografici di mappa di riferimento per il lavoro sono:

- Tavole in scala 1:25.000 della Carta Topografica d'Italia vecchio taglio edite dall'IGM in una prima stesura tra la fine del 1800 ed i primi del 1900, la stesura successiva in aggiornamento, redatta negli anni '30 – '40, e la stesura ultima degli anni '60;
- Sezioni in scala 1:25.000 della Carta Topografica d'Italia serie M 25 edita dall'IGM nel 1994;

- Elementi in scala 1:10.000 della Carta Tecnica Regionale Numerica realizzata dalla RAS nel 1999-2000
- Elementi in scala 1:2.000 e 1:4000 del 1953 della Carta Aerofotogrammetrica dell'EIRA;
- Sistema del GeoDB-MP e DBGT della RAS alle scale disponibili;
- Sistema del Geo-DB della RAS, alla scala 1:2.000 e 1:5.000.

Il rilevamento di dettaglio dei caratteri geologico-tecnici del centro urbano e delle frazioni sono stati appoggiati sulla base aerofotogrammetrica fornita dall'Amministrazione comunale.

Sono stati inoltre utilizzati in modo diretto i seguenti supporti informativi iconografici:

- ✓ foto aeree Volo RAF scale varie del 1940/45
- ✓ foto aeree Volo GAI scala 1:33.0000 del 1953
- ✓ foto aeree Volo Consorzio Oristano 1:10.000 del 1960
- ✓ foto aeree Volo AIMA scala 1:47.000 del 1992
- ✓ foto aeree Volo IGM scala 1:33.000 del 1987-89.
- ✓ foto aeree Volo RAS Enti Locali 1995
- ✓ foto aeree Volo RAS Enti Locali 1999
- ✓ foto aeree Volo RAS Enti Locali 2001
- ✓ ortofotocarte digitali AIMA 1997
- ✓ foto aeree Volo RAS Enti Locali 2002
- ✓ ortofotocarte digitali ITALIA 1999-2000
- ✓ ortofotocarte digitali AGEA 2003
- ✓ immagini digitali IKONOS 2005
- ✓ ortofotocarte digitali ITALIA 2006
- ✓ ortofotocarte digitali AIMA 2008
- ✓ ortofotocarte digitali AIMA 2010
- ✓ ortofotocarte digitali AIMA 2013
- ✓ ortofotocarte digitali AIMA 2016
- ✓ immagini digitali da satellite a varie scale

La base di dati utilizzata nel corso del presente lavoro è costituita da materiali di provenienza ufficiale e da materiali originali appositamente prodotti per lo stesso.

Le basi informative, utilizzate nel Sistema Informativo della Geostudi, in coordinate Gauss Boaga (EPSG 3003), sono state:

#### **FONTI CARTOGRAFICHE TOPOGRAFICHE**

- Carta 1:50.000 La Marmora 1834 - 1839 (raster) (informatizzazione Geostudi)
- Carta 1:25.000 IGM 1890 - 1930, IGM 1950-1968, IGM 1987-1994 (inf. Geostudi)
- Carta 1:10.000 CTR 1968 - 19700 (vettoriale) (fonte R.A.S.)
- Carta 1:10.000 CTR 1996 - 2000 (vettoriale) (fonte R.A.S.)
- Carta 1:10.000 CTR 2006 GEODB MP(vettoriale)

#### **FONTI CARTOGRAFICHE TEMATICHE**

- Carta della vegetazione forestale 1:25.000 (fonte R.A.S.)
- Carta dell'uso attuale del suolo 1:25.000 US2598 (fonte R.A.S.)
- Dati climatologici (termo, pluvio e anemo) 1922 – 1992, localmente 2002 o 2004 (fonte R.A.S. e ISTAT)
- Carta 1:10.000 aree L. R. 31/89, S.I.C. , Z.P.S., OPPF (fonte R.A.S.)

- Carta 1:10.000 aree D.Lgs. 42/04 e PPR (fonte R.A.S.)
- Carta 1:10.000 Geologica (basi originali Geostudi)
- Carta 1:10.000 Idrogeologica (basi originali Geostudi)
- Carta delle Acclività da DTM (fonte CTR R.A.S. elaborazione Geostudi)
- Carta delle Esposizioni da DTM (fonte CTR R.A.S. elaborazione Geostudi)
- Carta delle Fasce Altimetriche da DTM (fonte CTR R.A.S. elaborazione Geostudi)

### **BASI ICONOGRAFICHE**

- Immagini satellitari Landsat, SPOT, Quickbird ed Ikonos a varie date dal 1974 al 2009 (fonti varie elaborazione Geostudi)
- Ortofotocarta (ris. 1 m) 1954 IGM (fonte R.A.S.)
- Ortofotocarta (ris. 0,5 m) 1977 ERSAT (fonte R.A.S.)
- Ortofotocarta (ris. 1 m) 1998 AIMA (fonte R.A.S.)
- Ortofotocarta (ris. 1 m) 2000 Ferretti (fonte R.A.S.)
- Ortofotocarta (ris. 1 m) 2003 AGEA (fonte R.A.S.)
- Ortofotocarta (ris. 1 m) 2004 Nistri (fonte R.A.S.)
- Ortofotocarta (ris. 0,7 m) 2005 IKONOS (fonte R.A.S.)
- Ortofotocarta (ris. 0,5 m) 2006 Ferretti (fonte R.A.S.)
- Ortofotocarta (ris. 0,2 m) 2008 Ferretti (fonte R.A.S.)
- Aerofoto Volo Coste raddrizzate a 9,5 m o 1 m del 1995, 1999, 2001 e 2002 (fonte R.A.S. elaborazione Geostudi)
- Aerofoto Voli vari raddrizzate b/n a 50 cm, 1m o 2 m rettificate (1943, 1954, 1960, 1965, 1968, 1973, 1987 e 1992, 1995, 1996 e 1998) (fonti varie elaborazione Geostudi)

### **BASI DI DATI GEOGRAFICI UTILIZZATE O CONSULTATE**

- Catasto Grotte (fonte R.A.S.)
- Censimento delle aree minerarie (fonte R.A.S.)
- Catasto Pozzi (CASMEZ Prog n° 25 (Ricerche Idriche Sotterranee in Sardegna - Ia e IIa Fase -informatizzazione Geostudi più dati originali Geostudi))
- Catasto opere di riforestazione dell'Isp. Rip. , ex .AFDRS e dei Rimboschimenti produttivi (fonte R.A.S.)
- Catasto Generale degli Scarichi nei Corpi Idrici (Fonte R.A.S. – Pro.Ge.Mi.Sa.) (1999)
- Sistema Informativo Territoriale Aree Industriali (SITAI) (Fonte Osservatorio Industriale R.A.S.) (2000)
- Sistema Informativo Risorse Idriche Sotterranee (SIRIS) (fonte R.A.S. – Pro.Ge.Mi.Sa.) (2001)
- Piano di Risanamento delle aree minerarie Dismesse (PDR)
- Piano di Valorizzazione dei Compendi Minerari del Sulcis-Iglesiente-Guspinese
- Modulo regionale del sistema informativo nazionale ambiente (SINA-SIRA)
- Sistema informativo ambientale dell'area ad alto rischio del Sulcis-Iglesiente (SINA Q1-2)
- Sistema informativo compendi immobiliari dell'IGEA (SICI)
- Sistema informativo territoriale per la gestione delle Attività Estrattive (SITAE)

### **PIANI DI AMBITO REGIONALE O NAZIONALE**

- Nuovo Piano Regolatore Generale degli Acquedotti (fonte R.A.S.)
- Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico (basi originali Geostudi e fonte R.A.S.) (2005)
- Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico aggiornamenti ( fonte R.A.S.) (2009)
- Piano dell'Attività Estrattiva (fonte R.A.S.) (2007)
- Piano dello Smaltimento Reflui (fonte R.A.S.)
- Piano della Tutela delle Acque (fonte R.A.S.) (2006)
- Piano delle Risorse Idriche Multisetoriali (fonte R.A.S.)
- Piano (Stralcio Direttore di Bacino Reg.le) per l'Utilizzo delle Risorse Idriche (fonte R.A.S.)
- Piano Paesaggistico Regionale: Ambito Costiero (fonte R.A.S.) (05/09/2006)
- Piano Forestale Regionale Ambientale (fonte R.A.S.) (2006)
- Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (fonte R.A.S.) (2011)

- Piano di Risanamento della Qualità dell'Aria (fonte R.A.S.)
- Piano Regionale Risanamento Acque (PRRA) (fonte R.A.S.) (1998)
- Piano di Bonifica dei Siti Contaminati (fonte R.A.S. - Pro.Ge.Mi.Sa.) (2003)
- Piano Energetico Regionale (fonte R.A.S.) (2006)
- Piano di Sviluppo Rurale (fonte R.A.S.) (2004)
- Piano di Gestione di Distretto Idrografico (fonte R.A.S.) (2009)

#### **STUDI GENERALI E DI SETTORE**

- Studio sulla Vocazione Faunistica Potenziale (fonte R.A.S.) (2006)
- Studio sull'Irrigabilità dei Suoli della Sardegna (Fonte E.A.F. – R.A.S.) (1987)
- Studio SISS (1979-80) e nuovo SISS (1996) (Fonte R.A.S. – C.R.P. - UNICA)
- Progetto IFRAS (fonte R.A.S.)
- Progetto V.A.P.I. (C.N.R. – UNICA)
- Progetto S.C.A.I. (C.N.R. - UNICA)
- Progetto I.F.F.I. (ANPA – R.A.S.)
- Progetto A.V.I. (Protezione Civile Nazionale - C.N.R. G.N.D.C.I.)
- Studio sulla sensibilità dei suoli alla desertificazione
- Studio sulla salinizzazione dei suoli costieri
- Indagine sull'effettivo utilizzo delle aree irrigue nelle diverse aree di intervento a integrazione del piano stralcio di bacino regionale per l'utilizzo delle risorse idriche - CRAS (2006)
- Aspetti economici dell'agricoltura irrigua in Sardegna - inea (2009)

Nella presente relazione sono riportate oltre alle sintesi dei risultati dell'analisi conoscitiva, svolta nella I e II fase operativa, anche le analisi e valutazioni delle problematiche di ordine geologico-tecnico emerse dalla fase conoscitiva, della pericolosità geoambientale, della suscettività d'uso del territorio per scopi edificatori ed agricoli e le indicazioni operative per meglio gestire il territorio comunale.

Sono inoltre riportate le descrizioni dei caratteri geologici e morfologici delle peculiarità geo-ambientali presenti nel territorio comunale.



## 2 DESCRIZIONE DELLE AREE DI STUDIO

Il territorio del Parco, è parte fondamentale del sistema pedemontano orientale del Golfo di Cagliari.

L'area di riferimento è quella del territorio del Parco e delle sue pertinenze o aree connesse, a seconda dell'aspetto ambientale di cui si tratta.

### 2.1 IL SISTEMA FISICO

#### 2.1.1 Contenuti

Il sistema fisico del territorio del Parco e delle sue immediate adiacenze sono descritti attraverso la presente relazione e 8 carte di base prodotte in forma cartacea e tutti i materiali di base e derivati prodotti in forma digitale.

Le carte costituenti elaborati oggetto di consegna cartacea del QC sono:

- QC01 Carta geologica
- QC02 Carta geomorfologica
- QC03 Carta idrogeologica
- QC04 Carta pedologica
- QC05 Carta dell'assetto e rischio idrogeologico

Il complesso territorio di cui si tratta, per poi addivenire al dettaglio necessario, è quello ricadente in parte nei bacini idrografici minori adducenti al Golfo di Cagliari. Il territorio Parco è costituito da tre macro aree omogenea distribuite sulle formazioni attuali, quaternarie e terziarie.



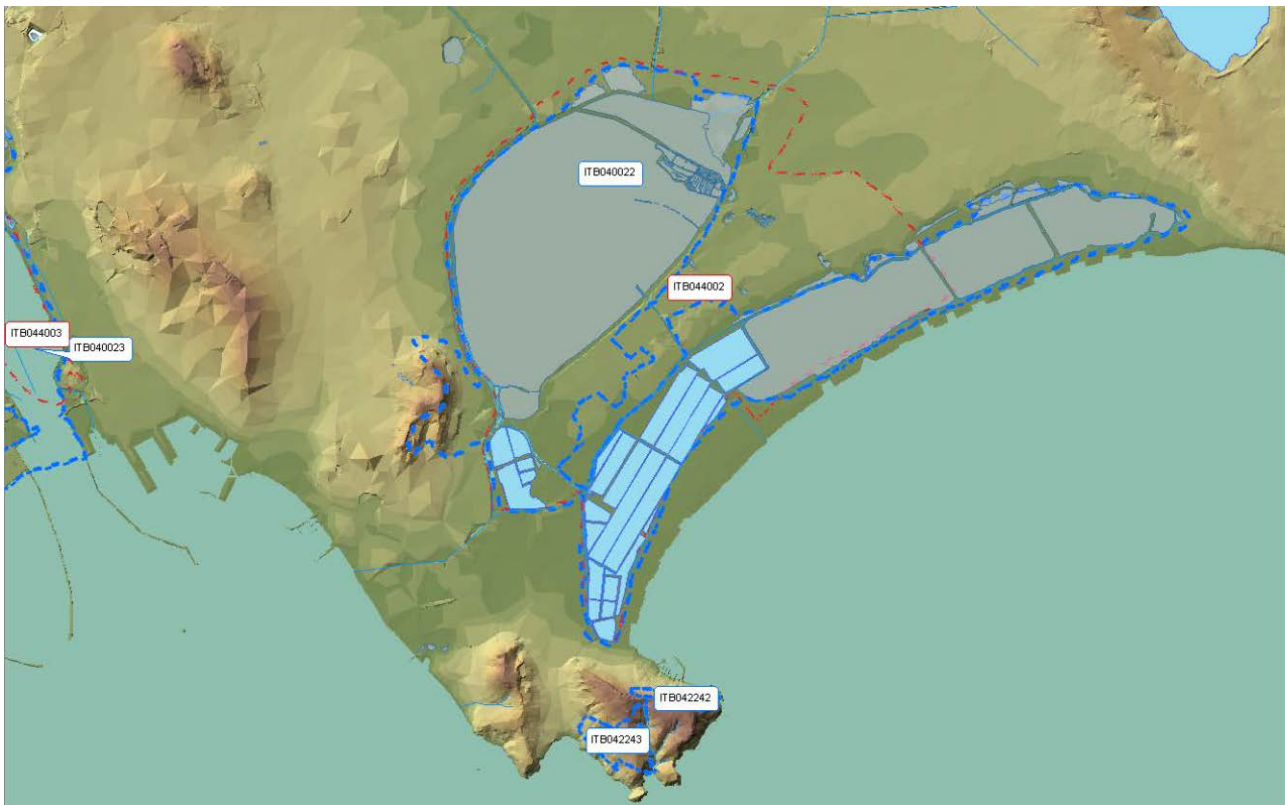
**Immagine – Il litorale del Parco Sant'Elena e sullo sfondo i comuni dell'hinterland cagliaritano**

### 3 MOLENTARGIUS E IL SUO BACINO AMBIENTALE

L'area protetta è ubicata nella cartografia nelle sezioni 557–100, 110, 120, 140, 150, 160 della Carta Tecnica Regionale e nelle tavolette 557 II e III della nuova Carta Topografica d'Italia del IGM.

Il baricentro dell'area ha coordinate Gauss-Boaga E 1513215, N 4342221 (Monte Mario / Gauss Boaga zona 1 EPSG:3003) ed è posto al centro dell'arco costiero tra il promontorio di Calamosca-Poetto ed il Margine Rosso.

Il complesso occupa una depressione morfologica compresa tra la “serra” di Pitz’e Serra ed il sistema dei colli cagliaritani.



**Mappa – Il colle di Monte Urpinu e l'area di Molentargius - Saline e Capo Sant'Elia**



#### 4 ASPETTI GEOLOGICO-STRUTTURALI

#### 4.1 LA DOCUMENTAZIONE GEOLOGICA DISPONIBILE

Il primo a occuparsi di geologia della Sardegna in modo sistematico fu il Conte Alberto Ferrero de La Marmora.



**Mappa – Carta geologica della Sardegna 1:250.000 del Voyage en Sardaigne del La Marmora**

Le osservazioni fatte durante il suo soggiorno-esilio in Sardegna sono un patrimonio storico e culturale che spazia dagli ambiti geologici a quelli archeologici ed a quelli botanici ed etnoantropologici.

Sua, è l'unica carta storica geologica integrale della Sardegna a noi pervenuta.

L'interesse geologico per l'isola è stato legato indissolubilmente alle cave ed alla parallela attività di studio litologico e mineralogico poi sviluppatosi e rafforzatosi fino ai giorni nostri, da La Marmora a Lovisato e Conti (opp. citt.).

Le attività riguardanti i caratteri fisici della Sardegna e delle isole minori hanno generalmente sempre riguardato l'attività mineraria.

La carta successiva comprendente la mappatura geologica della Sardegna era del Vardabasso (1949).

I lavori di rilevamento della carta alla scala 1:100.000 dell'intero territorio nazionale, costituita da 277 fogli, ebbero inizio nel 1877 e furono chiusi nel 1976.

Da allora, fino ad agli anni '70 la mappatura più dettagliata dell'isola è stata la Carta del Servizio Geologico Nazionale, alla scala 1:100.000, che, peraltro, non ricopriva interamente tutta la Sardegna in quanto non venne mai stampato il Foglio Tempio.

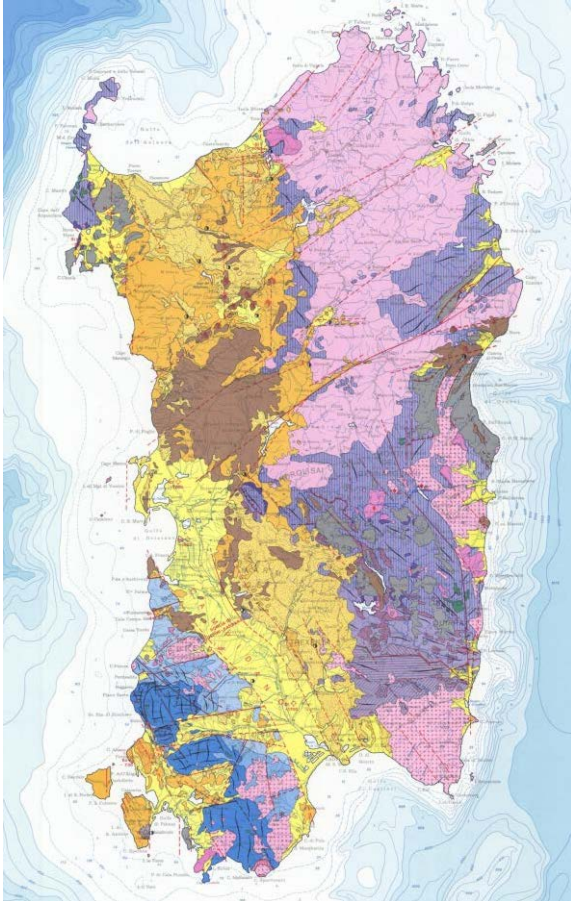
La prima carta innovativa che realmente reinterpretava la geologia della Sardegna e la sua tettonica era quella del Coccozza (1972).

Dopo una serie di Carte a tema geologico e minerario dell'Ente Minerario Sardo, Carta Metallogenica della Sardegna (1979) e Carta Geologia della Sardegna (1982) venne stampato nel 1986 uno schema geologico strutturale a firma Carmignani et alii che faceva capo alla scuola di Siena. La Guida al Paleozoico della Sardegna del 1982, stampata nel frattempo, ed il successivo lavoro sul basamento ercinico della Sardegna, riformavano definitivamente gli approcci e rinnovavano la cartografia della Sardegna che venne sancita dalla Carta Geologico Strutturale della Sardegna di Carmignani et alii alla scala 1:200.000 del 1992.

Lo studio geologico ufficiale ed in particolare strutturale dell'isola è poi diventato parte integrante

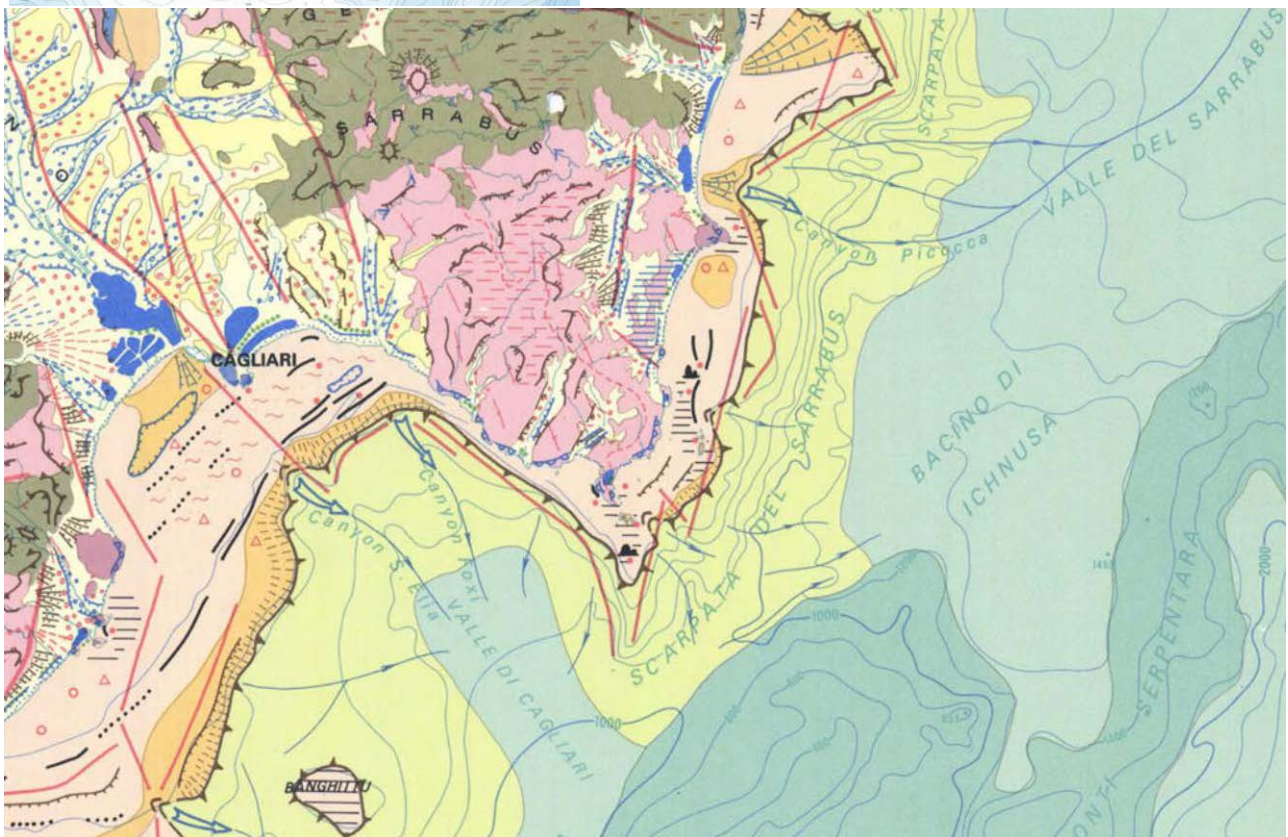


del Progetto CARG del Servizio Geologico, poi APAT ed oggi ISPRA che dopo aver edito il Foglio 557 Cagliari, ora sta dando alle stampe i Fogli Capoterra e Assemini.



**Mappa – Carta geo-strutturale della Sardegna (Cocozza T. 1972)**

Nel contempo, la regione Sardegna, attraverso il suo braccio operativo che aveva seguito fino agli anni scorsi il progetto CARG, ha prodotto una cartografia digitale in formato shp-geodb, al fine di supportare la redazione delle cartografie di supporto alla pianificazione urbanistica ed a quella paesaggistica.



**Mappa – Estratto dalla Carta geomorfologica della Sardegna marina e continentale, Brambati A., Ulzega A. et alii, 1:500.000, 1988**



## 4.2 CARATTERI GEOLOGICI GENERALI

La Sardegna (Carmignani et alii) è divisa in tre macro complessi geologici che affiorano per estensioni equivalenti:

- il basamento metamorfico ercinico; (in viola, grigio, verde e bruno)
- il complesso intrusivo tardo-ercinico; (rosa in varie tinte)
- le successioni sedimentarie e vulcanico tardo-erciniche, mesozoiche e cenozoiche (colori rimanenti).

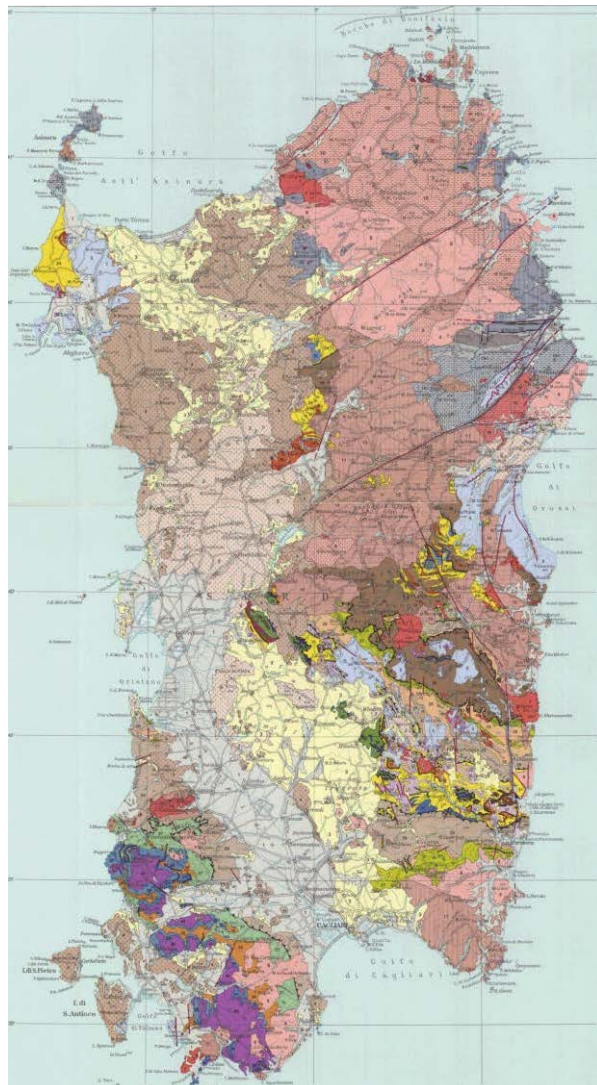
Il basamento paleozoico sardo è un segmento della Catena Ercinica sud-europea che dalla maggior parte degli autori è considerata una catena collisionale con subduzione di crosta oceanica e metamorfismo di alta pressione a partire dal siluriano, collisione continentale con importante ispessimento crostale, metamorfismo barroviano (datato a 339-350 Ma; Del Moro et alii, 1991) e magmatismo durante il Devoniano superiore e il Carbonifero (Matte, 1986; Carmignani et alii, 1994).

In Sardegna la geometria collisionale della Catena Ercinica è ancora ben riconoscibile. Secondo Carmignani et alii (1992; 1994) il margine armoricano sovrascorso è rappresentato dal Complesso Metamorfico di Alto Grado che affiora nella Sardegna Settentrionale (fig.1) mentre il margine del Gondwana subdotto è rappresentato da un Complesso Metamorfico di Basso e Medio grado strutturato in un edificio a falde e caratterizzato da una zoneografia barroviana progradata (Carmignani et alii, 1979; Franceschelli et alii, 1989), a sua volta suddiviso in Falde Interne e Falde Esterne, che affiora nella Sardegna centrale e sudorientale.

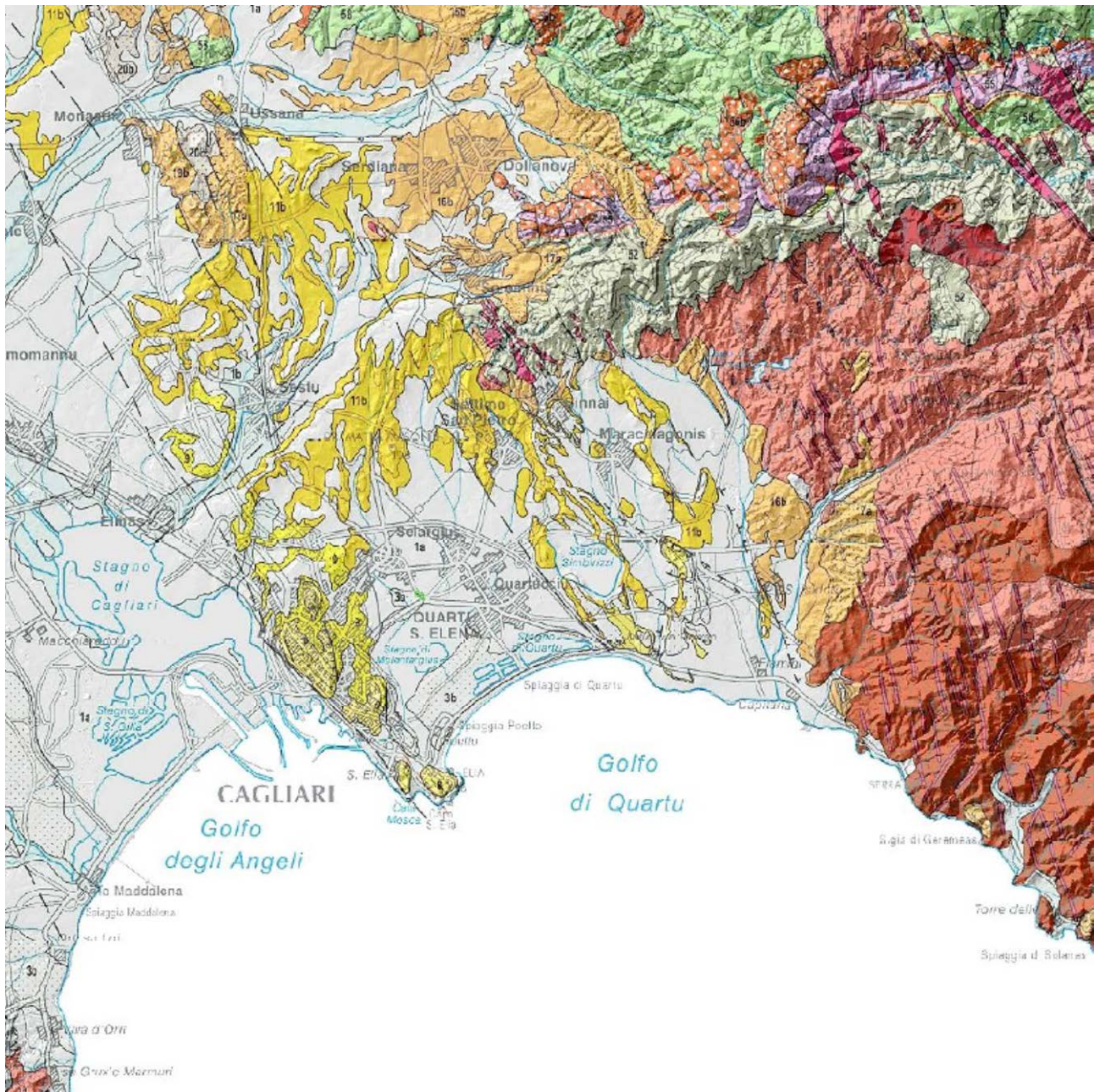
**Mappa – Carta geo-strutturale della Sardegna (da Carmignani et alii..)**

I due complessi sono separati dalla Linea Posada-Asinara, lungo la quale affiorano frammenti di crosta oceanica con paragenesi relitte di ambientazione eclogitica (Cappelli et alii, 1992).

Successivamente a tale strutturazione collisionale, nel tardo-ercinico segue un'evoluzione caratterizzata dal collasso gravitativo della catena e da rilascio termico (metamorfismo di alto T/P). Nelle aree del Mediterraneo occidentale i processi estensionali legati al collasso dell'orogene ercinico sono attivi da 320 fino ad almeno 280 Ma (e.g. Massiccio Centrale e Montagna Nera: Echtler & Malaveille, 1990; Pirenei: Gibson, 1991); in Sardegna e Corsica l'evoluzione tardo-ercinica della catena, caratterizzata da una dinamica essenzialmente estensionale e/o trans-tensile, è dominata da processi esumativi attivi, come minimo, a partire da 308 Ma (età minima di chiusura della muscovite in migmatiti del complesso metamorfico di alto grado: Macera et alii, 1989) e coincide con la messa in posto di gran parte delle plutoniti che formano il Batolite Sardo-Corso. Essa si esprime anche con diffuse manifestazioni vulcaniche e sub-vulcaniche in campi filoniani (Attori & Traversa, 1986; Vaccaio, 1990) e con la genesi di bacini intracratonici stefaniano-autuniani.







**Mapa - La geologia dell'area vasta incentrata sul Parco (da Carmignani et alii..)**

Successivamente, nel Permiano più tardo e poi nel Triassico inferiore un nuovo ciclo magmatico ad affinità alcalina post-orogonica (Bonin, 1980), ancora associato a sedimentazione continentale, caratterizza il blocco sardo-corso. Questo magmatismo che in Sardegna si esplica con manifestazioni sub-vulcaniche ed effusive (Balzelli et alii, 1987; Cortesogno & Gaggero, 1999) non può essere riferito al collasso della Catena Ercinica ma piuttosto alla riorganizzazione delle placche legata alla fase di rifting che, manifestatasi con trasgressioni marine fin dal Triassico superiore, porterà all'apertura dell'Oceano Ligure-Piemontese (Cortesogno et alii, 1998).

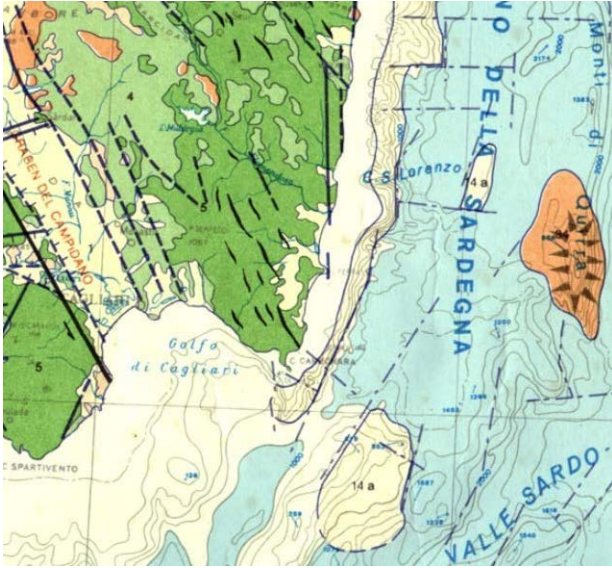
Dopo l'Orogenesi ercinica altri settori di crosta strutturata in questo evento sono incorporati nella catena pirenaica, nelle Alpi e nell'Appennino, mentre il settore di crosta che attualmente costituisce il Blocco Sardo-Corso non è coinvolto in importanti eventi orogenici; mancano quindi le successioni alloctone di dominio oceanico che costituiscono l'edificio a falde della Corsica Alpina.

In Sardegna affiorano esclusivamente successioni mesozoiche comuni ai domini europei più esterni, caratterizzate da piattaforme carbonatiche di mare poco profondo; esse sono coinvolte insieme a successioni sedimentarie e vulcaniche cenozoiche pre-burdigaliane in un'importante tettonica a carattere trascorrente che si manifesta tra l'Oligocene e l'Aquitano. Tale tettonica, con le sue manifestazioni transpressive e transtensive, viene messa in relazione alla collisione, cui è legato l'Appennino settentrionale, tra il blocco Sardo-Corso e l'Adria (Carmignani et alii, 1994b; Oggiano et alii, 1995; Carmignani et alii, 1995).



### 4.3 LA TETTONICA

I tempi nei quali sono avvenuti i fenomeni geologici e tettonici che hanno portato all'attuale configurazione dell'area centro-mediterranea sono misurabili in milioni di anni.



**Mappa – L'area incentrata sul territorio del Parco nella Carta Tettonica d'Italia (CNR 1982)**

200 milioni di anni fa America, Africa ed Europa erano riunite in un unico continente (Pangea). Intorno a 180 milioni di anni fa ebbe luogo il distacco tra Africa ed America settentrionale. Questo evento, che portò all'apertura dell'Oceano Atlantico centrale, fu seguito intorno ad 80 milioni di anni fa dal distacco dell'Europa dal Nordamerica e dalla conseguente apertura dell'Atlantico settentrionale. Con il distacco dell'Europa dall'America settentrionale cominciò il moto di convergenza tra Europa ed Africa. I margini continentali di queste due placche entrarono in collisione circa 50 milioni di anni fa.

**Mappa – La rotazione del blocco sardo – corso**

Intorno a 30 milioni di anni fa cominciò la rotazione del Blocco Sardo-Corso con il suo distacco dalla costa meridionale della Francia e l'apertura del Mediterraneo occidentale.

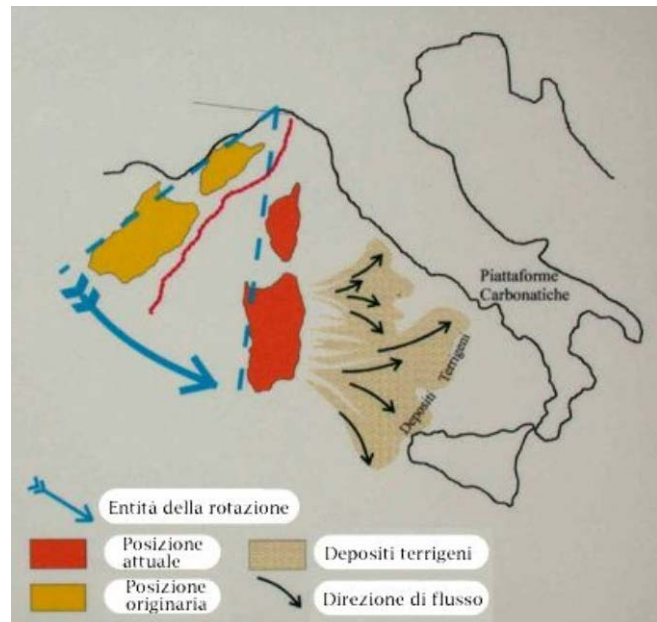
Successivamente, intorno ad 8 milioni di anni fa cominciò ad aprirsi il bacino tirrenico alle spalle dell'Appennino e dell'Arco Calabro che nel corso della loro formazione avanzarono progressivamente verso l'attuale Valpadana e verso gli attuali mari Adriatico e Ionio.

Le velocità che descrivono il moto relativo tra la placca africana e la placca europea variano da qualche centimetro per anno a frazioni di centimetro per anno. Le velocità di "scarrucolamento all'indietro" dei margini di placca nelle zone di subduzione e le velocità di apertura dei bacini post-collisionali possono essere più elevate, ma di regola non superano i 5-6 centimetri per anno nell'area centro-mediterranea.

In particolare, nel settore geologico algero-provenzale, un processo di rotazione di blocchi litosferici (sfenocasma ligure) ha portato alla formazione di nuova crosta oceanica e alla rotazione di ca. 35° in senso antiorario del blocco sardo-corso che è così passato da una posizione di continuità con l'area europeo-provenzale all'attuale posizione d'isolamento all'interno dell'area mediterranea.

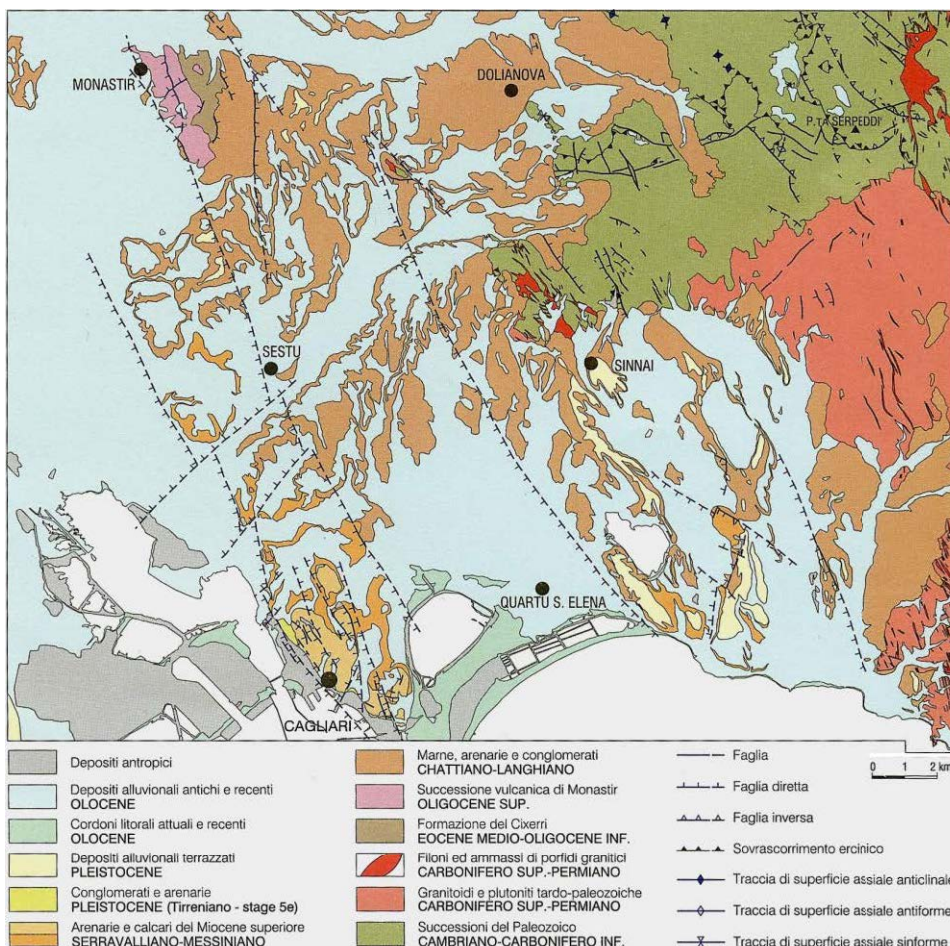
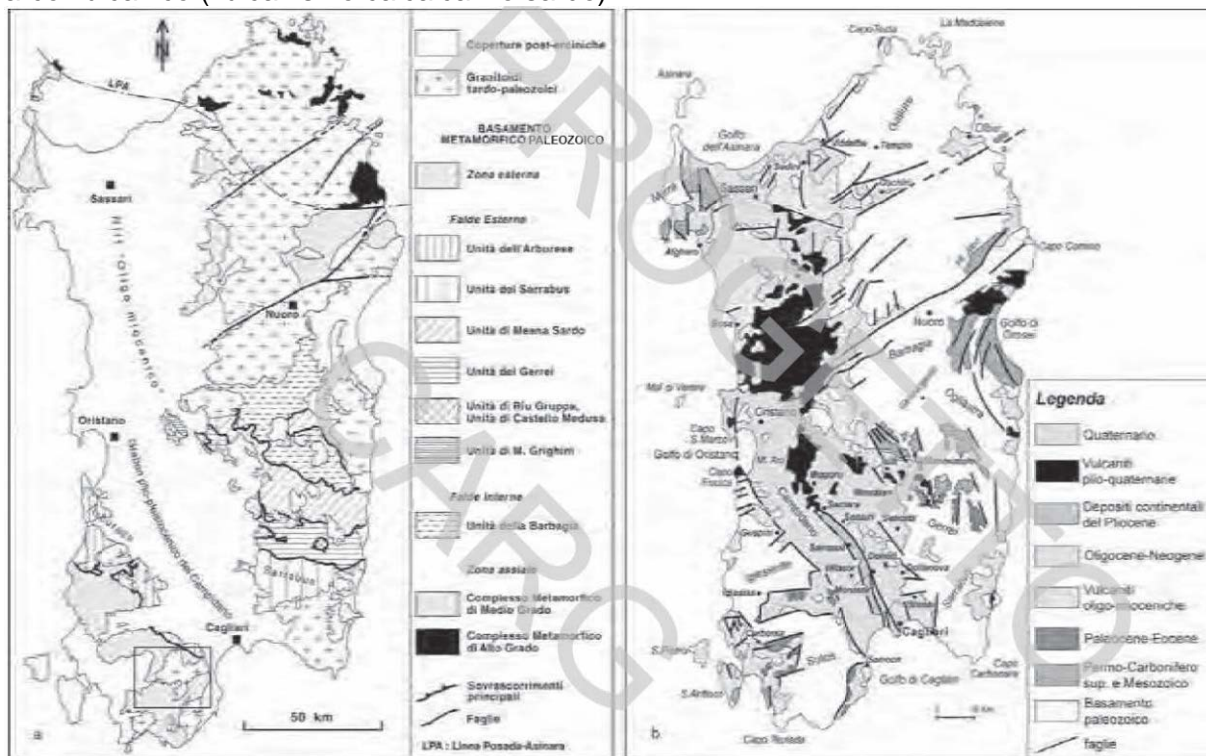
Tale posizione, raggiunta nel Miocene inferiore (20 milioni di anni fa circa), da allora risulta sostanzialmente stazionaria.

La Collisione continentale tra il margine sud-europeo e l'Adria ha causato in Sardegna e Corsica occidentale e meridionale estese e diffuse faglie trascorrenti con tipiche strutture sia transpressive (con tipiche flower-structures, raddoppio delle coperture mesozoiche e paleogeniche e locali sovrascorrimenti del basamento cristallino paleozoico sulle coperture stesse: ad es. Monte Albo nella Sardegna NE e P.ta Carcina nella Corsica SE) sia transtensive (con sviluppo di bacini transtensivi lungo zone di releasing delle faglie principali: ad es. bacini transtensivi dell'Anglona, di Chilivani, Ottana, ecc.).





Contemporaneamente all'azione dello sfenocasma ligure venne attivato, in fase post-collisionale, un nuovo processo di subduzione a est del blocco sardo-corso, con l'associata formazione di un arco vulcanico (vulcanismo calcalkalino sardo).



Su scala geologica le modeste velocità di movimento descritte, possono produrre sostanziali modificazioni paleogeografiche, con la creazione di oceani dove prima esistevano continenti o con la costruzione di gigantesche catene di montagne dove prima si estendevano spazi oceanici.

**Schema tettonico – Foglio 557 - CARG**



## 5 LA SISMICA

Alla scala dei tempi umani le uniche manifestazioni tangibili di questi grandiosi processi geologici sono costituite dalle eruzioni vulcaniche e dai terremoti.

Riferendoci agli ultimi 1000 anni, dei si conserva una discreta memoria storica, circa 1300 terremoti distruttivi o comunque responsabili di gravi danni (intensità epicentrale  $\geq$  VIII grado della scala Mercalli-Cancani-Sieberg) hanno colpito la regione centro-mediterranea. Di questi, più di 500 hanno colpito il territorio italiano.

I due indicatori di pericolosità usualmente per la definizione di sismicità rappresentano due aspetti diversi dello stesso fenomeno.

L'accelerazione orizzontale di picco illustra l'aspetto più propriamente fisico: si tratta di una grandezza di interesse ingegneristico che viene utilizzata nella progettazione in quanto definisce le caratteristiche costruttive richieste agli edifici in zona sismica. L'intensità macrosismica rappresenta, invece, in un certo senso le conseguenze socio-economiche; descrivendo infatti il grado di danneggiamento causato dai terremoti, una carta di pericolosità in intensità macrosismica si avvicina, con le dovute cautele derivate da diverse approssimazioni insite nel parametro intensità, al concetto di rischio sismico.

***Mappa della pericolosità sismica in Italia - Accelerazione orizzontale di picco con  $T = 475$  anni***

***Mappa della pericolosità sismica in Italia - Intensità macrosismica con  $T = 475$  anni***

L'attenuazione dell'accelerazione di picco selezionata (Slejko D. bib. Cit.) è riferita ad un terreno medio ed è stata tarata su un vasto parco di dati europei per garantire robustezza ai risultati. Sulla base delle notizie storiche il territorio sardo è stato interessato solo da terremoti con grado massimo del 6° della scala Mercalli-Cancani-Sieberg.

Le testimonianze dei terremoti in Sardegna sono rare.

Una scritta incisa sulla pietra nell'antisacrestia della Cattedrale di Cagliari ricorda un sisma verificatosi il 4 giugno del 1616 che risulta aver danneggiato almeno 8 torri del sistema difensivo attorno a Villasimius.

Un leggero sisma viene riportato dagli storici nel 1771: si sa soltanto che si è verificato nella parte meridionale dell'isola.

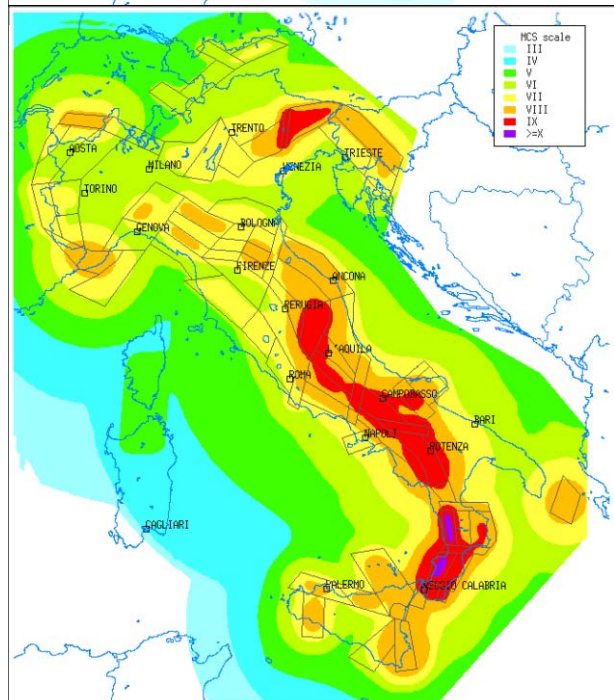
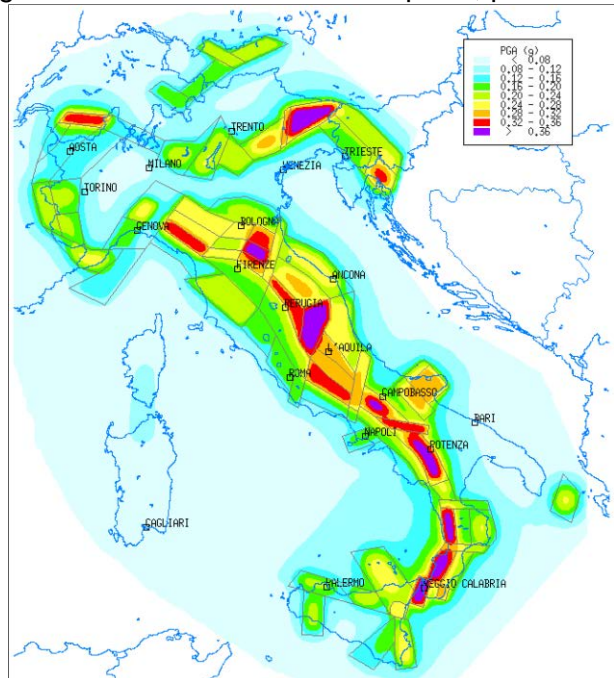
Il primo terremoto riportato dall'Istituto Nazionale di geofisica risale al 1838. Gli effetti furono misurati con la scala Mercalli soltanto in seguito, in quanto non esistevano strumenti per misurare la magnitudo, e stabilirono un record per i sismi nell'isola: sesto grado.

Un secondo sisma venne registrato nel 1850.

Nel 1870 una scossa del 5° grado Mercalli partì da Ittireddu, nel Goceano, nella parte centro-settentrionale dell'isola.

Un ulteriore sisma colpì la Sardegna nel 1877.

Un sisma con epicentro il Golfo dell'Asinara colpì l'isola nel 1944.



Il 13 novembre del 1948 si ebbe un sisma prossimo al 6° grado della scala Mercalli con epicentro in mare, nelle acque del Canale di Sardegna. verso la Tunisia.

Nel 1960 vi fu un terremoto di 5° grado della scala Mercalli con epicentro nei dintorni di Tempio.

Il 30 agosto del 1977, il vulcano sottomarino Quirino causò un terremoto che fu registrato nelle vicinanze di Cagliari.

Il 3 Marzo 2001 alle h.02 54' un sisma di magnitudo 3.3 Richter, IV Mercalli ha interessato la costa sarda, in corrispondenza di Capo S.Teodoro.

Il 9 novembre del 2010 un sisma di grado 3.3 della scala Richter ha colpito il settore NO della Sardegna.

Una serie di sismi, con epicentro nel settore poco a ovest di Corsica e Sardegna, ha fatto sentire i suoi riflessi in Sardegna nel 2011 ed in particolare, una scossa di grado 5.3 Richter ed una successiva del 2.1 mentre il 7 luglio vi era stata un'altra scossa di grado 4.1. L'8 luglio è seguita una nuova scossa di magnitudo 3.5 gradi Richter ha interessato nuovamente la stessa zona con profondità ipocentrale di 40 km. Alle 14:12 ancora un'altra scossa. Magnitudo 2.9, fissata a 11 km di profondità.

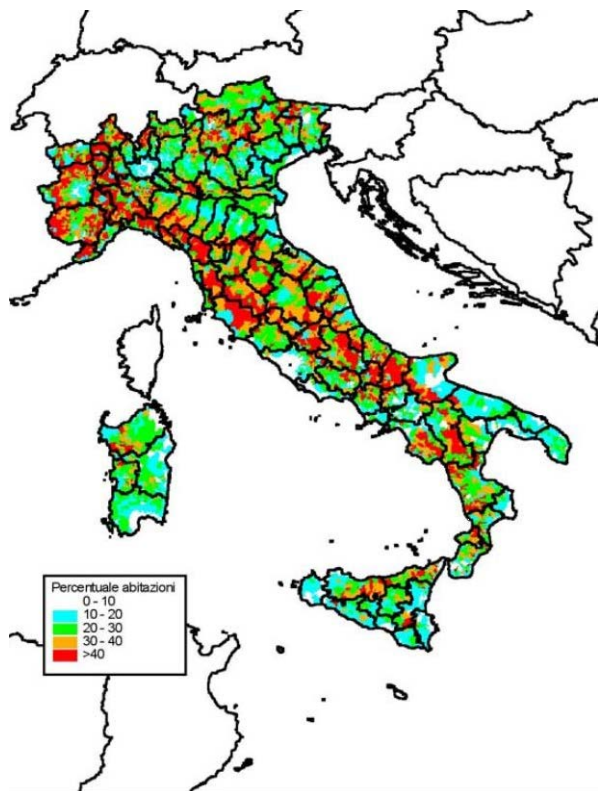
Nel settore in esame i sismi più importanti e recentemente misurati sono:

- 13 Luglio 2006, Magnitudo 2.7 a 10 km di profondità con epicentro Capoterra

## 5.1 LA VULNERABILITÀ SISMICA

La vulnerabilità sismica definita come la probabilità che una struttura di un certo tipo possa subire un certo livello di danneggiamento a seguito di un terremoto di una determinata intensità viene analizzata e mappata nella carta seguente.

La vulnerabilità sismica è valutata sulla base della scala MSK, compilata da S. Medvedev, W. Sponhauer e V. Karnik nelle tre edizioni del 1964, 1976 e 1981, suddivide gli edifici in tre classi di vulnerabilità (A, B e C) collegate direttamente ad altrettanti gruppi di tipologie edilizie. Alla classe A corrispondono gli edifici in muratura più scadente (struttura portante in pietrame), alla classe B gli edifici in muratura più resistente (struttura portante in mattoni) e alla classe C gli edifici con struttura in cemento armato.



**Mappa della Vulnerabilità sismica - Percentuale di abitazioni nella classe di vulnerabilità A della scala MSK**

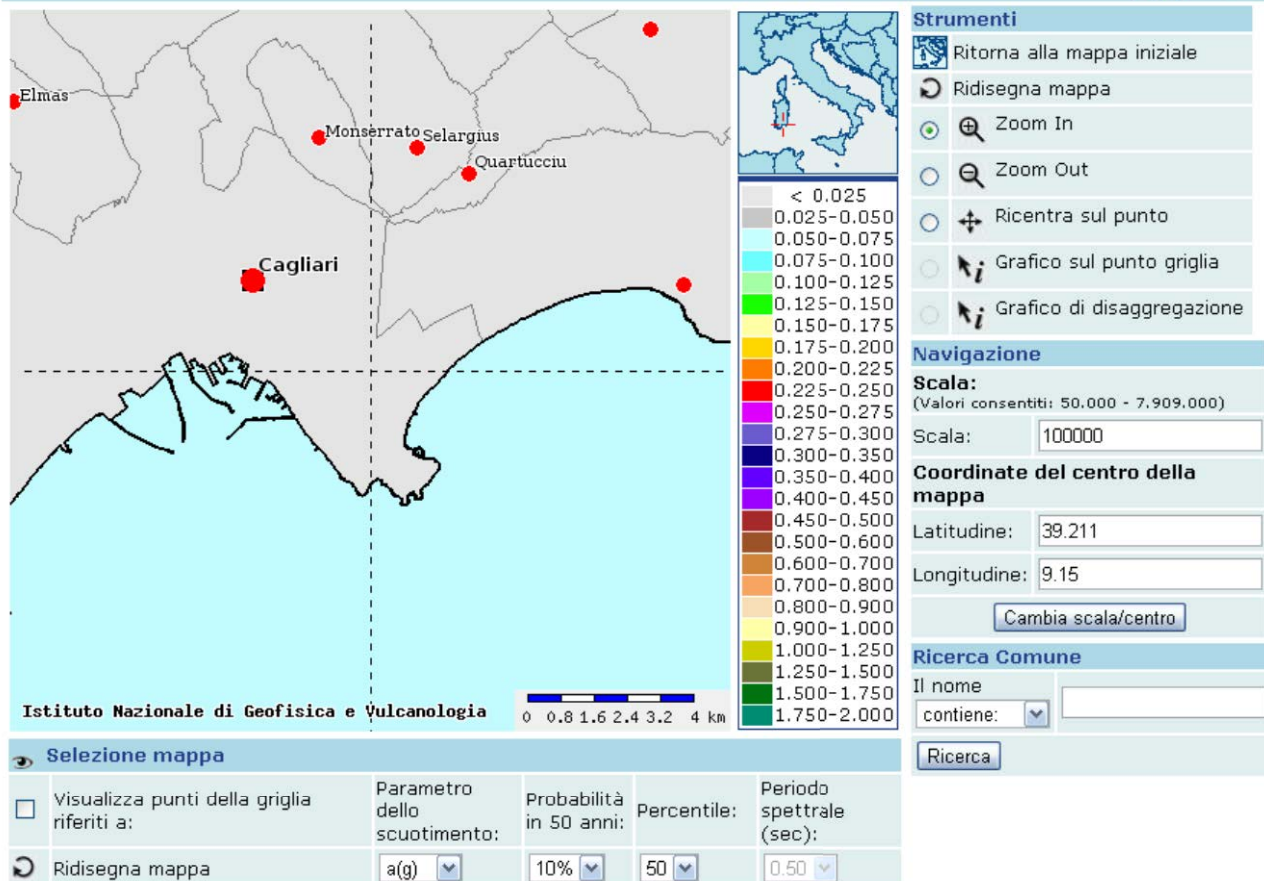
In conseguenza delle tipologie costruttive e della sismicità, il settore del Parco risulta marginalmente vulnerabile.

## 5.2 PERICOLOSITÀ SISMICA

Come definito nel testo unico allegato al D.M. del 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni", "le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ag ....". Secondo la nuova classificazione sismica del territorio nazionale, il settore del Parco appartiene ad un'area di Classe 4, ed è quindi caratterizzata

da una accelerazione orizzontale massima  $ag \leq 0,05 \cdot g$  (m/s<sup>2</sup>).

## Mappe interattive di pericolosità sismica



### Mappa – La pericolosità sismica sul Parco dal sito dell'INGV

Per la definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare anche l'effetto della risposta sismica locale che, in assenza di specifiche analisi, può essere ricavata mediante un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

L'identificazione di questa categoria va di norma eseguita in base ai valori della  $V_{s30}$ , cioè la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità, tuttavia, come specificato nella suddetta normativa, nei terreni non coesivi (coperture) può essere effettuata anche in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (Standard Penetration Test)  $N_{SPT30}$ .

Nel caso in esame, i valori della  $V_s$  per i singoli strati sono stati ricavati utilizzando le formule di calcolo di Ohta e Goto (1978):

$$V_S = 54.33 * (N_{SPT})^{0.173} * \alpha * \beta * (Z / 0.303)^{0.193}$$

e di Yoshida e Motonori (1988):

$$V_S = \beta * (N_{SPT})^{0.25} * \sigma'_{v0}{}^{0.14}$$

Per il calcolo della  $V_{s30}$ , è stata quindi applicata la formula indicata dalle N.T.C.:

$$V_{s30} = 30 / \sum_{i=1, n} (h_i / V_i)$$

Dove:

- $h_i$  = Spessore in metri dello strato i-esimo
- $V_i$  = Velocità dell'onda di taglio i-esima
- $N$  = Numero di strati

Considerando che i dati di riferimento indicano coperture detritiche superficiali per spessori inferiori a 10.0 m. a cui segue un substrato di tipo litoide, i valori ricavabili con i due metodi attribuiscono ai terreni di fondazione alla categoria "A".

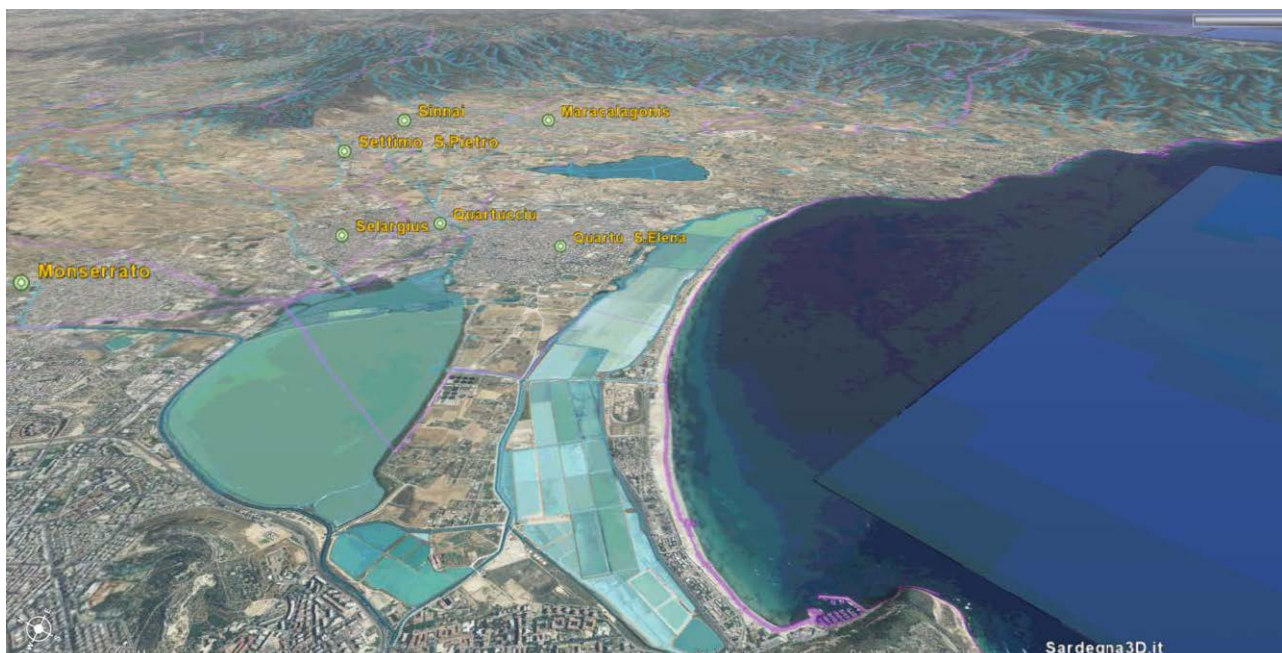
### **5.3 BIBLIOGRAFIA**

- CARMIGNANI L., COCOZZA T., PERTUSATI P.C. E RICCI C.A. (1986) - Structural model of the hercynian basement of Sardinia: Modello strutturale del basamento ercinico della Sardegna / Consiglio Nazionale delle Ricerche, Progetto Finalizzato Geodinamica, Sottoprogetto 5: Modello Strutturale Geodinamica
- CARMIGNANI L., PERTUSATI P.C., CAROSI R., DI PISA A., GATTIGLIO M., MUSUMECI G. & OGGIANO G. (1992) – Struttura della catena ercinica in Sardegna. Gruppo informale di Geologia Strutturale. Centro offset, Siena.
- CNR-Progetto Finalizzato Geodinamica (1990). Structural Model of Italy 1:500.000 and Gravity Map. Quad. Ric. Scient., 3(114), S.E.L.C.A., Firenze.
- COCOZZA T. (1972) - Schema stratigrafico-strutturale della Sardegna 1:500 000.- Roma : Grafica editoriale cartografica, 1972.- 1 carte : en coul.
- MONTALDO P. (1962) - I graniti della Sardegna : studio morfotettonico e caratteristiche tecniche - Cagliari : SEI, [1962]. IV, 204 p. : ill. ; 25 cm.
- SLEJKO D. et al., (1999) - Seismic hazard assessment for Adria. Ann.Geofis., 42(6), 1085-1107.



## 6 LE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E STRUTTURALI DEL SETTORE DEL PARCO

Il sistema delle aree compreso nelle quinte del Golfo di Cagliari, fra le pendici del Serpeddì ad est ed il massiccio dei Monti di Capoterra ad ovest ha una storia geologica complessa, ma, in generale, comune al settore meridionale dell'intera piana del Campidano.



**Simulazione – L'area del Parco di Molentargius – Poetto da Sardegna 3d**

L'area è caratterizzata da un paesaggio ondulato, a tratti depresso, al centro di una corona di rilievi collinari caratterizzati da forme dolci a fortemente aspre.

Il sistema delle colline, tutte coeve come genesi litologica, costituisce una piccola porzione del settore meridionale della grande fossa tettonica oligo-miocenica, nota come "Fossa sarda". Questa struttura, che si sviluppava con andamento N-S dal golfo di Cagliari a quello dell'Asinara, si formò in conseguenza di una delle fasi tettoniche legate al movimento di rotazione anti-orario del blocco sardo-corso. Il complesso sistema tensionale oltre a determinare lo sprofondamento della parte centrale dell'isola, fu accompagnato da manifestazioni vulcaniche con caratteri chimici tipici di un ambiente di margine continentale attivo o di arco insulare.

Il rift sardo, la "fossa tettonica", nella quale si sviluppò un bacino sedimentario oligo-miocenico è stato successivamente colmato da prodotti vulcanici alternati a sedimenti pelagici, neritici, lagunari e continentali oligo-miocenici con circa 1.500 m di sedimenti, di cui circa 500 m di ambiente continentale ed i restanti di ambiente marino, come mostrano le stratigrafie relative ad alcune perforazioni profonde eseguite nel graben campidanese e da una serie di affioramenti di superficie. I prodotti delle manifestazioni vulcaniche terziarie, parzialmente ricoperti dai depositi aquitaniani-langhiani e messiniani, orlano il bordo orientale del Campidano, tra Sardara e Monastir. Le vulcaniti calco-alcaline sono rappresentate prevalentemente da andesiti, lave e piroclastiti associate e da coltri ignimbriche. La messa in posto di questi prodotti inizia nell'Oligocene superiore.

In relazione ai movimenti tettonici che generarono il bacino i depositi sedimentari terziari possono essere attribuiti a tre differenti fasi: la prima precedente alla formazione del rift, la seconda contemporanea alla formazione del rift e la terza post-tettonica. I sedimenti pre-tettonici sono rappresentati da depositi di origine continentale di ambiente fluvio-lacustre, formati da arenarie quarzose violacee, con alternanza di argille siltose e conglomerati ad elementi di rocce paleozoiche (Formazione del Cixerri).

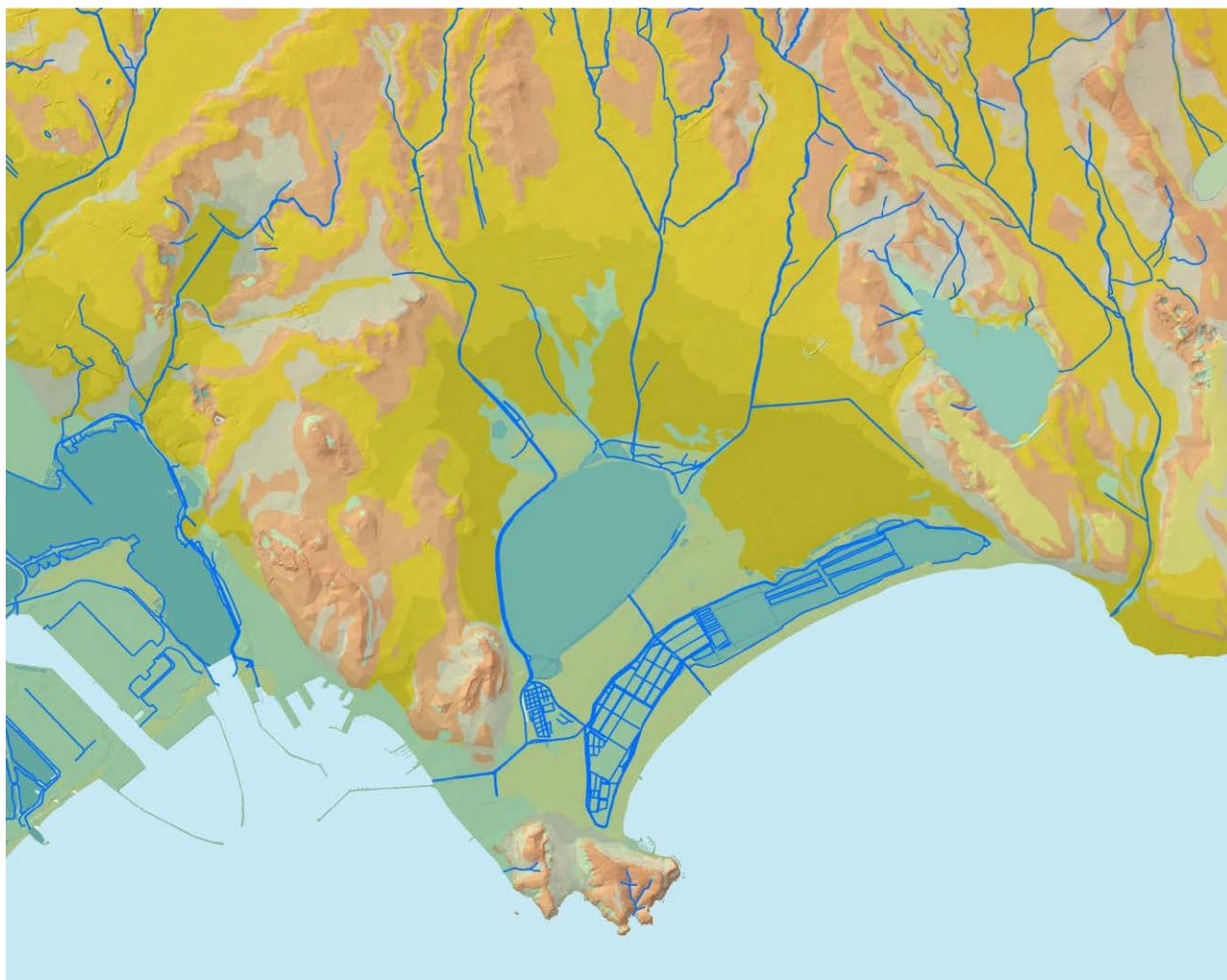
La sedimentazione sintettonica è caratterizzata da depositi detritici di ambiente continentale alla base sui quali poggiano trasgressivi sedimenti marini di ambienti costieri.







corsi d'acqua principali, ed in particolare a quelli che affluiscono all'antistante sistema stagionale del Parco e Molentargius ed all'ex stagno di Pauli Pirri.



*Mappa – I rapporti evidenti tra la morfologia collinare, a volte depressa, delle aree terziarie (giallo arancio) e quaternarie (verde e celeste)*

## **6.1 LE UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE**

### **6.1.1 (USS) FORMAZIONE DI USSANA**

Conglomerati e brecce, grossolani, eterometrici, prevalentemente a spese di basamento cristallino paleozoico, carbonati giurassici, vulcaniti oligomioceniche; livelli argilloso-arenacei rossastri talora prevalenti nella base.

### **6.1.2 (USSa) FORMAZIONE DI USSANA**

Brecce poligeniche a clasti e blocchi eterometrici, con matrice arenacea grossolana clastosostenuta e blocchi di metamorfiti e magmatiti erciniche alterate; intercalazioni di conglomerati, arenarie.

### **6.1.3 (GST) MARNE DI GESTURI**

Marne arenacee e siltitiche giallastre con intercalazioni di arenarie e calcareniti contenenti faune a pteropodi, molluschi, foraminiferi, nannoplancton, frammenti ittiolitici, frustoli vegetali. BURDIGALIANO SUP. - LANGHIANO MEDIO.

### **6.1.4 (GSTa) Tufi pomicei**

Litofacies nelle MARNE DI GESTURI. Tufi pomicei intercalati ed arenarie feldspatiche a tetto della formazione di Gesturi. BURDIGALIANO SUP. - LANGHIANO MEDIO.

### **6.1.5 Arenarie di Pirri**

Sono costituite da alternanze di sabbie più o meno cementate di colore dal grigio verde al giallastro con prevalenza di elementi di quarzo e minore percentuale di feldspati e miche.

Le caratteristiche geotecniche delle Arenarie sono state riassunte nella seguente tabella.

Le dimensioni dei grani in genere sono comprese fra 0,06 e 1,0 mm; tuttavia possono presentarsi sabbie più grossolane, in genere in prossimità della base della formazione, con diametro maggiore di 1,0 mm.

La percentuale limo argillosa delle Arenarie di Pirri è in genere compresa tra il 10 ed il 15%.

Le proprietà geotecniche variano al variare del diametro dei granuli oltreché del grado di cementazione mentre la presenza d'acqua può far scadere il grado di addensamento e coesione.

### **6.1.6 Pietra Cantone**

I parametri di resistenza rilevabili in letteratura sono quelli di una roccia di modesta resistenza caratterizzata anche da una variabilità connessa alla presenza di micro fessurazioni e/o alla maggiore o minore percentuale di umidità.

In tal senso l'estradosso della formazione, che è più aggredibile dalle acque meteoriche o comunque di infiltrazione, presenta parametri di resistenza inferiori rispetto agli strati più profondi della stessa roccia meno esposti all'azione dell'acqua.

### **6.1.7 Tramezzario**

Questa formazione ha caratteristiche decisamente litoidi; fanno eccezione le zone di intensa fratturazione e/o di estesa milonitizzazione dove assume caratteristiche di roccia sciolta.

In genere quindi ha buone caratteristiche di resistenza geomeccanica e di auto sostentamento come dimostrato anche dalle pareti sub verticali e dalle volte delle cavità che si sono mantenute integre per lunghi periodi di tempo.

### **6.1.8 Pietra Forte**

La P.F. costituisce il termine più recente della serie Miocenica ed è caratterizzato da proprietà geomeccaniche decisamente più elevate rispetto ai termini più antichi.

I parametri di resistenza sono quelli di una roccia di buona resistenza anche se sono caratterizzati da una variabilità dipendente dalla presenza di micro fessurazioni, specie in prossimità di zone di fratturazione.

### **6.1.9 Depositi di versante (a)**

Affiorano limitatamente lungo i versanti dei rilievi paleozoici e con estensione ridotta sui rilievi collinari cenozoici. Ricoprono o si interdigitano con i depositi alluvionali terrazzati olocenici.

Si tratta di depositi detritici costituiti da clasti angolosi con, generalmente, spessore limitato (alcuni metri) osservati sulle pendici dei rilievi.

L'abbondante frazione organica all'interno dei livelli detritici suggerisce la loro messa in posto durante l'Olocene ma non è escluso che alla base di alcuni depositi siano rappresentati anche sedimenti pleistocenici.

### **6.1.10 Coltri eluvio-colluviali (b2)**

Affiorano lungo i versanti dolci dei rilievi cenozoici e ricoprono in genere i depositi alluvionali terrazzati olocenici.

Si tratta di depositi in cui sono presenti percentuali variabili di sedimenti fini (sabbia e silt) più o meno pedogenizzati ed arricchiti della frazione organica.

Generalmente sono mescolati con sedimenti più grossolani, di solito detriti da fini a medi, sempre subordinati.



L'attribuzione all'Olocene di questi depositi è dovuta alla presenza, nelle poche sezioni osservate, di una elevata frazione organica. Questa suggerisce che si tratti di sedimenti derivati dall'erosione del suolo durante l'Olocene e mescolati a sedimenti provenienti per degradazione fisica direttamente dal substrato.

L'attribuzione è confermata anche dal fatto che questi depositi sono in genere ubicati all'interno delle incisioni che interessano le conoidi pleistoceniche. Il loro spessore è in genere esiguo (qualche metro).

### **6.1.11 Depositi di ambiente palustre (e5)**

I depositi di ambiente palustre presenti nell'area afferiscono situazioni differenti nella genesi e nel substrato.

Un complesso di depositi di ambiente palustre sono:

- Il sistema Molentargius (Bellarosa maggiore e minore)
- Il sistema delle saline di Cagliari – Quartu
- Il sistema di Simbirizzi – San Forzorio.

Tutti questi sistemi per motivi diversi e in momenti diversi sono stati sostanzialmente mutati nelle loro caratteristiche base.

Di essi si tratterà anche nella descrizione morfologica.

Si tratta di sedimenti fini costituiti da argille limose grigio-verdastre con abbondante frazione organica e frammenti conchigliari, a luoghi ciottolose (depositi di tempesta), localmente, parzialmente stabilizzate e colonizzate dalla vegetazione, localmente antropizzate come nella parte interna dello Stagno del Parco (Margine Rosso).

I depositi palustri dello Stagno di Molentargius sono invece costituiti da argille limose ed erano costituiti dal trasporto solido proveniente dai corsi d'acqua minori provenienti dalla fascia pedemontana.

I rapporti stratigrafici con altre unità sedimentarie sono stati osservati sulle sponde dello stagno di Molentargius e nell'area dell'ex Stagno di Monserrato, dove i depositi palustri giacciono su ghiaie alluvionali poligeniche, con clasti ben elaborati di metamorfiti prevalenti, ascritte ai depositi alluvionali recenti olocenici.

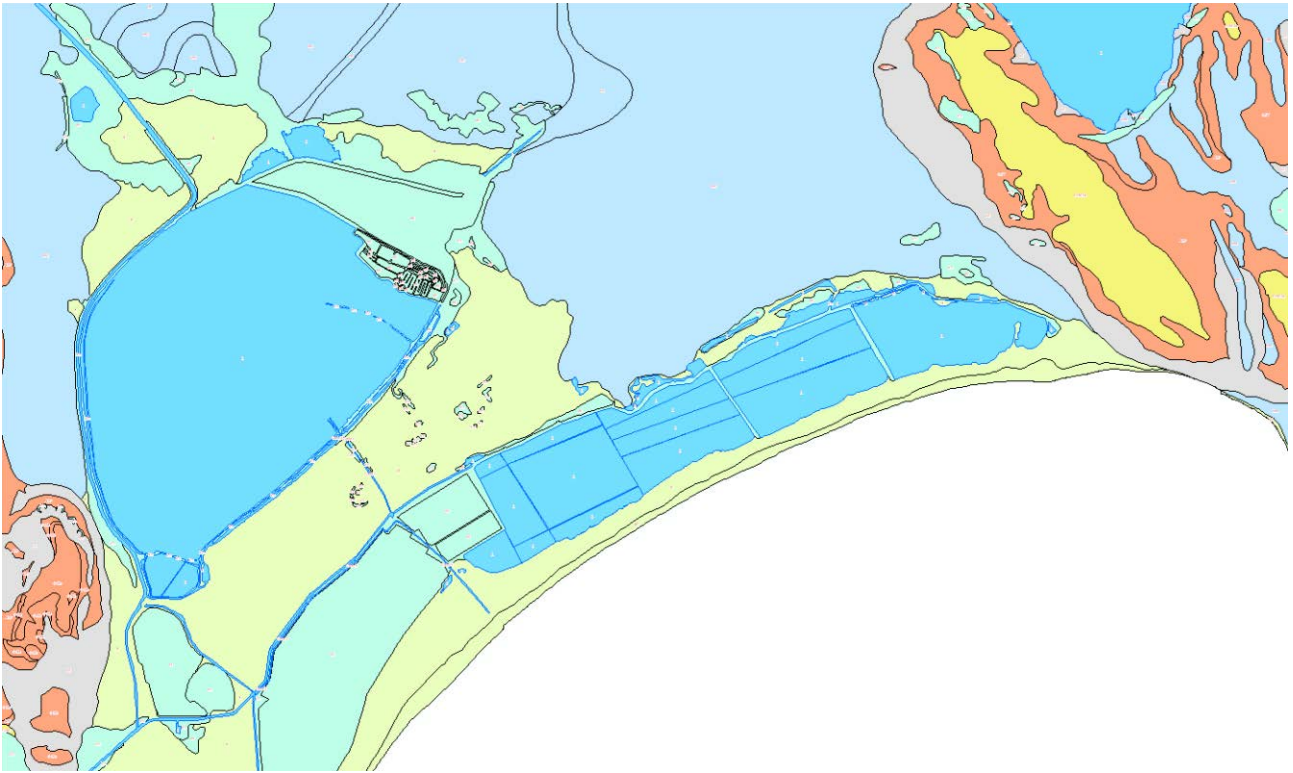
Sedimenti fini sono stati descritti nella parte interna dello Stagno di Molentargius, lo Stagno del Parco e gli stagni più interni di Simbirizzi, San Forzorio, e su Staini di Mara.

### **6.1.12 Depositi alluvionali degli alvei attuali (b, b2, bna, bnb)**

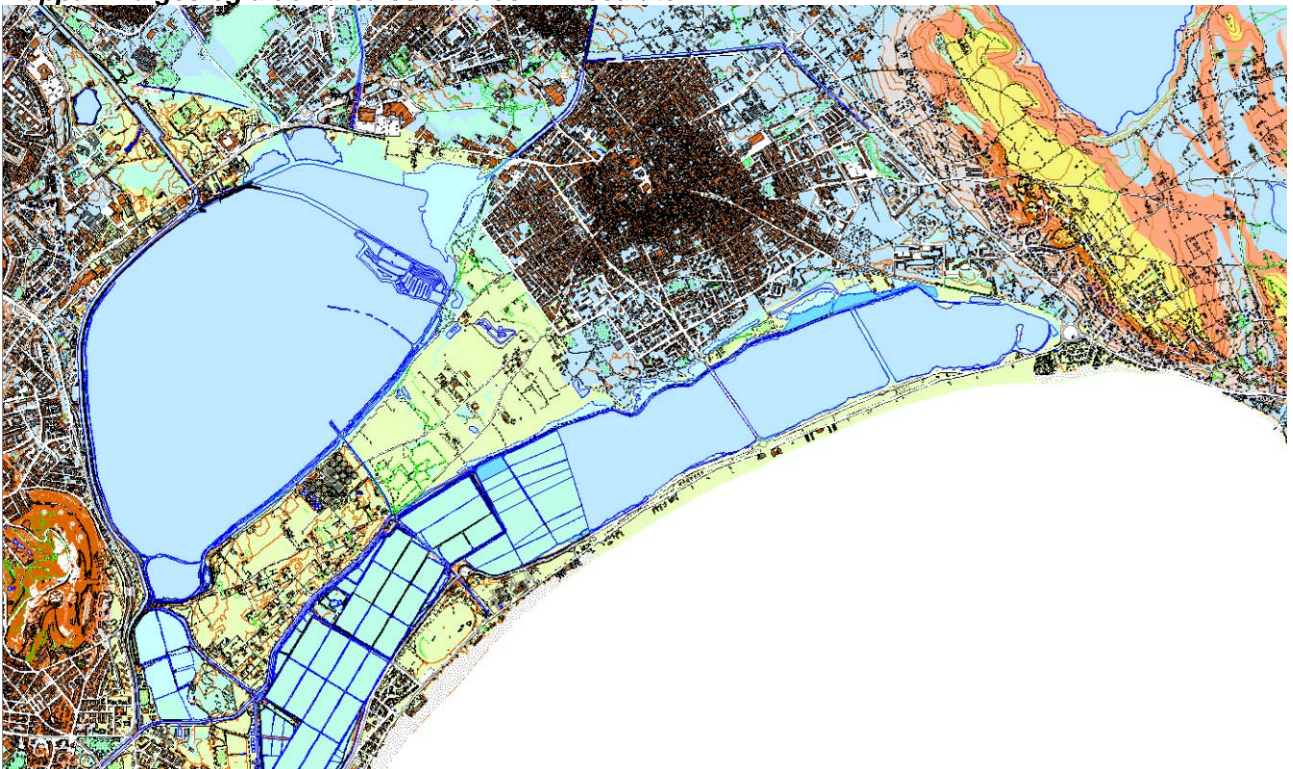
Sono generalmente ghiaie grosse e sabbie che formano conoidi terrazzate. Lungo gli alvei fluviali presenti dell'intera area si riscontrano depositi alluvionali di diversa natura in funzione delle molteplici litologie attraverso le quali scorrono i corsi d'acqua e della loro energia. Si tratta comunque di alluvioni all'interno delle quali è possibile fare una distinzione a seconda del materiale predominante; abbiamo così depositi dei letti fluviali ghiaie prevalenti, sabbie prevalenti e limi e argille prevalenti. Il loro spessore è difficilmente valutabile anche se dovrebbe aggirarsi, al massimo, intorno ai 10 m.

## **7 IL SETTORE OCCIDENTALE**

L'area comprende l'ambito del contesto degli stagni di Molentargius, delle Saline, dello scomparso Pauli Pirri e del sistema di pedemontano Pitz'e Serra – Margine Rosso.



**Mappa – La geologia dell'area senza e con l'insediato**



La successione stratigrafica è rappresentata da una potente serie terziaria che nel settore affiora con la formazione delle Arenarie di Pirri (ADP).  
 Su di essa in molti tratti del sistema is Arenas – Medau su Cramu e Quartu affiora il Tirreniano con la facies della “Panchina” (Auct.).

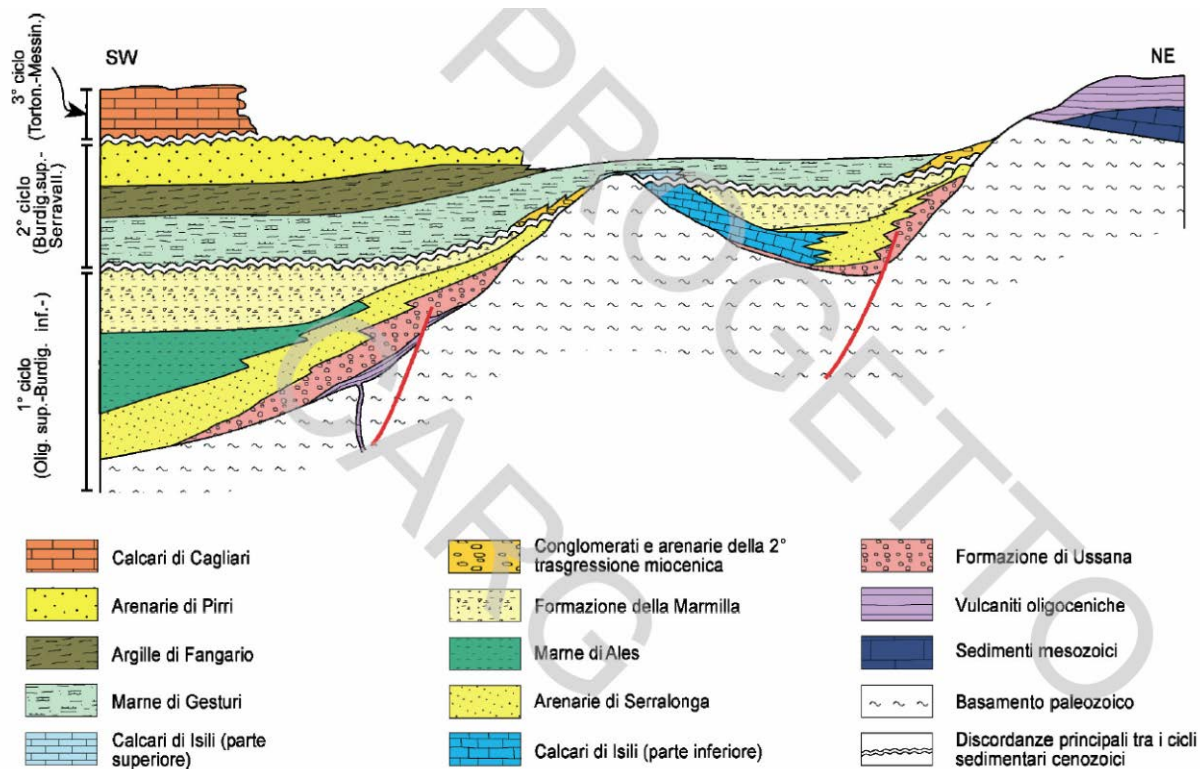


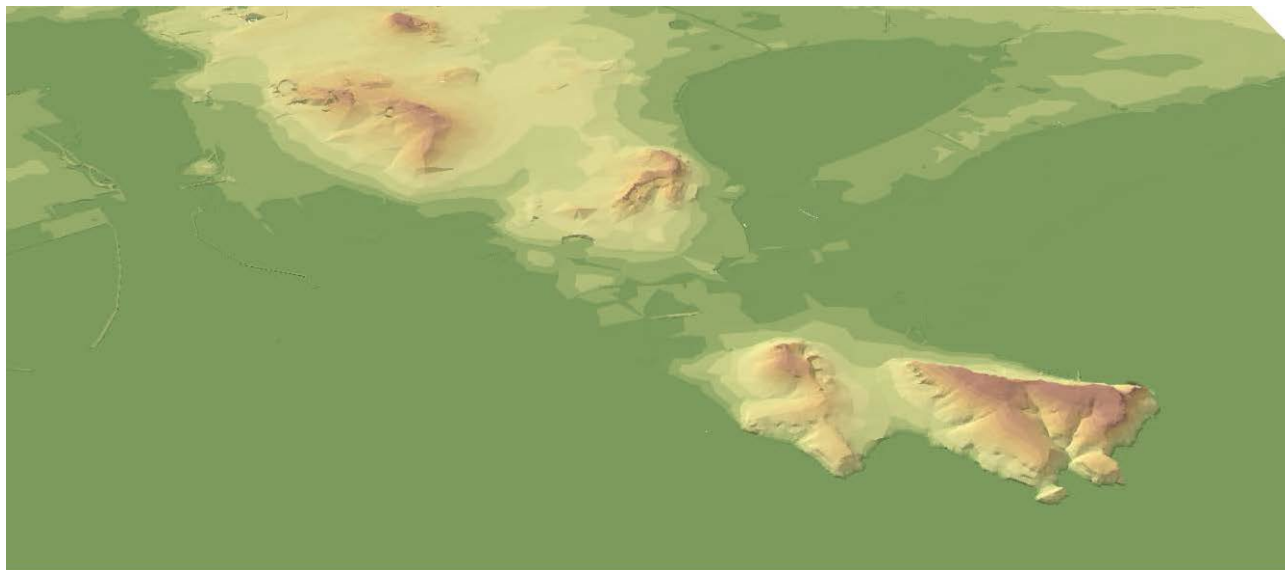
Fig. 5 - Schema dei rapporti stratigrafici delle formazioni cenozoiche della Sardegna meridionale (da CARMIGNANI et alii, 2001b, modificato).

**Mappa – Lo schema stratigrafico rappresentante il settore est del golfo, verso i rilievi paleozoici**



## 8 ASSETTO GEOMORFOLOGICO GENERALE

L'area vasta che comprende il settore di progetto è rappresentata da una penisola allungata lungo una direzione NW-SE, emergente dalla piana campidanese e protendentesi il mare quale ultima parte delle formazioni terziarie sedimentarie che colmano la fossa campidanese.



**Modello 3d – Il sistema dei colli cagliaritani e la “penisola” miocenica**

Le parti più alte del sistema dei rilievi (San Michele, Monte Urpinu, Calamosca - Sant'Elia etc.) sono in genere costituite dai termini più resistenti della serie miocenica, ed in particolare dalla “Pietra Forte”.

La sequenza stratigrafica che li caratterizza è costituita da un'impaccamento di strati di origine marina depositisi nel corso del Miocene. La serie mostra, dal basso verso l'alto, una successione di formazioni prima più terrose, poi progressivamente più consistenti e lapidee.

Tale parte sommitale è costituita dalla cosiddetta “Pietra Forte” costituita da calcari organogeni cristallini con fratturazione localmente accentuata ma sempre caratterizzati da elevate caratteristiche meccaniche.

Al disotto di essa sono presenti in sequenza le formazioni della “Pietra Cantone “

Le informazioni provenienti da sondaggi effettuati nel corso degli anni nell'area cagliaritana, nonché le informazioni provenienti da scavi ed affioramenti, sommati a prove geofisiche di varia natura ci hanno consentito di ricostruire l'andamento della geologia al disotto delle superfici esposte.

Le quote assolute minime delle formazioni rocciose più vicine, pari a circa 6 m s.l.m.m., sono state indagate a vista nel settore affacciatesi su Via Sant'Avendrace. Le indagini operate per la costruzione del palazzo Tirso, dalla SES, mostrano alla profondità di circa 7, in corrispondenza dello spigolo verso l'INPS, la formazione della “Pietra Forte”. Quando affiorante, cosa che accade in vari punti dell'area urbana, la roccia si presenta, lapidea e talvolta intensamente fratturata. Le caratteristiche della roccia, come mostrano i risultati delle prove d'archivio, sono comunque buoni e, fatto salvo qualche risultato legato a fratture latenti, le caratteristiche meccaniche sono di buon livello.

I settori dello stagno di di Santa Gilla e di quello di Molentargius e Quartu sono invece perimetrati interamente da depositi quaternari e subordinatamente terziari.

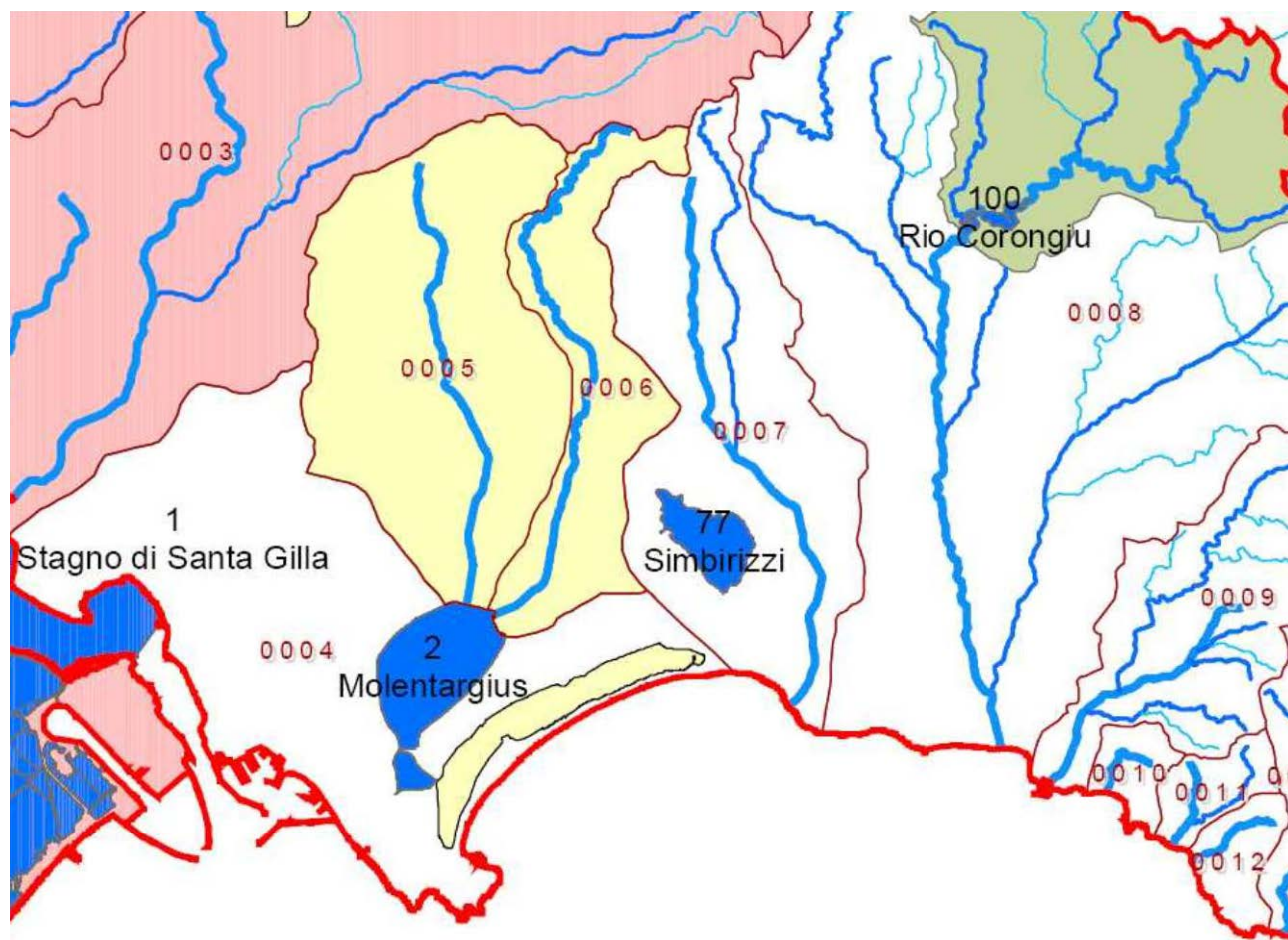
Le rive sono state rimodellate più volte nel quaternario stesso e testimoniano dei diversi innalzamenti ed abbassamenti del livello del mare.

## 9 IL SISTEMA DELLE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI NEL TERRITORIO DEL PARCO

Per definire i caratteri idrogeologici del territorio comunale sono stati analizzati gli aspetti riguardanti l'idrografia superficiale, sono stati descritti i caratteri idraulici delle formazioni rocciose presenti e sono state descritte le principali unità idrogeologiche.

### 9.1.1 IDROGRAFIA SUPERFICIALE

Il territorio del Parco è costituito dalla parte valliva del settore orientale della conca cagliaritana e da un lembo del rilievo del Monte Serpeddì.



**Mappa – La suddivisione in bacini fatta dal Piano Tutela delle Acque RAS**

L'idrografia superficiale del settore montano, è costituita da alcuni torrenti che drenano le acque del versante occidentale del Serpeddì che confluiscono in parte nel Rio is Cungiaus, da NE, e proseguono verso il confine SE del territorio comunale, attraversando l'abitato.

I torrenti che scendono lungo il versante SO di Chiccu Landiri alimentano il Rio de Guardiedda.

Il settore orientale di su Pranu alimenta il Rio di San Giovanni mentre il settore occidentale alimenta il Rio Cannas che si getta in territorio di Sestu.

Questi ultimi bacini sono tutti caratterizzati da bacini imbriferi di limitata estensione e da regimi di tipo torrentizio, strettamente legati all'andamento delle precipitazioni.



***Mappa - Idrografia sul modello del suolo***

Il pattern subdendritico del reticolo idrografico del settore paleozoico versante indica un certo controllo strutturale della rete idrografica.

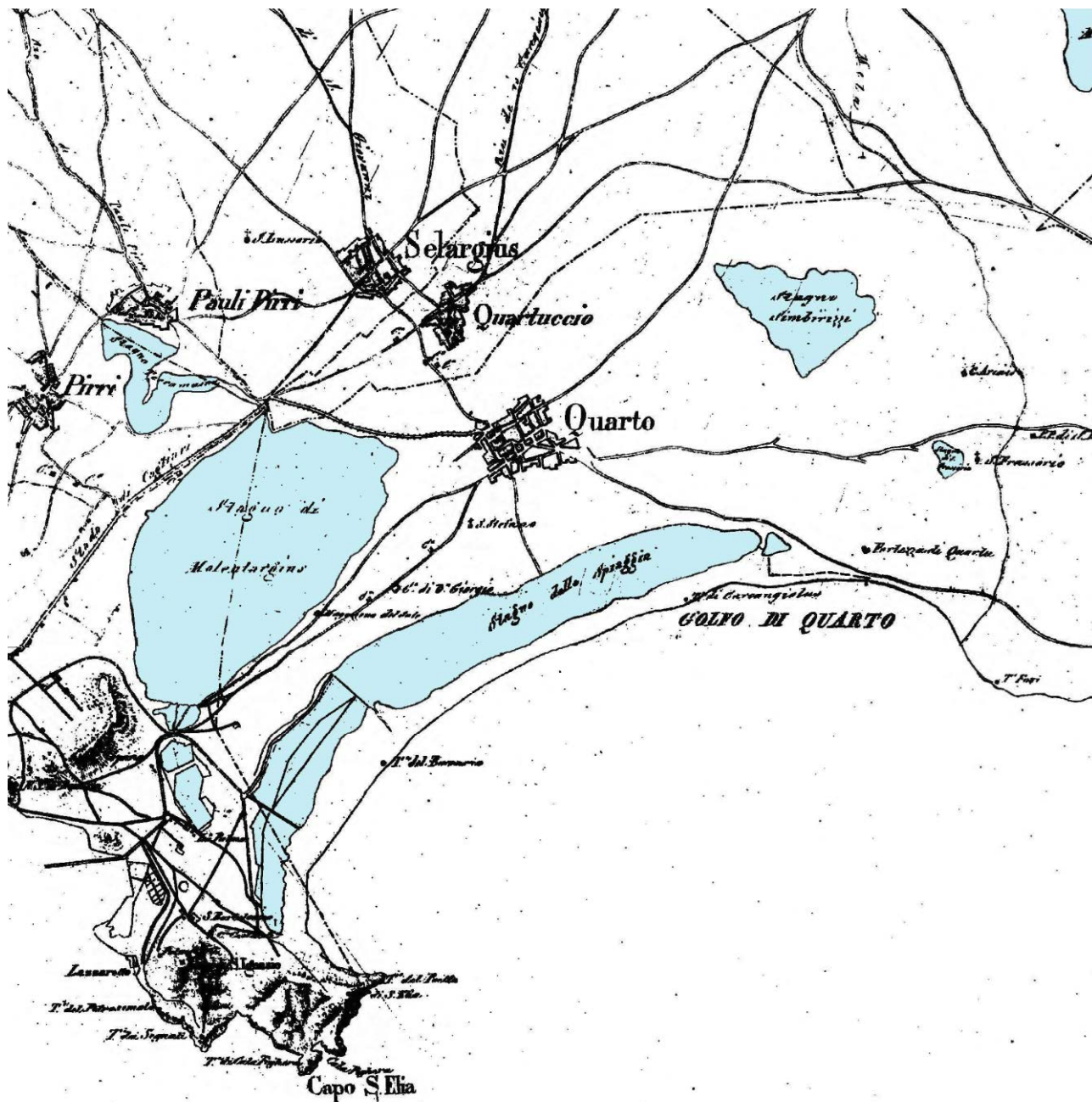
Gli altri corsi d'acqua mostrano un corso declive e lineare, con pendenza ridotta e una sezione alveale scarsa, con una marcata tendenza al disalveamento nei momenti di piogge intense.

La parte montana degli impluvi è generalmente orientata NE-SO, e NO-SE, mentre nella parte pedemontana l'orientazione dominante ruota in varie direzioni.

Sulla base della morfologia e delle cartografie storiche è stata ricostruita una idrografia antecedente le trasformazioni degli ultimi 3 secoli.

Il tale mappa sono evidenti le presenze di ampi specchi acquei concatenati tra loro e costituenti il recettore ultimo dei corsi d'acqua che drenano i rilievi paleozoici.



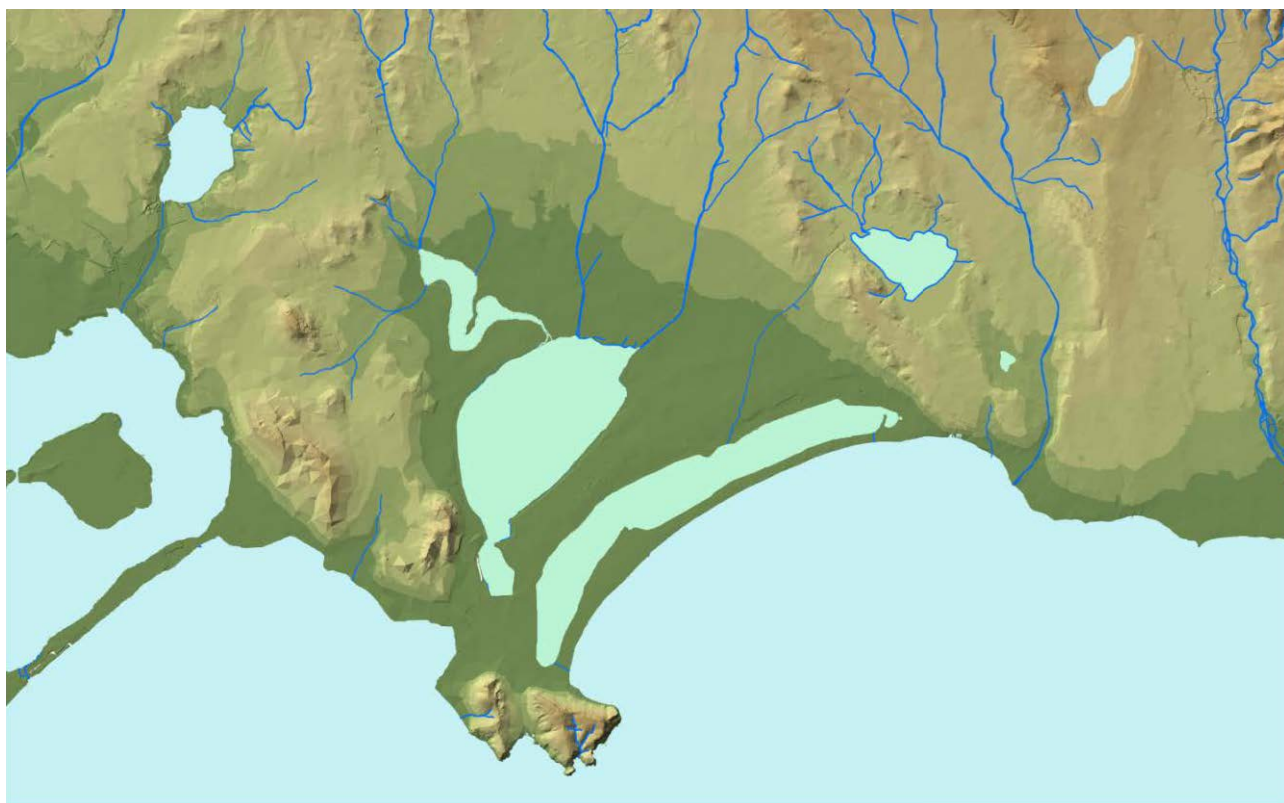


Mappa – La Marmora 1834

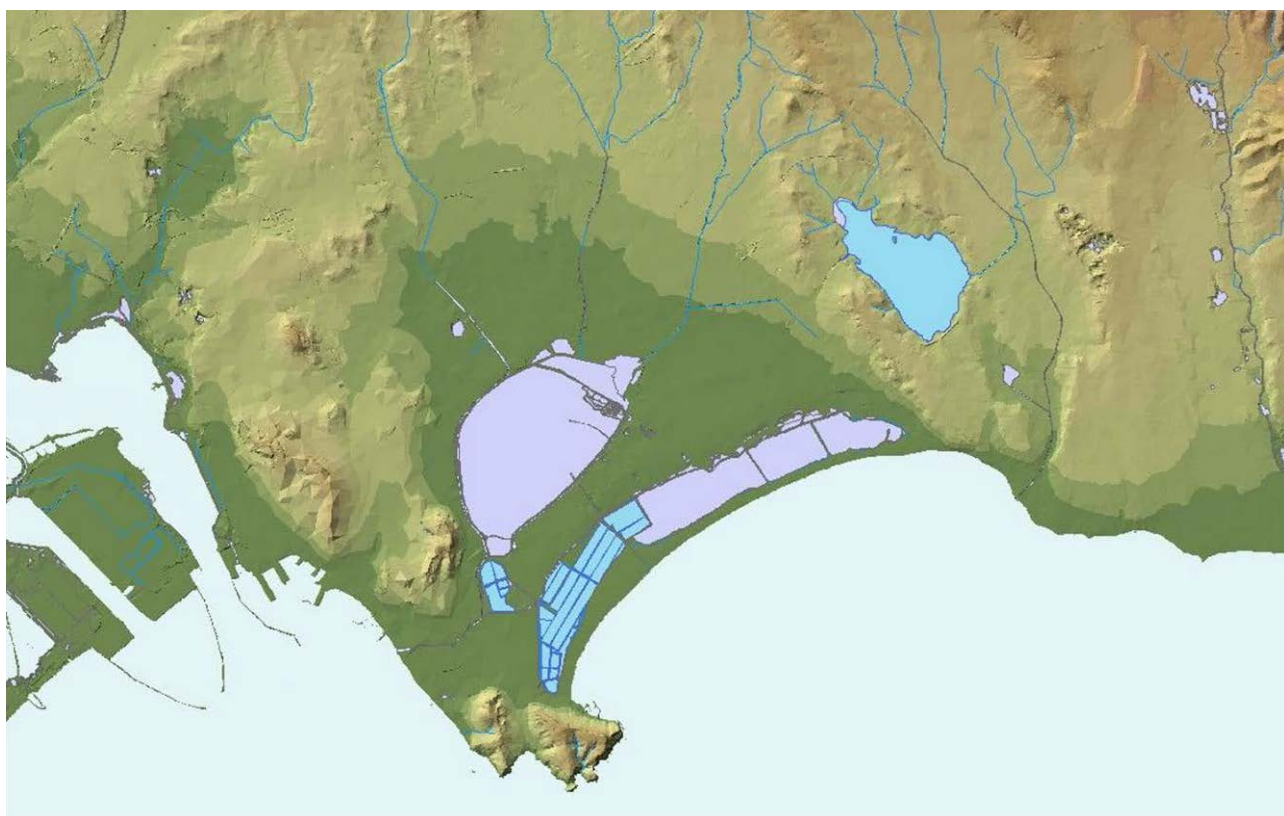


**Mappa –IGM 1900**





***Mappa – Idrografia antecedente le grandi modificazioni degli ultimi 300 anni***



***Mappa – Idrografia attuale***

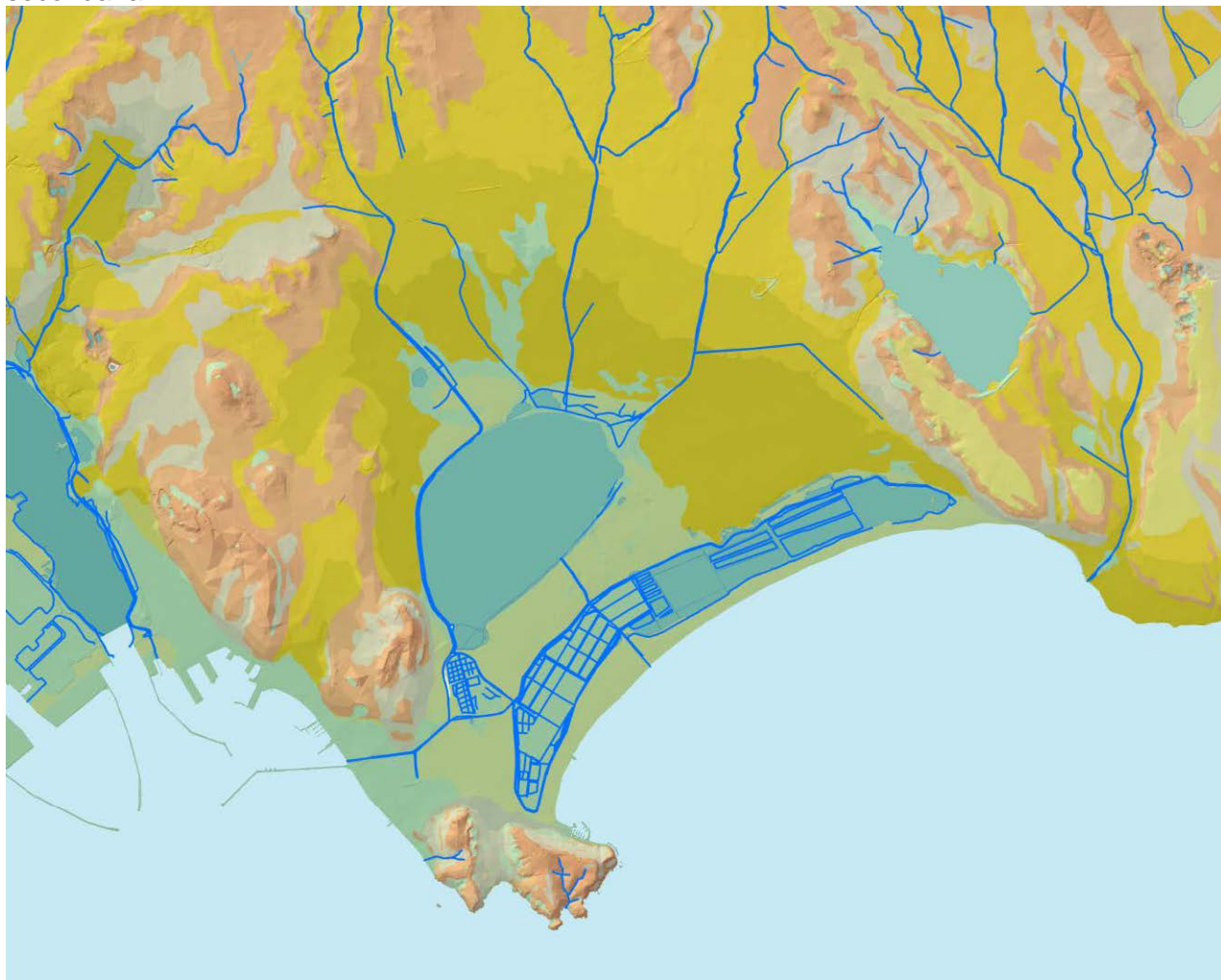
La descrizione delle caratteristiche idrauliche dei materiali presenti nel territorio comunale di Quartu Sant'Elena è basata sulle osservazioni dirette e su quanto riportato in letteratura. Le rocce, in funzione della loro natura, origine e storia geologica, possono presentare caratteri tali da consentire l'assorbimento, l'immagazzinamento, il deflusso e la restituzione di acque sotterranee in quantità apprezzabili, o possono non presentare tali caratteri. Le rocce che hanno la capacità di permettere il deflusso e la restituzione delle acque sotterranee vengono dette rocce serbatoio o acquiferi.



In idrogeologia si parla di rocce permeabili e rocce impermeabili, in relazione alla facilità con cui l'acqua sotterranea penetra, circola e si distribuisce nel sottosuolo. Sono definite permeabili le rocce nelle quali le acque si muovono con una velocità tale da permetterne la captazione, sono invece "impermeabili", quelle nelle quali, in condizioni di pressione naturali, per mancanza di meati comunicanti e/o sufficientemente ampi, non è possibile rilevare movimenti percettibili delle acque. La permeabilità viene distinta in due tipi fondamentali: primaria e secondaria, a seconda che sia una caratteristica congenita o acquisita. La permeabilità primaria, o in piccolo, è tipica delle rocce porose, caratterizzate da vuoti intercomunicanti fra i granuli, ed è una proprietà intrinseca del



litotipo, poiché la formazione dei meati è singenetica alla formazione della roccia. Solo in alcuni casi, come nei prodotti di alterazione dei graniti e delle arenarie la permeabilità per porosità è secondaria.



**Mappa – Il rapporto tra formazioni geologiche e reticolo idrografico sotteso dal sistema Terramaini – Molentargius**

La permeabilità secondaria, detta anche per fratturazione, o in grande, è invece tipica delle rocce, sia coerenti che compatte, fessurate. Questa è generalmente una proprietà acquisita, dovuta principalmente a sforzi tettonici o da decompressione, che hanno determinato l'apertura di fessure, spesso successivamente allargate da processi chimico-fisici. Si può parlare di proprietà intrinseca solo nel caso in cui la permeabilità è dovuta a fessure singenetiche, ossia che si sono formate contemporaneamente alla formazione della roccia come giunti di raffreddamento, nelle rocce laviche, giunti di stratificazione e piani di scistosità nelle rocce sedimentarie e metamorfiche.

Esiste anche un altro tipo di permeabilità, quello per carsismo.

Le rocce oltre che per il tipo di permeabilità possono essere distinte anche per il grado di permeabilità, che può essere espresso in termini relativi, quindi in modo qualitativo, alta, media e bassa, o in termini assoluti, quindi in modo quantitativo con il coefficiente di permeabilità  $k$  in cm/s.

Per quanto riguarda i caratteri idraulici le formazioni geologiche, che costituiscono il territorio comunale, possono essere suddivise in due gruppi: rocce compatte lapidee e rocce sciolte.

Ricadono nel primo gruppo le formazioni paleozoiche, le quarziti ed i conglomerati eocenici, le litofacies marnoso-arenacee e marnose mioceniche e le vulcaniti basaltiche.

Le rocce ignee e metamorfiche, che compongono la serie paleozoica, presentano porosità inferiore all'1% ed inoltre i pori non sono comunicanti. Conseguentemente la permeabilità per porosità può essere considerata pressoché nulla. Tuttavia queste rocce possono essere permeabili per la presenza di giunti, fratture e zone areate. La morfologia, spesso tormentata non favorisce sempre un'ottimale infiltrazione dell'acqua.

Nelle rocce intrusive la permeabilità è dovuta principalmente allo stato di fratturazione ed alterazione degli ammassi rocciosi. Nel Serpeddi e Settefratelli, dove queste rocce, rappresentate

da tonaliti, monzograniti e leucograniti, talvolta cataclastici, hanno subito una forte tettonizzazione, queste rocce presentano un grado di permeabilità da basso a medio, funzione dello stato di fratturazione. Le fasce di granitoidi cataclastici, sono pertanto le aree dove è possibile intercettare falde sotterranee di una certa potenzialità.

Nelle rocce metamorfiche la permeabilità per porosità è irrilevante. Solo nelle zone di alterazione e lungo le superfici di scistosità può avvenire una certa circolazione idrica. Nel Serpeddi e Settefratelli, i diversi eventi deformativi paleozoici, hanno determinato la fratturazione, talvolta accentuata degli ammassi rocciosi metamorfici, che presentano inoltre un elevato grado di scistosità. La presenza di queste discontinuità portano a ritenere che gli ammassi rocciosi siano interessati da una certa circolazione idrica. La permeabilità di queste rocce, generalmente bassa, risulta in queste condizioni media e, nelle aree più intensamente fratturate o cataclastiche, può raggiungere localmente livelli anche alti. Questo fatto è testimoniato dalla presenza di un certo numero di manifestazioni sorgentizie, che si rinvencono ubicate lungo i contatti degli affioramenti paleozoici e lungo le principali lineazioni tettoniche.

I conglomerati e le quarziti eoceniche, per quanto estremamente cementati, interessati da una fitta rete di giunti di fratturazione e localmente, soprattutto al contatto con le formazioni paleozoiche, da un certo grado di alterazione, presentano permeabilità media per fratturazione. L'acqua si infiltra lungo i piani di frattura e percola lentamente all'interno delle bancate, fino a raggiungere le fasce alterate alla base della formazione e può quindi alimentare le rocce metamorfiche sottostanti, caratterizzate da elevata scistosità e fratturazione.

Le litofacies mioceniche marnoso-arenacee, possono ospitare corpi idrici limitati. La sequenza sedimentaria è infatti caratterizzata dall'alternarsi di bancate arenacee, bancate arenaceo-marnose e livelli francamente marnosi. I livelli arenacei mostrano permeabilità media per porosità e fratturazione, quelli marnoso-arenacei permeabilità da bassa a media, mentre quelli francamente marnosi, se non fratturati, mostrano permeabilità quasi nulla. La circolazione idrica sotterranea è pertanto disturbata dalla presenza dei livelli marnosi, che costituiscono dei setti impermeabili, all'interno dell'ammasso roccioso, che limitano i movimenti dell'acqua. Solo i livelli arenacei ed arenaceo-marnosi sono pertanto interessati da una certa circolazione idrica.

In queste litologie sono spesso presenti acquiferi confinati, talvolta con un certo grado di salienza, come riscontrato in alcuni pozzi in esse trivellati.

Le facies marnose mioceniche, caratterizzate da permeabilità da bassa a molto bassa, non sono interessanti come rocce serbatoio.

Le lave basaltiche, generalmente caratterizzate da una fitta rete di giunti di raffreddamento, costituiscono invece delle buone rocce serbatoio.

I sedimenti a grana da fine a molto fine, presentano una porosità relativamente elevata ed una permeabilità molto bassa, in quanto gli interstizi fra i granuli che compongono la roccia hanno diametri assai piccoli che non permettono il deflusso delle acque. Esse pertanto agiscono come barriera al movimento dell'acqua, anche se hanno la capacità di immagazzinare grandi quantità d'acqua, che può defluire molto lentamente.

I sedimenti a granulometria maggiore, composti cioè da sabbie, ghiaie e ciottoli di ambiente fluviale, con porosità comprese tra il 20%, nei depositi grossolani scarsamente selezionati, ed il 40%, nei materiali uniformemente selezionati, costituiscono dei buoni acquiferi.

La maggior parte degli acquiferi in tali depositi presentano permeabilità variabile tra  $1 \times 10^{-4}$  e  $1 \times 10^{-3}$  cm/s, anche se non è infrequente trovare valori superiori a  $5 \times 10^{-3}$  cm/s. Pozzi scavati in tali depositi possono mostrare rendimenti moderati, anche se si possono riscontrare rendimenti maggiori se lo strato permeabile è potente, come nel caso di canali sepolti.

Le sabbie e le ghiaie sono quindi i depositi detritici più importanti per quel che riguarda le riserve d'acqua sotterranee.

Naturalmente i valori riportati non tengono conto delle facies intermedie, spesso le più frequenti, che contengono una frazione grossolana immersa in una matrice da sabbiosa ad argillosa o limosa e del grado di cementazione dei depositi, fatti questi che influiscono negativamente sulla permeabilità.

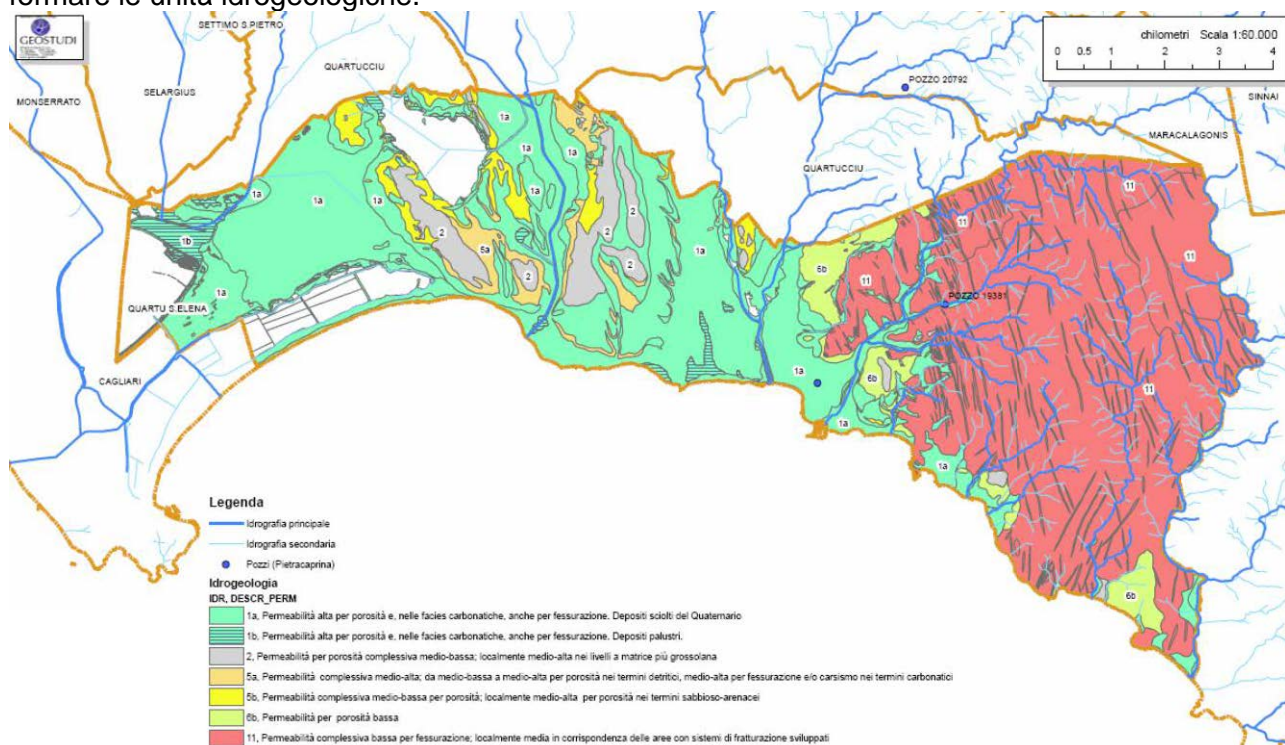
I depositi alluvionali olocenici e subattuali, che si rinvencono lungo gli alvei dei corsi d'acqua che attraversano il territorio comunale, ciottoloso-ghiaioso-sabbiosi, sciolti, presentano invece una porosità efficace maggiore dei conglomerati oligocenici e delle alluvioni antiche, conseguentemente la loro permeabilità è generalmente medio-alta, anche se si possono avere, in funzione della percentuale di materiali fini presenti, situazioni in cui la permeabilità decresce ed altre in cui invece aumenta consistentemente.

I depositi detritici, che si rinvenivano alla base dei versanti, composti da clasti di varie dimensioni e blocchi di rocce paleozoiche ed eoceniche, immersi in matrice argillosa, presentano permeabilità da scarsa a media. Il grado permeabilità è funzione della maggior o minor quantità di materiali fini presenti.

## 9.2 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Dopo aver analizzato e descritto la circolazione idrica superficiale e le proprietà idrauliche delle diverse formazioni presenti 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 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.



**Mappa – Le caratteristiche idrogeologiche del territorio del Parco, pozzi**

Le unità idrogeologiche identificate sono le seguenti unità:

- 1a, Permeabilità alta per porosità anche per fessurazione. Depositi sciolti del Quaternario
- 1b, Permeabilità alta per porosità anche per fessurazione. Depositi palustri.
- 2, Permeabilità per porosità complessiva medio-bassa; localmente medio-alta nei livelli a matrice più grossolana
- 5a, Permeabilità complessiva medioalta; da medio-bassa a medio-alta per porosità nei termini detritici, medio-alta per fessurazione e/o carsismo nei termini carbonatici
- 5b, Permeabilità complessiva mediobassa per porosità; localmente medio-alta per porosità nei termini sabbioso-arenacei
- 6b, Permeabilità per porosità bassa
- 11, Permeabilità complessiva bassa per fessurazione; localmente media in corrispondenza delle aree con sistemi di fratturazione sviluppati.

La distribuzione areale delle diverse unità idrogeologiche è derivata dalla carta geologica allegata.

La trasmissività idraulica di alcune formazioni del settore è descritta nelle Note Illustrative del Foglio 557 della Carta Geologica.

A sud di Sestu, alla base di Cuccuru Is Colorus, la trasmissività risulta  $1,46 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{sec}$ . Nell'abitato di Sestu, presso l'Azienda Avicola Spano, in un pozzo con portata di 6 l/sec è stata determinata una trasmissività di  $9,38 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$ .

In quest'area, il valore più alto della trasmissività (T) è stato rilevato in località Bosco Piredda in prossimità della strada per l'aeroporto di Elmas, con  $1,85 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$  per una portata costante di 16,90 l/sec (PALA et alii, 1982).

Prove di emungimento sull'acquifero profondo eseguite presso Pauli Arbei, hanno evidenziato una portata di 2 l/sec con  $T = 8,2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{sec}$ , e presso l'Azienda Zuddas, con 0,56 l/sec di portata e  $T = 1,04 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{sec}$ .

#### **1a, Permeabilità alta per porosità anche per fessurazione. Depositi sciolti del Quaternario**

Sono ubicati lungo le aree depresse ed in particolare lungo gli impluvi dei corsi d'acqua che drenano parti di rilievo paleozoico.

Altrove bordano, con aree strette ed allungate, gli alvei delle altre aste e comunque occupano la parte più depressa degli impluvi principali.

Le alluvioni dei rii con bacino prevalente nel cenozoico, sono costituite da una maggiore percentuale della frazione argillo-limosa, tanto da presentare in alcuni settori con suoli a marcati caratteri vertici. Non si osservano invece sostanziali variazioni di permeabilità lungo il profilo verticale dei singoli depositi alluvionali.

#### **1b, Permeabilità alta per porosità anche per fessurazione. Depositi palustri**

### **2, Permeabilità per porosità complessiva medio-bassa; localmente medio-alta nei livelli a matrice più grossolana**

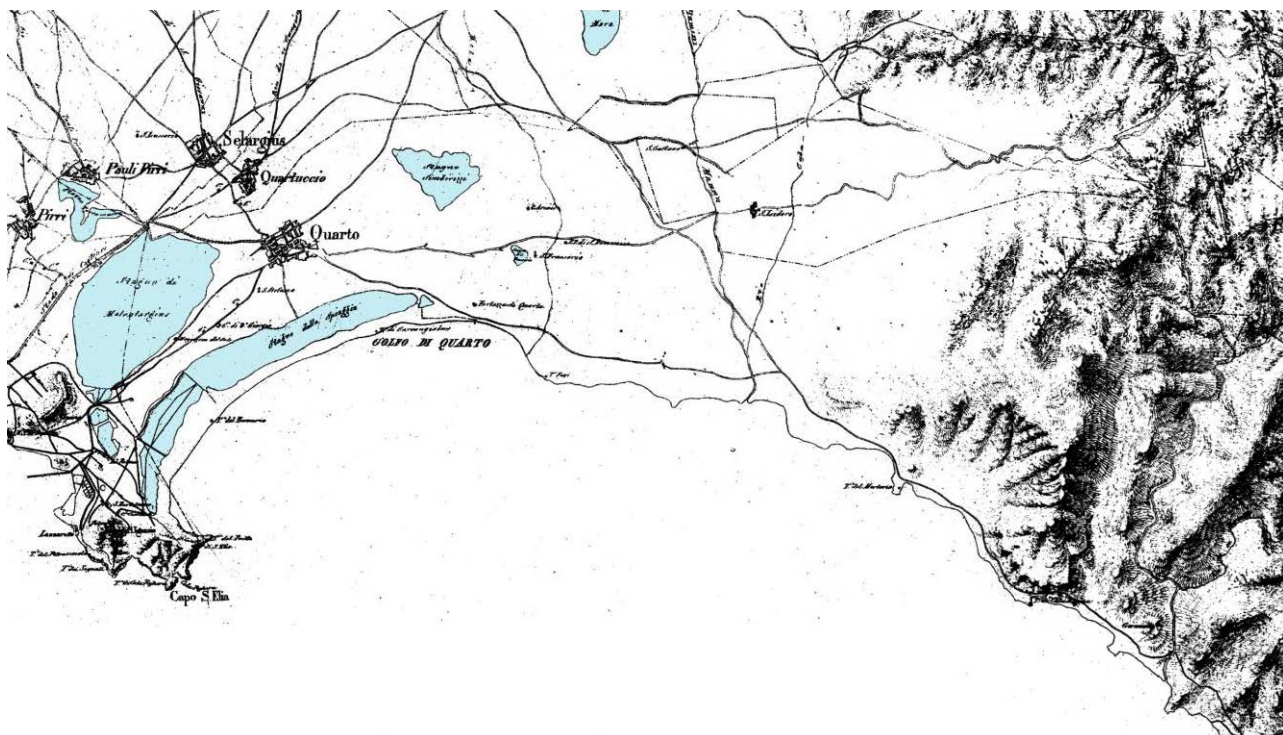
**5a, Permeabilità complessiva medioalta; da medio-bassa a medio-alta per porosità nei termini detritici, medio-alta per fessurazione e/o carsismo nei termini carbonatici**

**5b, Permeabilità complessiva mediobassa per porosità; localmente medio-alta per porosità nei termini sabbioso-arenacei**

#### **6b, Permeabilità per porosità bassa**

**11, Permeabilità complessiva bassa per fessurazione; localmente media in corrispondenza delle aree con sistemi di fratturazione sviluppati**





*Evoluzione del sistema idrografico negli ultimi 170 anni*

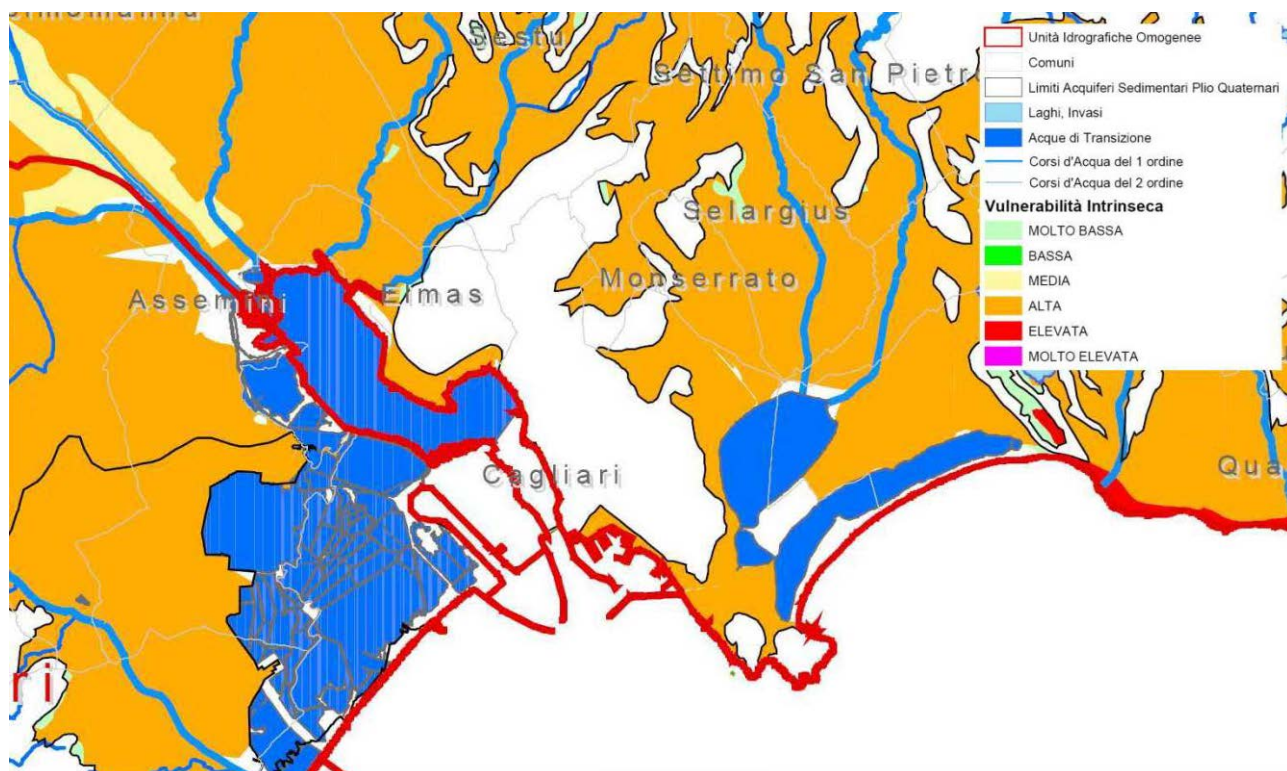
### 9.2.1 LA FALDA FREATICA

Lo studio idrogeologico della falda superficiale è stato possibile grazie alle misurazioni del livello freatico in gran parte del territorio comunale. Le rilevazioni sono datate eterogeneamente ma, comunque hanno attendibilità sufficiente per la ricostruzione dell'andamento della falda nelle aree di proposta trasformazione e in ogni caso hanno consentito di ottenere buone informazioni circa il livello freatico solo nel paese e negli immediati dintorni.

Pertanto, nella restante porzione del territorio, l'andamento della falda acquifera è stato solo ipotizzato e la lacunosità dei rilievi è stata espressa, nell'apposita carta, con isopieze rappresentate da linee tratteggiate.

La formazione che comprende l'acquifero è costituita quasi esclusivamente dalle formazioni cenozoiche rappresentate nel settore dalle marne di Gesturi contraddistinte da una permeabilità per porosità più o meno bassa, in ragione della quantità di frazione argillosa presente nella matrice; le alluvioni recenti ospitano la parte sommitale della falda solo quando presentano potenze superiori ad alcuni metri.

In modo schematico la struttura idrogeologica della zona può essere rappresentata dalle alluvioni recenti, che costituiscono il corpo dell'acquifero superficiale poggianti su un substrato poco permeabile rappresentato da depositi terziari.



**Mappa – La Vulnerabilità intrinseca delle falde attribuita dal Piano Tutela Acque RAS**

## 9.2.2 PIEZOMETRIA DELLE FALDE

I dati riportati integrano informazioni provenienti da varie fonti.

Una parte dei dati provengono dalle Note del Foglio 557 del CARG e sono eseguiti da A. Pala (Università di Cagliari), mentre altri sono legati ad altri studi precedenti (CASMEZ, Progetto Speciale n°25, 1983).

Nella piana a nord di Quartu S.E. la falda freatica ha come acquifero la porzione sommitale della successione arenaceo-marnosa miocenica e parte della sovrastante copertura alluvionale quaternaria. Si tratta di una falda con potenzialità ridotta; lo strato saturo è potente in media 2 m e l'acqua spesso presenta tenori di salinità elevati con residuo fisso intorno a 5 g/l. Una zona di alimentazione si individua lungo gli alvei dei rii Cungiaus e S. Giovanni.

Nell'area più a meridione dello stesso territorio (Quartucciu, Selargius) l'acquifero è costituito dalle sabbie conglomeratiche del Quaternario marino che, dotate di buona permeabilità, permettono migliori portate nei pozzi grazie anche ad una maggiore potenza della falda (5 m circa). La soggiacenza è compresa tra 2 e 10 m ed i gradienti idraulici rilevati vanno dallo 0,38 al 3%.

Nell'areale tra Ussana, Sordiana, Dolianova e Soleminis l'acquifero alluvionale quaternario è di limitata potenza e la falda è molto prossima al piano di campagna.

Nel periodo invernale la soggiacenza non supera il metro di profondità; in alcuni punti, in prossimità di Dolianova e nella parte meridionale del comune di Soleminis, è affiorante e dà origine ad ampie zone paludose e ad emergenze che vengono incanalate per l'abbeveraggio degli animali. Proprio per l'esiguo spessore dell'acquifero il gradiente idraulico è elevato (1-2 %).

In alcuni casi come nel settore ad est, verso il pieno dei rilievi paleozoici, ha un certo interesse la falda profonda. I conglomerati basali oligo-aquitani (USS), immergenti verso ovest, passano verso l'alto ad arenarie (NLL2) più o meno sciolte e sono sottostanti alle marne mioceniche (GST), dando vita ad una falda in pressione di buona potenzialità.

Nei bacini costieri afferenti al Golfo di Quartu si sviluppa una falda freatica che ha come acquifero le alluvioni quaternarie. Il deflusso è orientato prevalentemente da nord a sud ed il gradiente idraulico è sempre piuttosto elevato, tra l'1 e il 3%. La soggiacenza della falda è mediamente compresa tra 2 e 10 m. Le isofreatiche evidenziano gli assi di alimentazione lungo i corsi d'acqua con spaziatura nel complesso regolare. In questi ultimi anni, l'intensa urbanizzazione delle aree costiere ha determinato un incremento degli emungimenti con conseguente abbassamento permanente del livello freatico, nonché ingressione di acqua salata nei pozzi più prossimi alla linea di costa.

Anche in questo settore è accertata la presenza di acquiferi profondi.

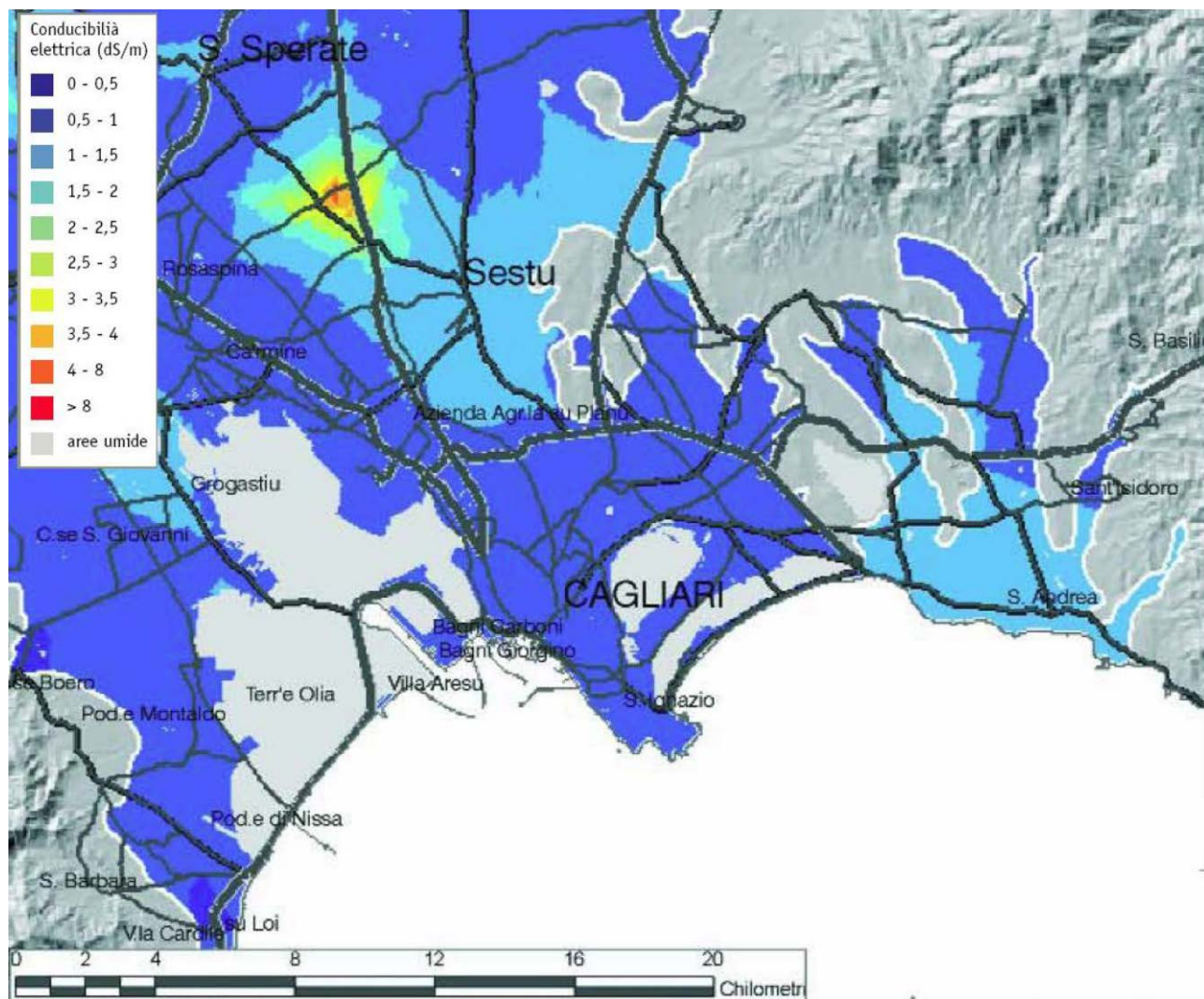


Presso lo Stagno di Maracalagonis, nel 1957, un pozzo di circa 200 m raggiunse nelle arenarie mioceniche (NLL2) una falda in pressione con portata spontanea di 0,5 l/sec. Nella piana alluvionale antistante, tra 60 e 150 m di profondità sono localizzati acquiferi in pressione impostati sui corpi sabbiosi ed arenacei intercalati nelle marne del Miocene medio (GST).

Da rimarcare che la qualità delle acque è spesso scadente per l'eccessiva salinità, la cui genesi sarebbe da ricondurre all'interazione acqua/roccia e alla presenza di probabili livelli evaporitici.

### 9.2.3 IDROGRAFIA SOTTERRANEA

Il settore del Parco è interamente ospitato in un'area depressa cui soggiace la superficie modellata sul sistema dei depositi terziari in parte continentali ed in parte marini, nei quali sono presenti sistemi di circolazioni idriche sotterranee differentemente protette e differentemente alimentate.



La presenza di sedimenti marini terziari, unitamente alla presenza di acque superficiali, costiere e retro costiere, alimentate da acque marine, predispone il sito ad una forte contaminabilità salina.

La circolazione idrica sotterranea all'interno delle formazioni marnoso arenacee e marnose terziarie produce acque con un alto contenuto di cloro e di magnesio.

Ad esse si somma l'ingressione del cuneo salino per sovrasfruttamento della falda dolce retro costiera cui in questo caso particolarissimo si aggiunge, in modo pur limitato, l'infiltrazione delle acque ospitate dai bacini evaporanti del compendio delle saline.

Il sistema è ulteriormente in condizioni critiche per lo scarso apporto meteorico e l'allontanamento della componente meteorica verso il mare attraverso il canale di Terramaini, nato appositamente per questo scopo.

Le misure effettuate a suo tempo dal consorzio Ramsar per il progetto omonimo, davano una elevata presenza di cloruri, sostanzialmente di sodio, nelle falde presenti in tutti i pozzi dell'area di Medau su Cramu – is Arenas.

## **9.2.4 LE RISORSE IDRICHE SOTTERRANEE: PREVENZIONE E CONTROLLO DELL'ALTERAZIONE DELLE CARATTERISTICHE QUALITATIVE E QUANTITATIVE**

Al fine di limitare il pericolo dell'alterazione delle caratteristiche qualitative e quantitative delle acque sotterranee sono state adottate una serie di misure che contribuiscono in modo parallelo al perseguimento del risultato proposto.

La Carta Idrogeologica deriva dalla elaborazione di informazioni connesse alle caratteristiche geolitologiche. La Carta contiene una zonazione della "permeabilità intrinseca" elaborata per complessi e situazioni idrologiche, ovvero attribuendo un grado di permeabilità all'insieme di più tipi litologici omogenei sulla base di caratteristiche strutturali, tessiturali e composizionali.

La zonazione della permeabilità è descritta nella cartografia idrogeologica ed è basata sul criterio della associazione per complessi e situazioni idrogeologiche.

Quest'ultimo metodo si basa sulla valutazione qualitativa, riferita a ciascun suolo e litotipo ed associazioni di litotipi omogenee, che tengono conto della permeabilità dell'acquifero e della sua tipologia.

### **9.2.4.1 Prescrizioni per le classi di permeabilità elevata e permeabilità media**

Nelle aree comprese nelle classi di permeabilità elevata e media non devono essere previsti impianti ed attività potenzialmente inquinanti, in particolare quelli per cui sono coinvolti scarichi, depositi, accumuli o stoccaggi direttamente contro terra di materie prime, prodotti, residui o reflui pericolosi per l'ambiente quali:

- Attività zootecniche industriali;
- Impianti di stoccaggio temporaneo o definitivo o di trattamento di rifiuti solidi urbani, rifiuti urbani pericolosi, rifiuti speciali pericolosi e non pericolosi;
- Impianti ed attività industriali particolarmente pericolosi a causa di emissioni, scarichi, residui o materie prime inquinanti;

### **9.2.4.2 Prescrizioni per le classi di permeabilità bassa**

Nelle zone comprese nella classe di permeabilità bassa, l'ammissibilità degli impianti e delle attività industriali connesse con un potenziale rischio di inquinamento è valutato sulla base di studi ed indagini ambientali e di impatto a largo raggio, fondati se necessario su campagne di rilevamento e di monitoraggio preventivo, del suolo, del sottosuolo e della risorsa idrica superficiale e sotterranea.

### **9.2.4.3 Prescrizioni particolari per le zone di ricarica della falda**

Le aree comprese nelle zone con permeabilità elevata, media e, per i comprensori per i quali abbia un significato idrogeologico, anche bassa (es. aree litoidi con fatturazione, aree detritiche collinari e montane, aree calcaree, aree alluvionali di fondovalle) che abbiano il ruolo, per posizione geografica o per rapporto stratigrafico, di aree di ricarica della falda dovranno essere tutelate contro l'inquinamento con criteri particolarmente cautelativi dalla disciplina di attuazione dello strumento urbanistico.

Tali zone sono identificate nella cartografia idrogeologica sulla base delle conoscenze specifiche acquisite nell'ambito degli studi geologici ed idrogeologici propedeutici del PUC.

Su queste zone vanno evitati non solo nuovi impianti ed attività indicate nel comma precedente, ma anche ogni altro punto o area a potenziale rischio di inquinamento e dovranno essere adeguati funzionalmente, potenziati se necessario e mantenuti nel miglior stato di efficienza gli impianti di depurazione ed i sistemi di collettamento dei reflui fognari.

La trasformazione del territorio urbano o rurale in zone di ricarica della falda è condizionata alla salvaguardia della capacità di infiltrazione efficace del suolo e quindi al mantenimento della maggiore proporzione possibile di aree permeabili.

### **9.2.4.4 Indirizzi per le classi di permeabilità elevata e permeabilità media**

Nelle classi di permeabilità media ed elevata il PUC regola, con il criterio della salvaguardia della risorsa sotterranea, le attività estrattive, le attività di raccolta, stoccaggio temporaneo e

smaltimento dei rifiuti, oltre a tenere sotto stretto controllo lo stato di efficienza, le condizioni di manutenzioni ed il grado di efficacia del comparto relativo alla depurazione e al collettamento dei rifiuti reflui fognari.

### **9.2.5 Indirizzi per la realizzazione di nuovi pozzi**

Ferma restando l'attuale procedura di acquisizione dell'autorizzazione o di comunicazione di R.A.S., nell'ambito delle funzioni di Ente con competenze amministrative all'interno del PUC, verifica, in fase del rilascio delle competenti autorizzazioni alla trasformazione di un'area, per quanto di propria competenza, la effettiva disponibilità della risorsa idrica e la sua provenienza ufficiale (presenza di pozzi esistenti, autorizzati o meno, autorizzazione alla trivellazione di nuovi pozzi) rispetto alle prescrizioni di tutela idrogeologica dell'area, onde prevenire ulteriori sovra sfruttamenti delle risorse idriche sotterranee.

Altresì andrà dimostrata la disponibilità idrica rispetto alle richieste di edificazione sia per uso tecnico aziendale che per uso abitativo.

Per uso abitativo andrà dimostrata la disponibilità di acque con caratteristiche idonee all'uso umano o alla previsione di attrezzature finalizzate alla potabilizzazione.

### 9.3 LE FORME ED I PROCESSI NEL TERRITORIO DEL PARCO

La conca orientale cagliaritana è il risultato della colmata della fossa tettonica terziaria operata dalle alluvioni antiche e recenti dei corsi d'acqua discendenti dalle pendici dei rilievi che ne formano le quinte.

Il territorio urbano di Quartu Sant'Elena, posto tra il piede del versante di su Paris e gli stagni di Molentargius e Quartu, in corrispondenza di un rio che discendeva da tale versante, presenta deboli pendenze e dislivelli poco significativi, è caratterizzato da forme piatte, poco articolate, talora depresse.

Nel complesso l'intero territorio comunale denota una importante articolazione di forme e paesaggi.

I processi morfogenetici più significativi sono quelli fluviali e di dilavamento dei versanti, nonché quelli relativi all'attività antropica. Di seguito vengono elencati i principali elementi morfologici espressi nella cartografia allegata.



**Mappa – Il territorio di Quartu Sant'Elena può essere suddiviso in tre grandi unità morfologiche omogenee**

L'erosione differenziale è forse il principale motivo della macromorfologia del territorio di Quartu.

Tra i bordi del Sarrabus, costituito da rocce paleozoiche metamorfiche ed intrusive, ed il livello del mare, affiorano terreni di età terziaria, molto più erodibili.

Le aree più elevate dell'area sono poste nel massiccio ercinico del Sarrabus, notevolmente peneplanato e reinciso da profonde valli.

Il paesaggio presente è schematicamente "giovane" e si è originato a discapito dell'antico peneplano ercinico, reinciso dalle valli recenti, di cui rimangono solo alcuni lembi che si rinvergono a NE a quote medie di 600-700 m, che si abbassano lievemente verso il Campidano. Lo spianamento ha interessato localmente anche gli affioramenti oligocenici-aquitani della formazione di Ussana, che affiorano sino a quote di 600 m nei settori a NO di Quartu.

La peneplanazione è presumibilmente il risultato di più eventi erosivi succedutisi nel tempo dal Triassico all'Oligocene e verosimilmente costituisce la riesumazione di un'antica superficie spianata. Lo spianamento della formazione di Ussana, nel settore di Soleminis - Dolianova, suggerisce comunque che parte di esso e della eventuale riesumazione siano successivi all'Aquitano.

Il brusco gradino tra le formazioni paleozoiche e quelle cenozoiche è in parte da associare ad erosione selettiva, sebbene sia orientato come numerose faglie e lineamenti strutturali paralleli al Campidano rilevate su questo settore.



Ai piedi dei versanti, modellato sulle formazioni terziarie, si rinviene il terrazzo alluvionale del Pleistocene superiore, fortemente smembrato dall'erosione delle valli. Prima della fase di aggradazione in quest'area si erano modellati estesi pediment-glacis di erosione.

Al contrario, le conoidi oloceniche sono ancora facilmente riconoscibili e localmente tuttora attive.

L'approfondimento del reticolo idrografico ha generato una tipica morfologia a terrazzi che ha interessato sia le parti prossimali che le parti distali e le pianure alluvionali anche oloceniche, come dimostrato dal rinvenimento di ceramiche fluite e dalla datazione effettuata a Sa Matta Manna (Canale EAF).

Le dinamiche costiere hanno risentito fortemente dell'apporto di sedimenti fluviali. Nel Pleistocene superiore i corsi d'acqua portavano sedimenti sin al bordo della scarpata continentale e le morfologie relative sono in larga parte sepolte dalle dinamiche oloceniche; sembrano fare eccezione i lembi di depositi litorali, per i quali è prospettata un'età tirreniana.

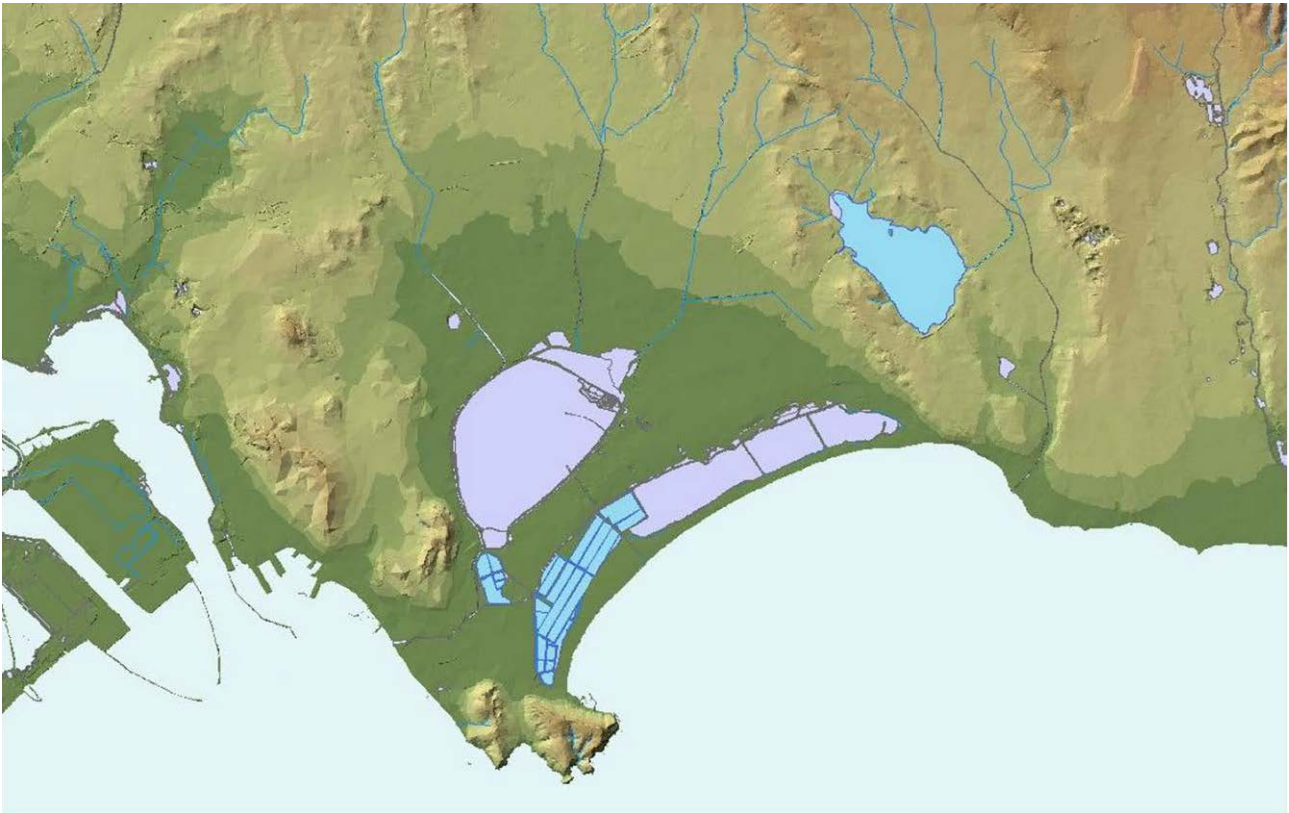
Durante l'Olocene ed in particolare a seguito delle importanti attività estrattive operate lungo le aste fluviali, larghe porzioni dell'area costiera sono state interessate da un'importante erosione e dal modellamento di una falesia viva, come ad ovest di Capitanà.

In questo settore, in corrispondenza delle foci dei Rii Cuba, Corongiu - Su Pau ed Is Ammostus-Foxi, sono presenti tipici delta conoidi dalla cui erosione e deriva litorale verso ovest si sarebbe originata la spiaggia del Poetto.

Nell'area che borda il Campidano verso est, tra il mare e Sinnai, sono presenti una serie di dorsali che talora hanno alla sommità depositi del Pleistocene superiore. La quota di affioramento di questi depositi, talora non perfettamente raccordabili, l'orientamento delle valli parallele al versante e la presenza di alcune depressioni chiuse (Staini di Simbirizzi e di Arcu Staini) sembrano suggerire, come già ipotizzato in passato (CHERCHI et alii, 1978a, c), l'attività di faglie listriche che hanno generato deformazioni gravitative profonde di versante. Sono presenti nel territorio di Quartu Sant'Elena evidenze di fenomeni di modellazione di versante che costituiscono pericolo in modo diretto o indiretto per la vita umana.



**Mappa – Idrografia antecedente le grandi modificazioni degli ultimi 300 anni**



***Mappa – Idrografia attuale***

#### **Forme fluviali e di versante dovute al dilavamento**

- Superfici di terrazzo
- Orlo di terrazzo
- Orlo di terrazzo degradato
- Solchi da ruscellamento concentrato
- Alveo con sponda in erosione
- Aree inondabili e direzione di esondazioni
- Superficie con dilavamento concentrato
- Forme di dilavamento diffuso
- Aree depresse a drenaggio limitato

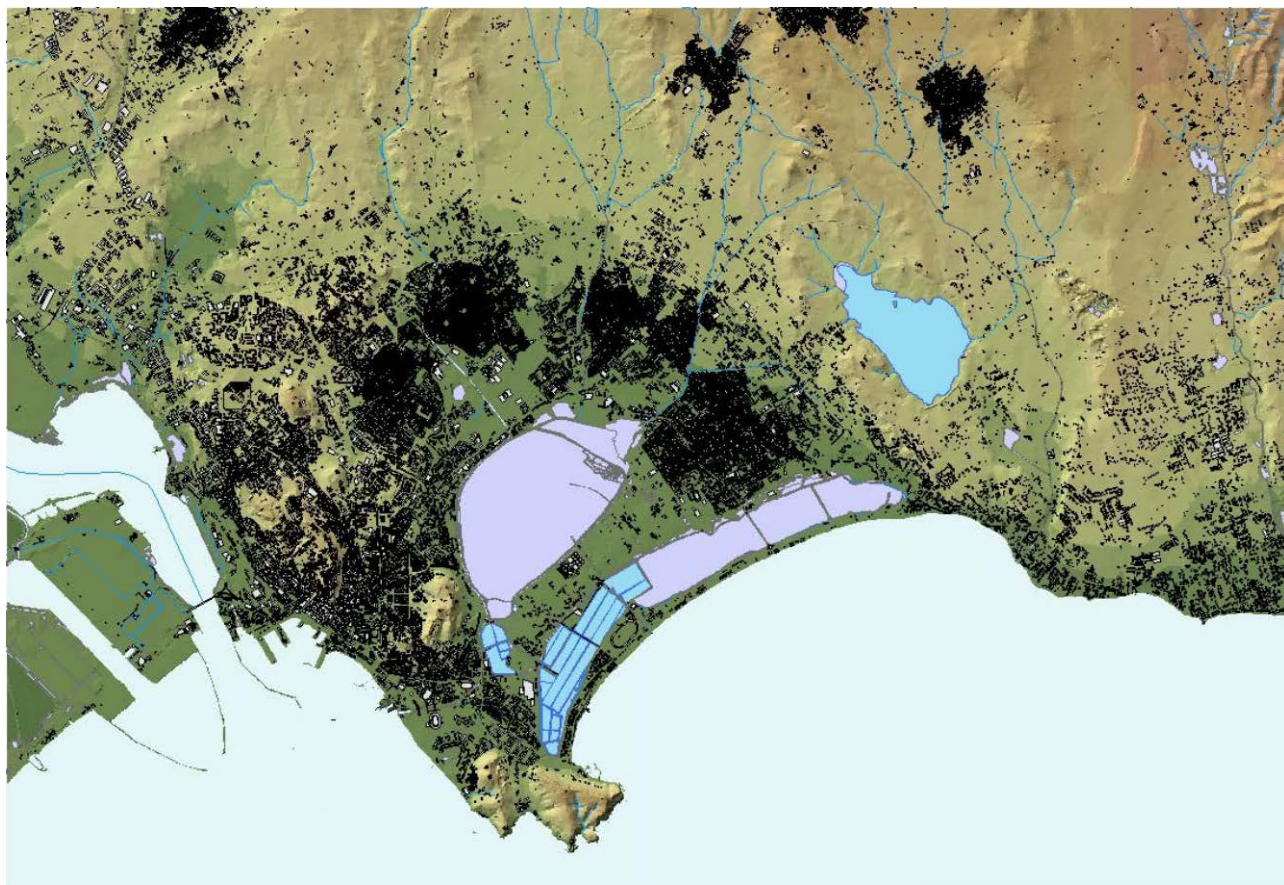
#### **Forme e processi antropici**

- Orlo di scarpata di cava attiva
- Orlo di scarpata di cava non attiva
- Canale di scolo
- Canale d'acqua canalizzato
- Corso d'acqua rettificato
- Discariche attive e inattive



**Mappa – L'erosione del litorale descritta nell'Atlante delle Spiagge**



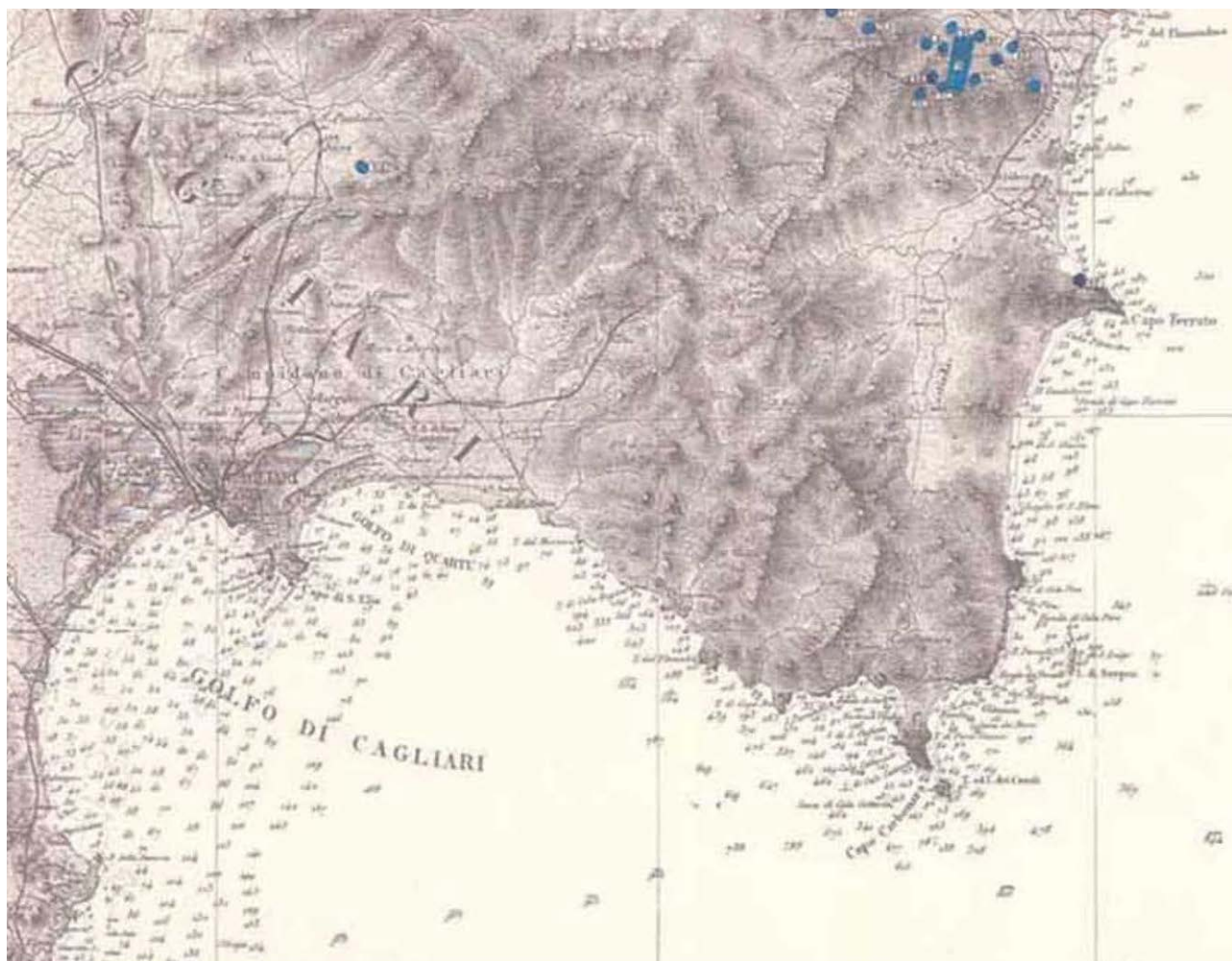


***Mappa – Rapporto tra edificato e morfologia nei primi comuni dell'arco orientale del Golfo***



## 9.4 L'ATTIVITA' ESTRATTIVA

Come testimonia la Carta del Sella, il territorio Quartese è scevro da attività estrattiva mineraria storica.

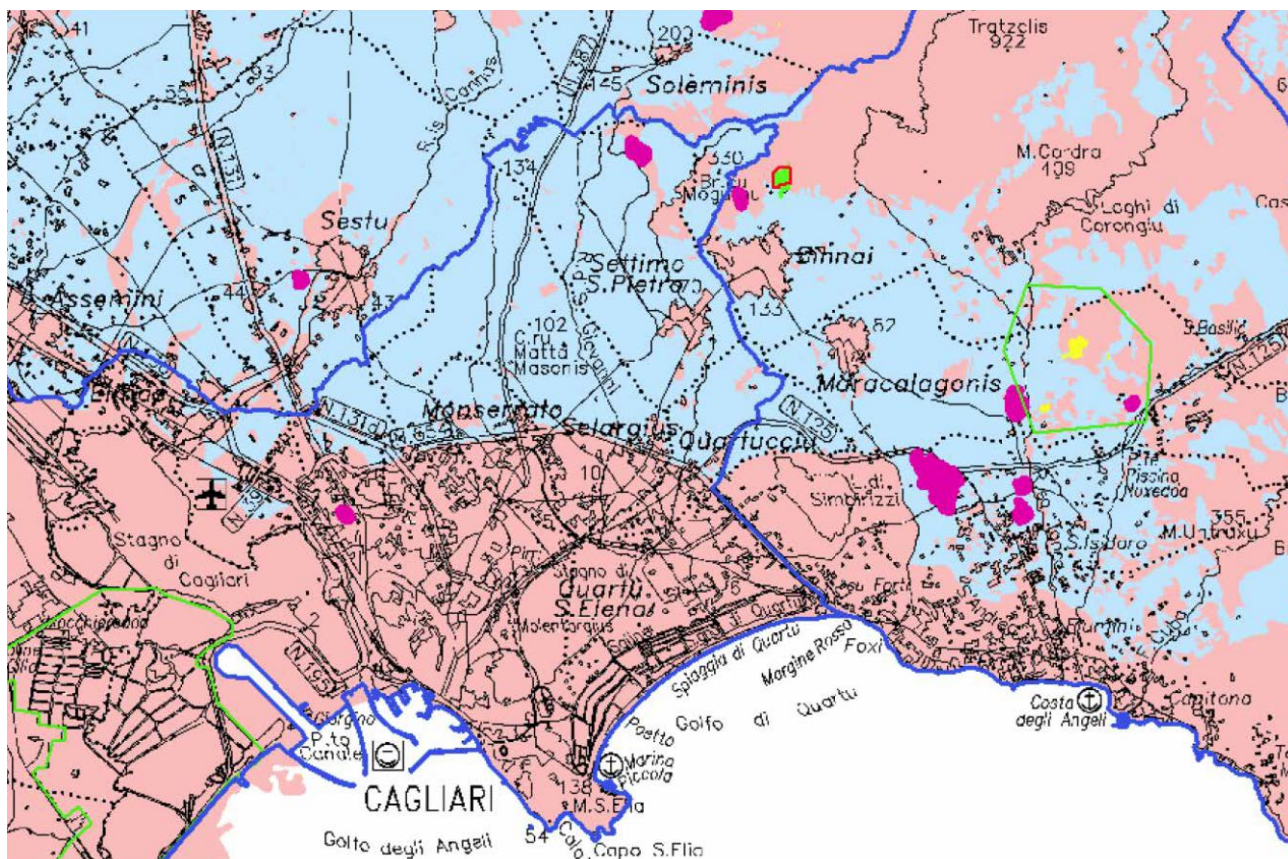


***Mappa – Stralcio dalla Carta del Sella, redatta sulla base del La Marmora.***

L'attività estrattiva nel comune di Quartu Sant'Elena si è sviluppata nel solo ambito dell'attività di cava e interessa il solo sfruttamento delle formazioni paleozoiche, di quelle cenozoiche e quaternarie.







**Mappa – Le aree disponibili allo svolgimento dell'attività di cava (in azzurro) e quelle non utilizzabili per l'attività estrattiva (in rosa) per il settore di Quartu Sant'Elena nel Piano Regionale dell'Attività Estrattiva (2007)**

La superficie complessiva delle cave attive nel territorio di circostante è di circa 10.975 ettari e viene ricondotta alla cava esistente e funzionante, di Rio Paiolu o Spialis di Mortolai.

Nel parco sono presenti numerose aree di cava legate all'approvvigionamento di inerti, attive fino agli anni '70, non citate nel PRAE.

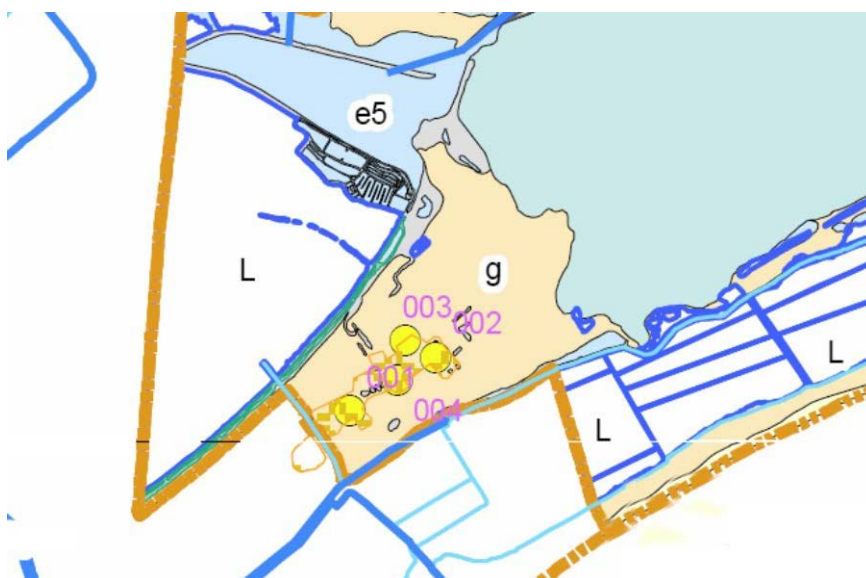
Alcune delle cave sono oggi luogo prezioso di messa in luce di sezioni di scavo alte fino a 5 metri che espongono la sequenza Tirreniana fino a circa 112 ka.



### 9.4.1 I problemi d'impatto ambientale legati all'attività estrattiva

In sintesi i maggiori problemi legati alla coltivazione dei materiali di cava nel territorio di Quartu Sant'Elena, possono essere riassunti nei seguenti punti:

- Impatto sul paesaggio. Le cave, in generale, non hanno un aspetto curato sotto l'aspetto paesaggistico, pur essendo visibili per un larghissimo raggio. Nel settore a ridosso degli elementi idrografici, l'eliminazione delle discariche (soprattutto quelle ubicate a quote più prossime al corso d'acqua) e il ripristino della cava, ridurrebbe notevolmente l'impatto sul paesaggio.
- Impatto sulla viabilità. La provinciale per la SS 387 è interessata dal traffico di mezzi pesanti, che crea notevoli disagi e pericolo alla viabilità normale.
- Impatto sull'idrografia superficiale. E' dovuto principalmente alla presenza delle 2 cave, una dismessa e l'altra non, esposte alla erosione nel caso di piogge notevoli;
- Impatto sulla falda. E' derivato dalla posizione della cava di Rio Paiolu, posta in un settore di ricarica delle falde.
- Impatto sulla vulnerabilità delle acque sotterranee. Deriva dalla esposizione della superficie di falda all'accesso libero ed alla più facile dispersione di inquinanti nella stessa;
- Impatto sulla vegetazione L'impatto delle polveri sulla vegetazione è riscontrabile essenzialmente nell'intorno dell'area cave attive e talvolta di quelle abbandonate. Le polveri si creano durante le fasi di lavorazione dei prodotti e con il passaggio di mezzi lungo le strade di accesso alle cave e piazzali. In questo caso una semplice pratica consistente nel tenere umide specialmente nel periodo estivo, le strade, ridurrebbe notevolmente la presenza di polveri nell'atmosfera.

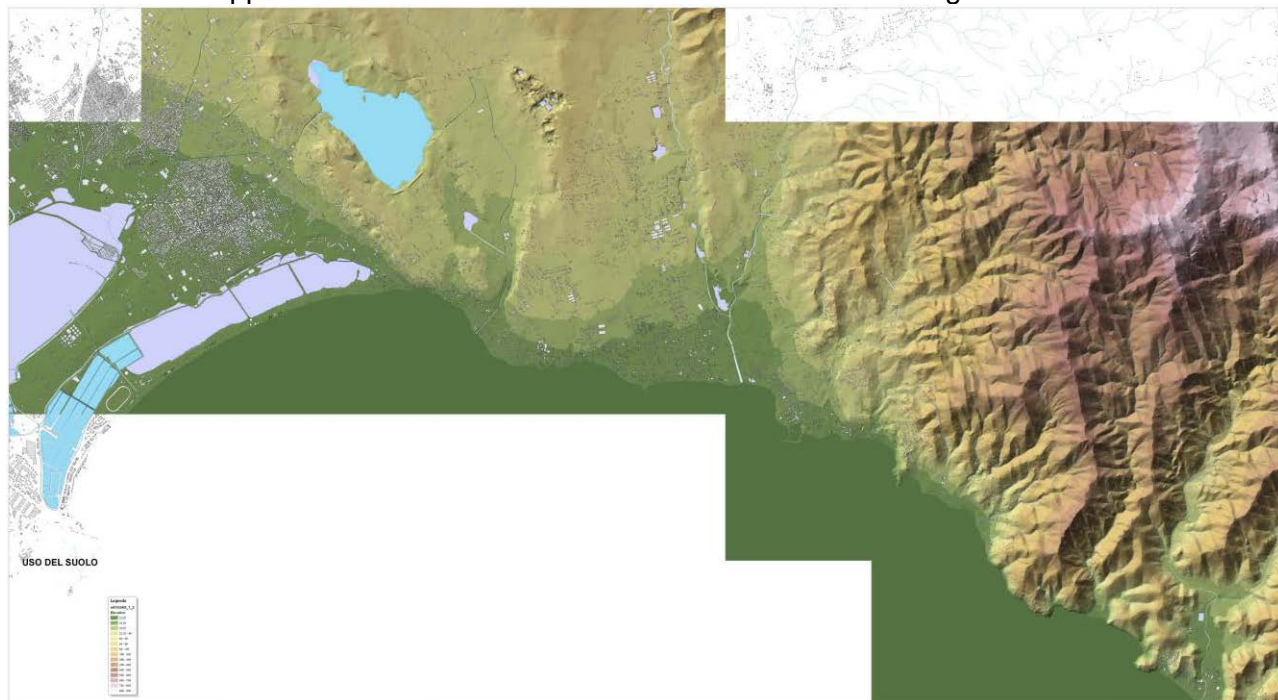


**Mapa – L'attività estrattiva nel settore occidentale del territorio di Quartu a is Arenas**

## 9.5 CARTE MORFODIGITALI: TIN, ACCLIVITA', ESPOSIZIONE ED ALTIMETRIA

Le carte morfodigitali sono ottenute attraverso una rappresentazione numerica della superficie del territorio comunale.

Si tratta di una rappresentazione tridimensionale che descrive la morfologia del territorio.



**Mappa – L'andamento altimetrico del territorio di Quartu Sant'Elena**

Gli strati informativi, costituiti dal modello TIN e dalle sue rappresentazioni tematiche, altimetria, acclività, ed esposizione sono stati di ausilio alla pianificazione urbanistica e territoriale grazie alla immediata lettura del territorio fisico.

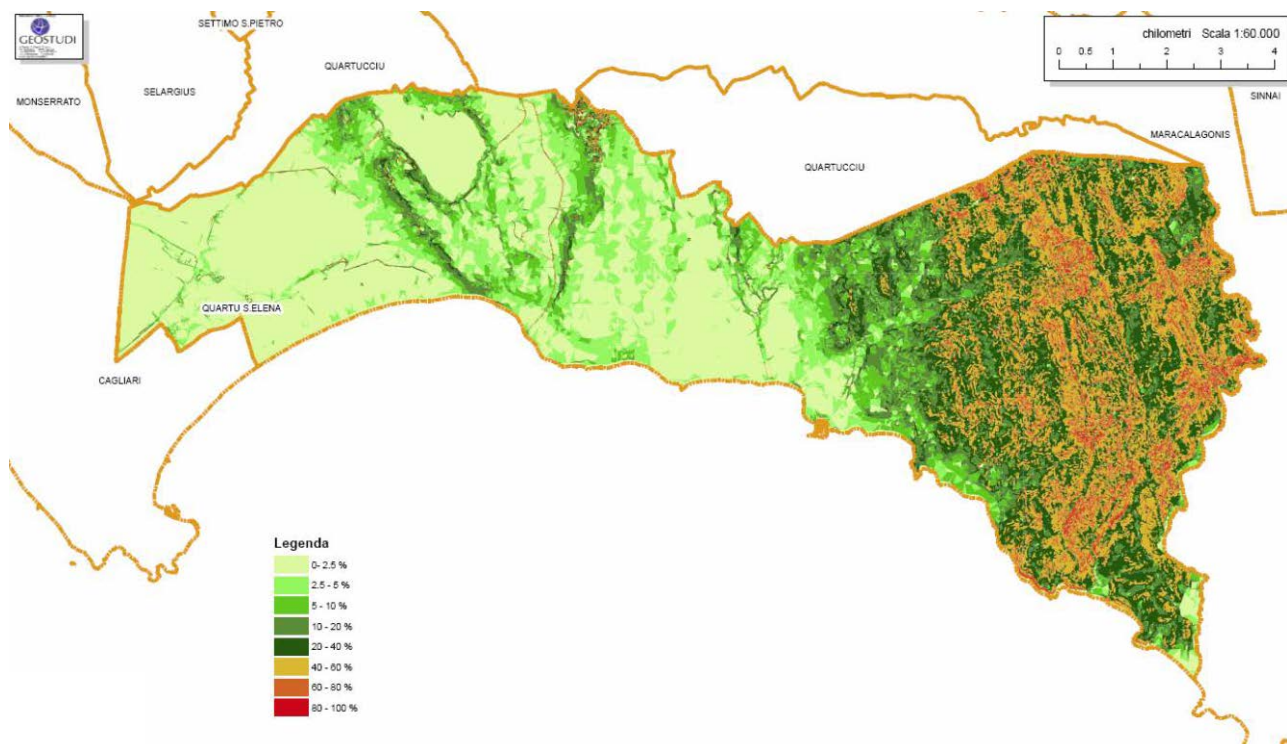
Il modello TIN utilizzato è quello creato nell'ambito del progetto DIGITALIA, realizzato dal CNR. In questo, i punti quotati della CTR sono diventati vertici di una rete a maglia triangolare irregolare (TIN).

La carta dell'altimetria mostra un range ridotto e pari ad alcune centinaia di metri.

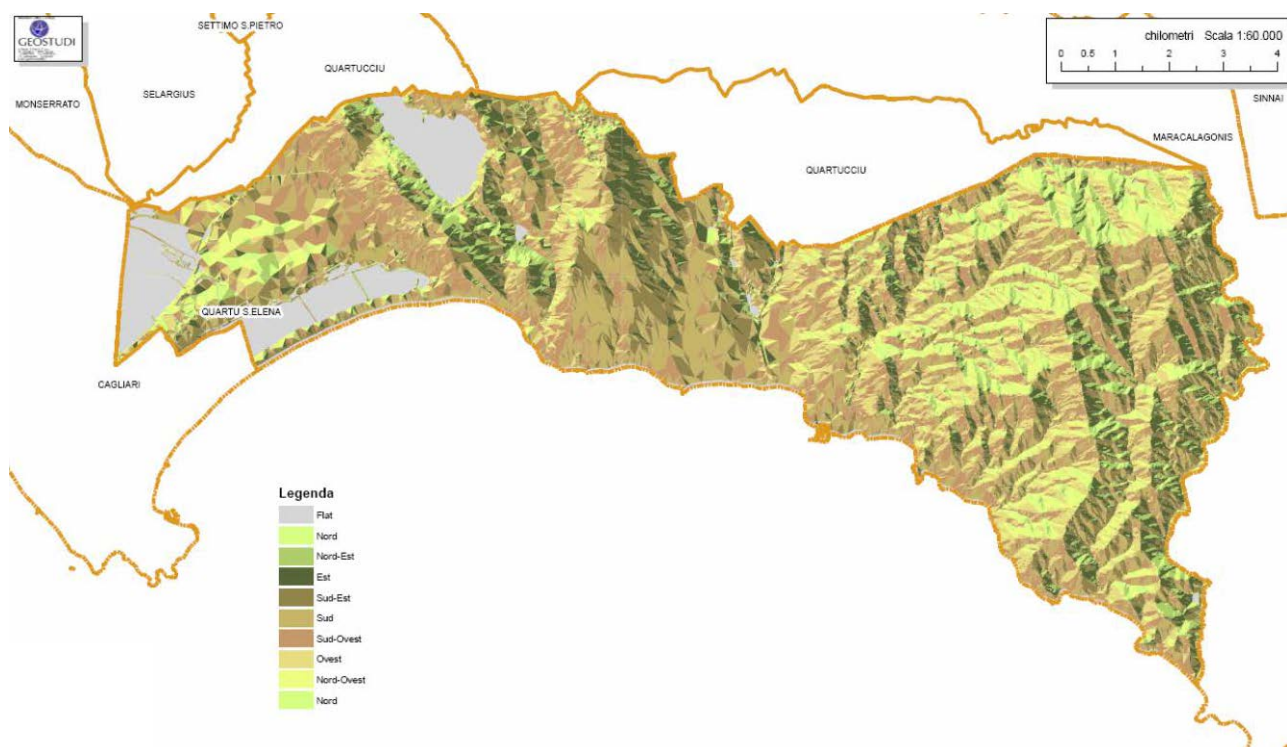
La carta dell'esposizione dei versanti conferma la percezione generale che il territorio del comune è esposto, ove abbia pur debole acclività, verso Sud.

La carta delle acclività mostra una debole pendenza generale che si accentua solo nelle aree della fascia collinare per raggiungere in tal punto pendenze massime solo puntualmente superiori al 20%.

Tutto il territorio comunale, fatta eccezione per il settore montano, raggiunge solo localmente il 40% di pendenza.



**Mappa – L'acclività del territorio di Quartu Sant'Elena**



**Mappa – L'esposizione dei versanti del territorio di Quartu Sant'Elena**



## 9.6 VULNERABILITA' IDROGEOLOGICA

### 9.6.1 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.



**Mappa – Il territorio di Quartu comprende aree identificate come franose o inondabili nei Piani vigenti**

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.

### 9.6.2 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.

### 9.6.3 Procedura di adeguamento

In ottemperanza alle procedure di adeguamento descritte nelle Linee Guida per il Riordino delle Conoscenze e quindi al fine di rendere compatibili le trasformazioni territoriali connesse al rilascio delle concessioni e delle autorizzazioni comunali con la disciplina del PAI e il PPR e coerentemente con le NTA del PAI stesso, sono state redatte alla scala di pianificazione le aree di pericolosità e di rischio idrogeologico, ed adottate le norme di attuazione del PUC le prescrizioni e i vincoli per tali zone.

La perimetrazione è stata effettuata attraverso la procedura semplificata o approfondita.

In particolare, la procedura semplificata è stata adottata in alcune aree già perimetrate dal PAI dove le informazioni portate dal PAI sono state ritenute adeguate e corrette e le perimetrazioni sono state solamente assestate sulla cartografia aerofotogrammetria di dettaglio.

La procedura approfondita è stata utilizzata per la definizione della mappatura della pericolosità da frana, attraverso la produzione di una carta della instabilità potenziale dei versanti, tarata con la disponibilità di informazioni di dettaglio su eventi storici o con rilievi diretti.

### 9.6.4 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 (GNDICNR)**, 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](http://www.gndci.cnr.it);

Lo Studio sulle Aree Vulnerate Italiane (AVI), svolto dal Gruppo Nazionale Difesa Catastrofi Idrogeologiche del CNR, operato per conto del CNR GNDCI, in Sardegna, dalla Geostudi descriveva fino al 1990 un significativo numero di eventi calamitosi di origine naturale talvolta suscitati, innescati o amplificati dall'attività umana.

Le schede S0 raccolte, pari a un totale di 189 per eventi di frana e 1366 per eventi meteorologici differenti, costituenti la notizia primaria dell'evento possono essere suddivise secondo le seguenti tipologie:

**Movimenti franosi**

- 157 frane ss
- 11 frane in cantiere
- 1 frane in cava
- 7 frane in galleria
- 5 frane in grotta

**Fenomeni vari di origine meteorologica**

- 1020 piogge intense, piene ed esondazioni ss
- 21 piogge e varie
- 9 neviccate e grandinate
- 133 mareggiate
- 2 terremoti
- 4 gelate
- 127 vento e trombe d'aria
- 7 nebbia
- 28 fulmini
- 15 varie

Le schede S0 raccolte nel corso della fase di I° livello, relativamente alle fonti cronachistiche, ammontano a 2099, mentre nella fase di II° livello sono state consultate le fonti cronachistiche (L'Unione Sarda e La Nuova Sardegna) nei periodi prossimi agli eventi meteorologici più importanti per un totale di circa 845 edizioni quotidiane.

Le notizie apportanti informazioni originali hanno consentito la redazione di ulteriori 74 schede S0.

Il totale delle S0 raccolte è stato di 2175.

Il periodo indagato con le ricerche cronachistiche va dal 01/01/1918 al 31/12/1990, mentre sono state ricevute schede rilevate dalle altre U.O. a partire dal 1906.

Le schede S1, prodotte accorpando le S0 provenienti da fonti diverse, sono relative a singoli eventi ed alla stessa data.

Le S2, costituite da diverse S1 di fonti diverse, costituiscono l'evidenza cronachistica degli eventi succedutisi tra il 01/01/1918 ed il 31/12/1990.

Le schede S3 Frane sono state compilate, come da istruzioni, raggruppando tutto il materiale inerente un evento franoso, ricorsivo o meno, arealmente definito.



X	Y	S2	LOCALITA	G	M	ANNO
1530800	4345800	263	BURCEI	4	9	1967
1530700	4356000	400	BURCEI	31	8	1977
1530700	4354900	436	BURCEI	27	11	1978
1530700	4356900	554	BURCEI	15	3	1986
1510000	4341100	20	CAGLIARI	25	3	1925
1509000	4341000	36	CAGLIARI	5	9	1928
1509700	4340700	64	CAGLIARI	2	5	1933
1510000	4341000	97	CAGLIARI	30	1	1948
1510000	4341200	99	CAGLIARI	14	5	1948
1509900	4340600	101	CAGLIARI	29	10	1948
1509950	4341300	105	CAGLIARI	1	10	1949
1510100	4341400	112	CAGLIARI	25	10	1950
1503900	4340600	133	CAGLIARI	1	12	1953
1510200	4341600	139	CAGLIARI	12	3	1955
1509800	4341000	148	CAGLIARI	22	1	1957
1510200	4341100	150	CAGLIARI	13	5	1957
1509800	4341800	162	CAGLIARI	9	12	1958
1509900	4341500	164	CAGLIARI	22	12	1958
1509700	4341300	168	CAGLIARI	5	2	1959
1509900	4341300	172	CAGLIARI	20	9	1959
1509900	4341200	175	CAGLIARI	12	11	1959
1509600	4341000	178	CAGLIARI	19	9	1960
1509300	4341200	191	CAGLIARI	24	4	1961
1509000	4341800	195	CAGLIARI	22	11	1961
1509400	4341300	197	CAGLIARI	14	2	1961
1509400	4341300	198	CAGLIARI	11	3	1962
1509000	4341000	202	CAGLIARI	8	11	1962
1509700	4341200	219	CAGLIARI	19	12	1963
1509500	4341700	222	CAGLIARI	31	3	1964
1509500	4341700	223	CAGLIARI	27	8	1964
1503100	4339800	229	CAGLIARI	19	1	1965
1509700	4341200	253	CAGLIARI	7	1	1967
1502100	4340700	278	CAGLIARI	1	3	1969
1502100	4340700	281	CAGLIARI	8	9	1969
1502100	4340700	284	CAGLIARI	6	7	1969
1502100	4340700	294	CAGLIARI	1	10	1969
1485300	4456000	306	CAGLIARI	15	10	1970
1502100	4340700	317	CAGLIARI	26	9	1971
1502100	4340700	318	CAGLIARI	25	9	1971
1502100	4340700	320	CAGLIARI	11	10	1971
1555797	4419353	344	CAGLIARI	28	12	1972
1502100	4340700	352	CAGLIARI	24	9	1973
1502100	4340700	374	CAGLIARI	5	5	1975
1502100	4340700	381	CAGLIARI	13	10	1975
1502100	4340700	403	CAGLIARI	8	10	1977
1502100	4340700	414	CAGLIARI	1	9	1976
1502100	4340700	418	CAGLIARI	14	6	1976
1502100	4340700	422	CAGLIARI	1	11	1976
1502100	4340700	426	CAGLIARI	2	12	1976
1502100	4340700	435	CAGLIARI	10	11	1978
1502100	4340700	446	CAGLIARI	17	4	1979
1502100	4340700	447	CAGLIARI	19	4	1979
1502100	4340700	457	CAGLIARI	26	9	1979
1502100	4340700	460	CAGLIARI	25	10	1979
1502100	4340700	462	CAGLIARI	22	12	1979
1502100	4340700	490	CAGLIARI	15	1	1982
1502100	4340700	492	CAGLIARI	17	2	1982
1502100	4340700	497	CAGLIARI	9	8	1982
1502100	4340700	498	CAGLIARI	1	9	1982
1502100	4340700	501	CAGLIARI	13	9	1982
1502100	4340700	502	CAGLIARI	21	10	1982
1502100	4340700	504	CAGLIARI	11	12	1982
1502100	4340700	514	CAGLIARI	2	9	1983
1502100	4340700	516	CAGLIARI	28	9	1983
1502100	4340700	520	CAGLIARI	17	11	1983
1502100	4340700	523	CAGLIARI	2	12	1983
1502100	4340700	528	CAGLIARI	19	9	1984
1502100	4340700	540	CAGLIARI	6	3	1985
1502100	4340700	546	CAGLIARI	6	10	1985
1502100	4340700	564	CAGLIARI	5	11	1987
1502100	4340700	579	CAGLIARI	19	1	1988
1502100	4340700	581	CAGLIARI	23	1	1988
1502100	4340700	582	CAGLIARI	4	4	1988
1502100	4340700	589	CAGLIARI	27	2	1989
1502100	4340700	591	CAGLIARI	17	5	1989
1502100	4340700	602	CAGLIARI	11	8	1990
1502100	4340700	606	CAGLIARI	9	10	1990
1445200	4328900	371	CALASETTA	5	11	1974
1497800	4337200	18	CAPOTERRA	1	11	1923
1497100	4336300	177	CAPOTERRA	16	3	1960
1497200	4336300	234	CAPOTERRA	25	10	1965
1497300	4336400	547	CAPOTERRA	26	10	1985
1497300	4336400	548	CAPOTERRA	27	10	1985
1497300	4336400	599	CAPOTERRA	12	5	1990
1496500	4351700	411	DECIMOMANNU	28	6	1976
1496500	4351700	417	DECIMOMANNU	23	8	1976
1494000	4354400	80	DECIMOPUTZU	7	7	1935
1515100	4358500	420	DOLIANOVA	14	9	1976
1514900	4358300	437	DOLIANOVA	5	12	1978
1519300	4348600	393	MARACALAGONIS	12	4	1977
1519200	4348800	399	MARACALAGONIS	29	8	1977
1503300	4359600	314	MONASTIR	15	4	1971
1512100	4345300	15	MONSERRATO	24	9	1921
1512200	4345400	588	MONSERRATO	25	2	1989
1500500	4365900	46	NURAMINIS	22	11	1929
1501000	4479400	566	NURAMINIS	16	3	1987
1515800	4343450	209	QUARTU SANTELENA	14	6	1963
1515800	4343400	524	QUARTU SANTELENA	24	2	1984
1515800	4343400	532	QUARTU SANTELENA	30	10	1984
1515800	4343400	580	QUARTU SANTELENA	1	2	1988
1515800	4343400	590	QUARTU SANTELENA	3	5	1989
1515600	4343400	151	QUARTU SANTELENA	24	12	1957
1507800	4350600	91	SESTU	26	10	1946
1507500	4349800	560	SESTU	10	10	1986
1516000	4348900	488	SETTIMO SAN PIETRO	27	10	1981
1517300	4350100	448	SINNAI	26	4	1979
1507200	4361000	545	USSANA	18	9	1985
1492200	4393500	239	USSARAMANNA	22	9	1966
1530000	4400000	39	USSASSAI	8	11	1929
1534800	4405500	600	USSASSAI	12	7	1990
1488000	4348000	1	UTA	5	4	1906
1477800	4348900	3	UTA	21	10	1907
1490000	4340000	38	UTA	7	10	1929
1490000	4350000	40	UTA	7	10	1929
1495100	4347900	47	UTA	7	1	1930
1494550	4348070	181	UTA	12	12	1960

Le schede S3 Piene riguardano invece un evento con un areale indefinito, cronologicamente ben delimitato.

## Elenco delle schede del progetto AVI – CNR – GNDCl 1992

S0 I°	S0 II°	S1	S2	S3				
•	Frane	142	22	128	109	77		
•	Piene	988	66	850	604	37		
•	Nevicate	9						
•	Fulmini	28						
•	Gelate	4						
•	Mareggiate	133						
•	Terremoti	2						
•	Nebbie	7						
•	Varie	15						
•	Vento	127						

Altre aree 584 8

Successivamente all'istituzione del DB, il numero di eventi è cresciuto, ed al 1998 erano registrate ben 218 frane in 180 siiti e 816 piene in 243 siti.

Occorre precisare che tale statistica riguarda tutti gli eventi di cui si possiedono informazioni in qualche misura, anche se non confermati da rilievi accurati ed accertati. La vulnerabilità dell'isola nei confronti di alluvioni e frane è in sensibile aumento, specialmente a causa delle pressioni antropiche.

I dati descrivono una sardegna sostanzialmente stabile, ma con il 50% degli eventi ricorsivi ubicati in Ogliastro, Barbagia, Sarrabus-Gerrei.

La parte settentrionale dell'isola è stata interessata nell'ultimo secolo da fenomeni di dissesto idrogeologico diffusi e/o localizzati.

## Tabella – Le piene censite dall'AVI nel settore attorno a Quartu Sant'Elena

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

L'appartenenza del sottoscritto al Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche per la Linea 2 (Eventi franosi a grande rischio, Progetto SCAI), ha incentivato lo studio verso le situazioni a rischio e l'individuazione di quelle aree soggette interessate da paleofrane nell'ambito delle provincie di appartenenza del progetto: la provincia di Sassari e la provincia di Oristano. Tale programma di ricerca ha portato a risultati di un certo interesse, presentati in sede di Conferenza alle riunioni periodiche del G.N.D.C.I. nella sede del C.N.R. a Roma. Nell'ambito di tale lavoro è stato possibile anche individuare e segnalare, per la prima volta, la presenza di

deformazioni gravitative profonde in Sardegna, dove finora il fenomeno non era stato identificato. La prima segnalazione venne comunicata nell'ambito delle "Giornate di Studio

sulla Morfotettonica in Italia" (Tolentino 8/9 gennaio 1991). Nel complesso, la ricerca nel settore della stabilità dei versanti ha permesso di pubblicare un certo numero di lavori alcuni dei quali dedicati direttamente alle deformazioni gravitative profonde.

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

Fin dalla metà degli anni 80 è stata avviata a Sassari una linea di ricerca sulle fasce costiere successivamente confluita nel Progetto Nazionale 40% M.P.I. - C.N.R. "Dinamica, dissesti e tutela delle spiagge". In alcuni lavori le ricerche inerenti la dinamica dei litorali ed i problemi connessi hanno fatto parte di studi di maggior respiro che hanno riguardato anche la ricostruzione geomorfologica del territorio costiero e l'evoluzione del paesaggio nelle aree costiere. In particolare, nell'area della foce del fiume Liscia è stato possibile riconoscere differenti livelli di terrazzi sommersi in un successivo lavoro sono state calcolate, per la prima volta in Sardegna, le volumetrie di masse sabbiose in movimento nel corso di circa 18 mesi grazie alle diverse mappature eseguite sul fondale ed alla loro variazione morfologica, calcolata con programmi di grafica sulla base delle differenze geometriche tridimensionali. Lo studio delle zone costiere ha, nel corso del tempo, prodotto lavori che sono stati talvolta oggetto di comunicazioni scientifiche anche a congressi internazionali riportando i dati sulla situazione delle coperture eoliche nell'area o riferendo i dati sull'apporto del materiale detritico sulle spiagge dell'intero nord Sardegna evidenziando in tal modo sia l'importante modificazione antropica indiretta sui litorali, sia il ruolo che talvolta possiedono questi materiali nell'individuazione dei moti di deriva litoranei e l'uso che può avere una tale cartografia nell'ambito della programmazione del territorio costiero. Sono stati conclusi altri lavori inerenti l'assetto delle coste settentrionali e le condizioni di erosione nelle aree ritenute più fragili che hanno condotto alla realizzazione di lavori di interesse regionale sull'assetto costiero del nord Sardegna e dell'intera isola.

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

Lo studio ha censito 1.523 fenomeni e compilato le relative schede contenenti le informazioni di 1°

livello, di 2° livello e nella misura del 88 % di 3° livello.

Ad ogni frana è stato associato almeno un elemento iconografico di riferimento; nei casi di grande estensione si è provveduto a più foto, talora estratte da fotoaerea Ortofoto A.I.M.A. (1997).

*Ortofoto – I fenomeni censiti attorno all'area dal progetto IFFI*

□ **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.

Attualmente la RAS sta completando la verifica del **Piano Stralcio delle Fasce Fluviali**, che però non si è riusciti ad includere nel presente lavoro con la conseguenza che il piano andrà adeguato ulteriormente.

## **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. Permeabilità dei suoli;
2. Acclività;
3. Geo-litologia;
4. Geomorfologia;
5. 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.

Sono quindi stati derivati i seguenti tematismi:

1. Pericolosità idraulica;
2. Pericolosità da frana;

### **9.6.5 CARTA DELLA INSTABILITA' POTENZIALE DEI VERSANTI**

Rispondendo al Decreto Legge 11 giugno 1998 n. 180, convertito il 3 agosto 1998 nella Legge n.267, la Regione Sardegna ha incaricato un Gruppo di Coordinamento e alcuni gruppi di singoli professionisti, perché svolgessero quanto indicato nell'Atto di Indirizzo e Coordinamento di cui al DPCM del 29 settembre 1998: ossia elaborassero il Piano di Assetto Idrogeologico [PAI., 2003] per il territorio regionale.

Tra i risultati prodotti è stata definita in maniera distinta la perimetrazione delle aree a rischio di piena e/o frana e di quelle potenzialmente pericolose. Allo stato attuale, l'elaborato del PAI, nato in seguito al Decreto Legge 11 giugno 1998 n. 180, convertito il 3 agosto 1998 nella Legge n.267, per il quale la Regione Sardegna ha incaricato un Gruppo di Coordinamento e alcuni gruppi di singoli professionisti, perché svolgessero quanto indicato nell'Atto di Indirizzo e Coordinamento di cui al DPCM del 29 settembre 1998 ed elaborassero quindi il Piano di Assetto Idrogeologico [PAI., 2003].

Il piano, pur essendo uno studio a scala regionale, è l'unico documento tecnico ufficiale recepito dalla Regione Sardegna, ma che data la scala di redazione produce la necessità di avere a disposizione una valutazione a scala di maggior dettaglio.

Ulteriori problematiche sono introdotte dalle modalità di uso del territorio, ad esempio l'uso di tecniche agronomiche inadeguate, le urbanizzazioni, l'abbandono o l'inadeguata realizzazione di sistemazioni idraulico-forestali, gli incendi boschivi, etc..

Tali fattori, in situazioni già predisposte al rischio da fattori geomorfologici, tendono ad accentuare la suscettibilità ai fenomeni di dissesto.

Al fine di operare una analitica ed estensiva valutazione della potenziale instabilità dei versanti dei rilievi costituenti il territorio investigato, si è ritenuto opportuno, adottare una procedura sistematica di valutazione tra quelle messe a punto o testate in varie pubblicazioni.

In particolare è stata adottata come esempio di riferimento la procedura testata da Ghiglieri et alii nel fascicolo 3-4 2006 della rivista Geologia tecnica & ambientale, trimestrale dell'Ordine Nazionale dei Geologi.

Il lavoro in oggetto ha testato la procedura nel settore dei bacini idrografici del Rio Badde Manna e del Rio di Banari, compresi nel sub-bacino n. 3 Coghinis-Mannu-Temo secondo la suddivisione in 7 sub-bacini prevista dal PAI, sono state periodicamente interessate da fenomeni di instabilità, che hanno generato danni al territorio ed alle infrastrutture.



## 9.6.6 VALUTAZIONE DELLA PROPENSIONE AL DISSESTO IDROGEOLOGICO DI FRANA

### 9.6.6.1 Metodica proposta

L'elaborazione della propensione al dissesto idrogeologico, per i bacini in studio, ha preso spunto 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 la realizzazione della cartografia dello pericolosità geologica connesso ai fenomeni d'instabilità dei versanti" [CARG, 1992]. La metodica utilizzata in nel lavoro prescelto era stata verificata e messa a punto dagli attraverso numerose ricerche [ARDAU et 01., 2002, 2003; BARBIERI & GHIGLIERI, 2003; GHIGLIERI et 01., 2004] per essere adattata alle 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 stati in seguito 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. In questo lavoro si è voluto dare una maggiore attenzione, con analisi di dettaglio, sui fattori varianti, cioè quelli fortemente influenzati dalla presenza antropica.

L'attribuzione dei pesi è stata una delle operazioni più delicate della metodica. Infatti, il modello di valutazione è corretto se i parametri considerati vengono sperimentalmente misurati e se vengono riconosciute le loro possibili interazioni.

I pesi attribuiti ad ogni fattore sono stati 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 Propensione Potenziale al Dissesto Idrogeologico" e la "Carta della Propensione Reale al Dissesto Idrogeologico".

### 9.6.6.2 Rilievo dei fattori geoambientali

I fattori geoambientali sono stati studiati in base ai diversi parametri riportati nella tabella seguente. Le mappature dei fattori geoambientali considerati sono derivate dalle informazioni cartografiche redatte per il PUC e sono state ad esse associate attraverso procedure GIS per poi consentire, attraverso le procedure di Overlay mapping, di ottenere le cartografie derivate.

**Tabella - Fattori e parametri presi in considerazione**

<b>Fattori</b>	<b>Parametri studiati</b>
Morfologia	Pendenza, Esposizione
Pedologia	Tessitura, Struttura, Profondità, Sostanza organica, Carbonati
Litologia	Caratteristiche geologico-tecniche
Uso reale del suolo	Uso del suolo, Tecniche colturali

Una particolare attenzione è stata data all' "uso reale del suolo", che è risultato essere il fattore che maggiormente influenza la propensione al dissesto del territorio.

### 9.6.6.3 Morfologia

Il fattore morfologia è stato valutato attraverso i parametri relativi a pendenza ed esposizione. Questi sono stati calcolati mediante l'utilizzo del modello DIGITALIA originato a partire dalla cartografia numerica digitale in scala 1: 10.000.

#### **9.6.6.4 Litologia**

Per quanto riguarda la geologia, oltre ad una distinzione di natura litologica la classificazione delle rocce è stata realizzata in base a caratteristiche tecniche quali: grado di compattezza, grado di cementazione, coesione, presenza di struttura sedimentarie, etc.

#### **9.6.6.5 Pedologia**

Il fattore pedologia è stato valutato attraverso l'integrazione dei risultati analitici e delle osservazioni di campagna, che hanno permesso l'utilizzo corretto del sistema tassonomico Soil Taxonomy nella sua più recente versione, [USDA, 2003].

Ogni tipo pedologico mappato, ove possibile, è stato descritto attraverso parametri oggettivamente misurati (tessitura, struttura, profondità, sostanza organica, carbonati totali), ovvero è stato descritto sinteticamente in funzione delle sue caratteristiche macroscopiche mappate direttamente in campagna, in alcuni siti rappresentativi.

un peso inferiore rispetto alle superfici terrazzate, che permettono una buona regimazione delle acque e costituiscono una diminuzione dell'acclività del pendio.

#### **9.6.7 ATTRIBUZIONE DEI PESI E APPLICAZIONE DELLA METODICA**

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 analizzata dallo 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.

#### **9.6.8 Valutazione della Propensione Potenziale e Reale al Dissesto Idrogeologico**

Lo studio e l'analisi dei fattori morfologia, litologia e pedologia, rilevati, col dettaglio della scala 1: 10.000, ha portato alla compilazione di quattro tematismi primari. I dati sono stati mantenuti in formato vettoriale e sovrapposizione mediante la procedura di overlay mapping (in ambiente ArcGIS), si è effettuata la sovrapposizione degli elaborati.

La somma aritmetica dei diversi pesi consente di ottenere una carta intermedia di zonazione, costituita da un insieme di poligoni corrispondenti a delle areole a pesi differenziati che definiamo Carta della Instabilità Potenziale dei versanti rappresentante i diversi gradi di propensione.

La interpretazione e la ripermetrazione a seguito del controllo diretto della carta forniscono la nuova Carta della Pericolosità di Frana.

I risultati ottenuti confermano la buona attendibilità della carta finale prodotta, specie se confrontati con le informazioni relative alle aree storicamente interessate da fenomeni di dissesto.

È interessante infine sottolineare come la metodologia utilizzata si differenzi, rispetto ad altre proposte della letteratura scientifica, per il contributo apportato al modello dall'osservazione diretta dell'area in studio.

In particolare per quanto concerne l'"utilizzo del suolo": l'analisi congiunta delle classi di uso e copertura del suolo e delle "tecniche colturali" consente di evidenziare a livello di dettaglio la vulnerabilità dei sistemi agroforestali, come riscontrato per gli ambienti boscati e semi-naturali.

In questi contesti, l'indagine in loco ha consentito di verificare la funzionalità dei sistemi forestali (o pre-forestali) e quindi di pesare diversamente categorie appartenenti alla medesima classe di copertura del suolo.

## **9.7 I PROCESSI DI DEGRADO DEL SUOLO E DEL SISTEMA IDROGEOLOGICO NEL TERRITORIO DEL PARCO**

In conseguenza di tali direttive, si è ritenuto definire un inventario dei processi di degrado e/o minacce sulle funzioni del suolo riconoscibili nell'ambito del territorio comunale e delle sue adiacenze.

Gli indirizzi di investigazione sono riassumibili nelle voci seguenti:

- Erosione del suolo
- Riduzione di materia organica
- Consumo del suolo
- Contaminazione locale e diffusa
- Impermeabilizzazione
- Alterazione del regime idrologico superficiale e sotterraneo
- Compattazione
- Frane
- Inondazioni.

### **9.7.1 IL CONSUMO DEL SUOLO**

Limitare il consumo di suolo (risorsa non riproducibile) è indispensabile per garantire una effettiva sostenibilità dello sviluppo. Necessaria una legge dello Stato che orienti le leggi regionali, basata su conoscenze adeguate, oggi mancanti: arretratezza della cultura tecnica in materia.

Infatti:

- non ci sono valutazioni attendibili sulla quantità di suolo consumato
- Pileri: 80.000 ha 1990 – 2000, dati UE 1995 assolutamente sottodimensionati
- Cederna: 100 – 150.000 ha all'anno dato 1989 assolutamente sopradimensionato
- Convegno Provincia di Roma 2007: 240.000 ha all'anno 1990 – 2005 (fonte ISTAT?)
- Altre ricerche: o troppo vecchie (It. Urb 80, Itaten 1996), o parziali, o relative ad alcune Regioni (*No Sprawl* 2006)
- non ci sono soprattutto valutazioni attendibili sulla qualità del suolo consumato: non tutti i “consumi” sono uguali - un nuovo parco periurbano è un “consumo” negativo? I “consumi” per nuove infrastrutture sono “consumi” negativi?
- in una contabilità non selettiva (e un po' ideologica) i “consumi”, aumentano a dismisura (vedi *Eddyburgh* su PRG Roma 2003)
- sarebbe più opportuno distinguere tra consumi inutili/dannosi (espansione urbana, diffusione insediativa), consumi indispensabili (nuovi attrezzature, nuove infrastrutture, nuovi fabbisogni insediativi non risolvibili diversamente): comunque si può ricorrere alla compensazione ecologica.

### **9.7.2 Compensazione ecologica:**

- - un suolo costruito per il 30% e sistemato a prato e alberato per il restante 70%, ha una capacità di rigenerazione ambientale (produzione di ossigeno, di acqua per evapotraspirazione e assorbimento di anidride carbonica) da quattro a sette volte superiore (dipende dalla densità delle alberature) di un suolo analogo utilizzato dall'agricoltura; capacità che ovviamente è ancora maggiore, se il secondo suolo è incolto o abbandonato.



### **9.7.3 Alternative al consumo di suolo:**

- - Tutela del territorio extraurbano (agricoltura, paesaggio), anche se l'agricoltura, spesso assistita e inquinante (e slealmente concorrenziale con quella dei paesi poveri)

## **9.8 LA PERICOLOSITA' ED IL RISCHIO DA FRANA**

Nel comune di Quartu Sant'Elena, data la configurazione morfologica, sono presenti varie situazioni che generano il verificarsi di fenomeni franosi veri e propri.

In particolare, anche sulla base della carta della instabilità potenziale dei versanti redatta sono state individuate le aree di pericolosità reale.

Il resto del territorio di Quartu Sant'Elena non è suscettibile di potenziali fenomeni franosi, ma rimane importante l'adozione di misure di tutela sull'erosione del suolo nelle aree espressamente individuate.

### **9.8.1 Perimetrazione delle aree a rischio da frana**

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.

## **9.9 LA PERICOLOSITA' IDROGEOLOGICA**

### **9.10 IL RISCHIO DA INONDAZIONE**

La delimitazione delle portate di piena, definite per i tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500, sono, nel P.A.I. state definite con il metodo analitico sul Rio Solanas e con metodo morfologico sugli altri corsi d'acqua, sulla cartografia alla scala 1:10.000 della R.A.S. e per tale scala paiono essere genericamente coerenti geometricamente.

Nel mero appoggio dello stesso file delimitante le aree di piena fornito dalla R.A.S. in formato Gauss-Boaga, coerente con la C.T.R. sulla cartografia aerofotogrammetrica dell'area urbana di Quartu Sant'Elena e nelle aree adiacenti, appaiono subito visibili alcune incoerenze legate al maggior dettaglio della cartografia.

Il Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico ha individuato e cartografato alcune aree in cui le inondazioni ad opera di alcuni corsi d'acqua possono avvenire con frequenza crescente a partire dalle zone esenti dalla fenomenologia alluvionale.

Il Piano non definisce per le aree in oggetto una inondabilità.

#### **9.10.1 Aree storicamente non esondate**

Sono le aree esenti dal pericolo delle esondazioni dei corsi d'acqua più importanti (Foxi, Pau e Cuba), che trovandosi sui terrazzi alluvionali antichi ad una quota superiore di almeno 3-4 m rispetto alla piana alluvionale attuale. All'interno di questo settore sono tuttavia presenti delle aree afflitte da ristagni idrici o da deflusso problematico a causa di una cattiva gestione del deflusso superficiale e della scarsa pendenza.

#### **9.10.2 Aree storicamente esondate (golene)**

Trattasi delle aree comprese tra gli argini del Rio Pau ed anche entro il terrazzo delle alluvioni antiche. Questi terreni costituivano la cassa di espansione, in corrispondenza delle piene che avvenivano, prima della sistemazione del corso d'acqua, con cadenza quasi annuale. Attualmente a seguito della realizzazione delle opere suddette, alla mancanza di alimentazione da parte dei terreni circostanti e alla buona permeabilità dei suoli, il settore è praticamente esente da pericoli idrogeologici. Gli unici problemi derivano dall'affioramento della falda fino al p.c., durante gli anni particolarmente piovosi.

Sono definite, altresì, le aree di inondabilità nell'ambito del **Piano Stralcio delle Fasce Fluviali**, che interessano largamente la piana del Rio Pau e del Rio Foxi con tempi di ritorno bicentenari (HI2) e cinquecentenari (HI1).

La tipologia e le caratteristiche dell'intervento non interferiscono con la problematica.

In ogni caso vanno mantenute tutte le cautele e rispettati i vincoli delle normative vigenti sui corsi d'acqua.

### **9.11 PERICOLOSITÀ DA DISSESTO IDROGEOLOGICO GENERALE**

Per quanto riguarda la pericolosità da dissesto idrogeologico, questa è circoscritta ai settori caratterizzati dalle maggiori pendenze situati nei versanti che bordano i terrazzi alluvionali ed i versanti sulle formazioni terziarie e talora, a carico dei suoli, sulle formazioni quaternarie.

All'interno di questa categoria sono presenti solo limitatissimi fenomeni di dilavamento diffuso.



## **10 IL SISTEMA DELLE CRITICITA' AFFERENTE L'AMBITO GEOLOGICO S.L. (PRIME NOTE)**

### **10.1 LA PRESSIONE DEL CONTESTO ED IL MARGINE**

Uno dei caratteri di elevata complessità del sistema Molentargius è costituito dalla sua perimetrazione "fittizia".

L'aleatorietà di tale perimetrazione è data dalla sua relatività. In particolare, è possibile definire tale perimetrazione rispetto ad elementi fisici, ma non è possibile definire un ambito geografico, una pertinenza areale che ne racchiuda i caratteri e possa gestirli e controllarli, definendone una qualità appropriata ai livelli di pregio ambientale che si vogliono raggiungere o mantenere.

L'elemento di maggiore "durezza" nella definizione della perimetrazione dell'area Parco è l'acqua, che di per se costituisce ostacolo, e quindi perimetrazione solo nei confronti degli esseri umani ma costituisce di contro una assenza di soluzione di continuità per la flora e per la fauna.

In particolare, l'acqua è il maggior e più penetrante vettore nel sistema Parco, muovendosi, portando e diffondendo in modo capillare la sua "qualità".

Il perimetro del parco sarà normativo e gestionale.

Le aree afferenti il perimetro ufficiale del Parco sono costituite da unità che intersecate dal limite istitutivo, non hanno un completo inserimento né una completa estraneità.

La stessa continuità dei corpi idrici, immissari ed emissari del Parco, costituiscono un problema rispetto al livello di qualità ambientale ed in particolare di qualità delle acque che in un'area protetta si deve conseguire (L 152/06).

Le azioni indirizzate al conseguimento di tale qualità coinvolgono i comuni della prima e della seconda fascia dell'hinterland (si arriva sino a Settimo, Sinnai e Mara)

La fascia cuscinetto è costituita dai comuni che vengono coinvolti nelle attività miranti alla conservazione della biodiversità e della qualità ambientale che sono quelli afferenti il dominio idrografico di pertinenza.

Se originariamente, la "pressione" antropica, era operata dall'interno (impianti, sistemi delle vasche etc.) oggi, invece, è operata dall'esterno verso l'interno, con una totale riduzione dei sistemi cuscinetto al margine dell'area di elevato valore naturalistico.

Dal complesso delle aree di valore naturalistico, non va dimenticato, che è stata abitato il Paule di Monserrato, l'originario Pauli Pirri, che costituiva il grande sistema filtro sul sistema del Saliu, che dava al complesso un respiro più ampio e che per lungo tempo, con le saline funzionanti, ha costituito il sistema dulciacquicolo di riferimento.

La secolare tradizione della produzione del sale è una definizione concettuale immutata, ma, viceversa, molto mutata nei modi e nei luoghi dell'attività e conseguentemente, la sua compatibilità ambientale.

È peraltro certo che nei vari momenti dell'attività si sono creati momentanei equilibri tra l'attività "industriale" e l'ambiente. Equilibri, di volta in volta differenti, quasi sempre di elevata qualità, ma non tutti compatibili allo stesso modo, e comunque favorevoli sviluppi, situazioni, ambienti differenti.

Gli stessi ritmi, intensità delle frequentazioni antropiche e dei mezzi meccanici, nonché della circolazione idrica, hanno da sempre definito momento storico per momento storico, equilibri diversi. Tutti però ad elevato livello di integrazione ambientale.

Il sistema, con la sua profonda frammentazione ecologica, e la elevata differenziazione di ambienti e di tipologie, favorisce la varietà, la biodiversità.

E la biodiversità, la varietà eco sistemica è uno dei più grandi valori del sistema Molentargius, dove la sola definizione di Molentargius è restrittiva e poco rappresentativa della frattarietà ecologica che rappresenta.

L'inserimento in Ramsar è avvenuto in un momento di attività industriale, in una fase di "entusiasmo" ambientale legato all'adesione da parte dell'Italia alla Convenzione firmata in Iran.

Una gran parte delle aree Ramsar italiane sono in Sardegna. L'attività industriale saliniera era certamente in equilibrio ed allora non risentiva del carico antropico derivante dall'inurbamento della prima fascia dei comuni dell'hinterland.

La situazione è certamente peggiorata tra gli anni 75—85 quando il carico antropico e l'assenza di sistemi di controllo dei reflui urbani ha incrementato la pressione diretta sul sistema residuo.

## **10.2 LE CRITICITÀ AMBIENTALI INTERNE**

Una importante criticità interna è data dalla creazione di soluzioni di continuità ottenuta con l'insediamento di sistemi chiusi collegati da viabilità.

Il sistema di chiusi, legato alle aree residenziali ed industriali ed alle tipologie di perimetrazione, (muri alti, recinzioni con maglie di piccola dimensione e sistema viario a maglia stretta) produce un sistema di percorsi ad ostacoli lungo la superficie del piano campagna.

La continuità del sistema su Cramu è totalmente stravolta da viabilità, chiusi ed altri complementi ed accessori.

Il sistema degli specchi acque è poi, soprattutto fino a che il tutto ha funzionato come salina, sempre stato frammentato come superficie da sistema degli arginelli.

Il sistema, così fatto dava luogo ad un sistema di margini tra ambienti di transizione di entità superiore di almeno 20 volte quello attuale.

L'attuale stato di assenza di manutenzione e scomparsa degli arginelli nella gran parte degli specchi, sottrae aree di riposo e di nidificazione in modo improprio.

Il sistema attuale mostra una lunghezza totale di sponde o superfici naturali o sub-naturali molto minore della condizione al momento di uscita dall'esercizio delle Saline.

La trama del sistema delle vasche e del sistema delle caselle ottocentesche è quasi interamente cancellato e sopravvive solo a margine di un principio che vuole che l'acqua alta tuteli la presenza degli animali.

All'interno del sistema di su Cramu le delimitazioni fondiarie erano costituite da semplici perimetrazioni verdi, sovente con alberi d'alto fusto, oppure totalmente assenti.

Il sistema delle superfici afferenti il comune del Parco era invece fortemente interessato da colture arboree.

Il sistema del bellarosa minore nasce nel progetto Ramsar come scatola nera dei corsi d'acqua che pervengono allo stagno di Molentargius. I 3 rii che arrivano allo stagno sono sovraccarichi di nutrienti conferiti attraverso i reflui che ancora oggi vengono immessi in tali aste fluviali. Due di essi scorrono coperti negli abitati che attraversano non consentendo una ispezione e la conseguente eliminazione degli scarichi non autorizzati.

Il canale artificiale che scorre tra Quartu e Quartucciu è invece a pelo libero e può essere verificato interamente.

In questo caso sarebbe opportuno effettuare anche la rinaturazione delle sponde che consentirebbe la ricreazione di un corridoio naturalistico verso il sistema di Pitz'e Serra e Simbirizzi

Il sistema delle falde a pelo libero sottostanti il complesso di Molentargius-Poetto è attorniato dal sistema delle acque salse e iperaline del sistema delle saline. L'accesso al sottosuolo da parte delle acque salse è garantito dalla permeazione verticale e laterale nelle vasche e negli specchi di Molentargius (salvo Bellarosa minore) e dal sistema degli scavi presente nel settore delle opere messe in atto nel corso della bonifica.

Certo maggiore apporto di acque dolci a tali falde è stato fornito dalle nuove acque circolanti nei canali e nelle aree di trasferimento dal depuratore di Is Arenas fino alla testata del Perdalonga. Tale nuovo apporto non consente certamente la ricostituzione del bilancio idrico di 80 o 100 anni fa, quando i prelievi idrici erano insignificanti e le piogge erano pari o superiori a quelle attuali.

Una soluzione a tale sovraemungimento operato nell'area deve passare per la limitazione dei prelievi e l'uso delle acque del depuratore per il rimpinguimento delle falde.